



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE  
NÁUTICA E MÁQUINAS

## **TRABALLO DE FIN DE MÁSTER**

---

# **BUQUE AHTS, OPERACIÓNS CLÁSICAS E PERSPECTIVA DE FUTURO**

---

**MÁSTER EN NÁUTICA E TRANSPORTE MARÍTIMO**

**ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA E MÁQUINAS**

**XULLO – 2023**

**AUTOR: SEBASTIÁN GARRIDO CALVETE**

**DIRECTOR: F. JAVIER LAMA CARBALLO**

## RESUMO

O buque AHTS (*Anchor Handling Tug Supply*) foi, dende os comezos do mundo *offshore*, unha peza crucial no desenvolvemento deste sector. Estes barcos de gran capacidade de manobra e potencia foron e son cruciais na posta en funcionamento da industria do petróleo e do gas *offshore*, mediante as súas aportacións en remolques de instalacións do tipo FPSOs (*Floating Production Storage Offshore*), unidades de perforación Semi-Submerxibles (*Semi-Sub Rigs*) e outros artefactos. Ademais, constitúen un elemento fundamental no posicionamento destas unidades, realizando labores de *anchor handling, heading control* etc. A súa versatilidade en canto a equipamento permítelles tamén desempeñar labores de *Supply*, tanto de cargas de proxecto como cargas líquidas, así como tarefas de *Stand – By* contra incendios.

Coa caída dos prezos do mercado do petróleo e do gas, este tipo de buques viuse especialmente afectado, concretamente no sector da exploración e perforación petrolífera, onde estes buques teñen unha gran presenza.

Con todo, o sector das renovables *offshore* aseméllase como a nova área de operacións onde os buques AHTS poderían ter unha gran importancia: moitos dos proxectos previstos para os próximos 10 anos serán unidades eólicas flotantes, as cales poden ser instaladas en profundidades moito maiores que as unidades fixas no fondo mariño. Estas estruturas flotantes necesitarán a asistencia dos buques AHTS en varias fases do proceso de posta en marcha dos novos parques eólicos mariños *offshore*.

Deste xeito, estudaranse as principais características dos buques AHTS e as operacións clásicas realizadas no sector do petróleo e do gas, así como as novas operativas esperadas para estes buques, relacionadas co desenvolvemento das renovables *offshore* nos próximos anos.

## RESUMEN

Los buques AHTS (*Anchor Handling Tug Supply*) fueron, desde los comienzos del mundo *offshore*, una pieza crucial en el desarrollo de este sector. Estos barcos de gran capacidad de maniobra y potencia fueron y son cruciales en la puesta en funcionamiento de la industria del petróleo y el gas *offshore*, mediante sus aportaciones en remolques de instalaciones del tipo FPSOs (*Floating Production Storage Offshore*), unidades de perforación Semi – Sumergibles (*Semi – Sub Rigs*) y otros artefactos. Además, constituyen un elemento fundamental en el posicionamiento de estas unidades, realizando labores de *anchor handling, heading control* etc. Su versatilidad en cuanto a equipamiento les permite desempeñar labores de *Supply*, tanto de cargas de proyecto como cargas líquidas, así como tareas de *Stand – By* contra incendios.

Con la caída de los precios del mercado del petróleo y del gas, este tipo de buques se vio especialmente afectado, concretamente en el sector de la exploración y perforación petrolífera, donde estos buques tienen gran presencia.

Con todo, el sector de las renovables *offshore* se asemeja como la nueva área de operaciones donde los buques AHTS podrían tener gran importancia: muchos de los

proyectos previstos para los próximos 10 años serán unidades eólicas flotantes, las cuales pueden ser instaladas en profundidades mucho mayores que las unidades fijas en el fondo marino. Estas estructuras necesitarán la asistencia de buques AHTS en varias fases del proceso de puesta en marcha de los nuevos parques eólicos marinos *offshore*.

De esta forma, se estudiarán las principales características de los buques AHTS y las operaciones clásicas realizadas en el sector del petróleo y el gas, así como las nuevas operativas esperadas para estos buques, relacionadas con el desarrollo de las renovables *offshore* en los próximos años.

### **ABSTRACT**

AHTS vessels are, since de beginning of the offshore industry, a crucial part in the development of the sector. These high manoeuvrable and power capacity vessels were and are crucial in the commissioning of the oil and gas industry, through her role in installation towages like FPSOs, Semi – Sub Rigs and other structures. Furthermore, these vessels constitute an important element in the final positioning of the offshore unit, performing anchor handling, heading controls, etc. AHTS versatility in terms of equipment allow these vessels to perform Supply duties, both project cargo and wet bulk, as well as Fire – Fighting Stand – By.

With the falling of prices in the Oil and Gas market, this kind of vessels were affected, especially in the oil and gas exploration and drilling campaigns, where these vessels where vastly used.

However, the offshore renewables market seems like the new area of operation where the AHTS vessels could be used: high number of the expected projects for the next 10 years are semi – submersible wind turbine units, that can be deployed in higher water depths than fixed wind turbines on the sea bottom. This semi – sub structures will require assistance form AHTS in several phases of the commissioning of new offshore wind farms.

Main specifications of AHTS and their classic operations in the oil and gas market will be studied, as well as the new operations expected for these vessels, related to the development of offshore renewable energies in the upcoming years.

**ÍNDICE XERAL**

<b>PORTADA .....</b>	<b>1</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE XERAL .....</b>	<b>4</b>
<b>OBXECTO .....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN E CARACTERÍSTICAS DOS AHTS. ....</b>	<b>7</b>
1.1 Propulsión.....	7
1.2 Hélices.....	10
1.3 Posicionamento Dinámico (DP). ....	11
1.3.1 Xeralidades do DP. ....	11
1.3.2 Clasificacións de sistemas DP.....	15
1.4 Equipo de <i>anchor handling</i> e remolque. ....	17
1.5 Capacidade de operatividade ROV.....	19
1.6 AHTS Siem Pearl.....	20
<b>CAPÍTULO 2: NORMATIVA E REGULACIÓNS APLICABLES.....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO 3: ANCHOR HANDLING E MOVEMENTO DE MOUs.....</b>	<b>23</b>
3.1 Procedementos e responsabilidades acordadas polas partes. ....	24
3.1.1 Compañía explotadora dos recursos. ....	24
3.1.2 Compañía operadora da MOU.....	26
3.1.3 OIM ( <i>Offshore Installation Manager</i> ). ....	26
3.1.4 Compañía operadora do buque.....	27
3.1.5 Capitán do buque AHTS. ....	27
3.2 Preparacións . ....	28
3.2.1 Especificación do Traballo.....	29
3.2.2 Reunión Pre - Operacional en terra.....	29
3.2.3 Preparacións do buque.....	30
3.2.4 Preparacións da MOU.....	30
3.3 Fase de execución .....	30
3.3.1 Notificación inicial .....	30
3.1.2 <i>Briefing</i> entre buques e MOU.....	31
3.3.3 Operacións de carga do equipamento de <i>anchor handling</i> . ....	31
3.3.4 Notificación ás autoridades .....	32
3.3.5 <i>Pre – Lay</i> . ....	32

3.3.6 Remolque da MOU. ....	35
3.3.7 <i>Hook – Up</i> . ....	37
3.3.8 Instalación de áncoras dunha Semi -Sub .....	42
3.3.9 Recuperación de áncoras .....	46
<b>CAPÍTULO 4: APLICACIÓN DOS AHTS NAS RENOVABLES OFFSHORE.....</b>	<b>47</b>
4.1 Descripción eólica flotante mariña.....	47
4.2 Operación de <i>Pre – Lay</i> .....	48
4.3 Preparación e remolque da turbina. ....	49
4.4 <i>Hook – Up</i> : amarre e cable. ....	50
<b>CONCLUSIÓNS .....</b>	<b>52</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA, REFERENCIAS, DISPOSICIÓNS LEGAIS E NORMAS DE REFERENCIA APLICADAS. ....</b>	<b>53</b>
<b>DEFINICIÓNS E ABREVIATURAS .....</b>	<b>56</b>
<b>ÍNDICE DE TÁBOAS.....</b>	<b>57</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>57</b>

**OBXECTO**

Estudo das características principais dos buques AHTS, para proceder posteriormente ao análise das operativas relacionadas co *anchor handling* e o movemento de MOUs.

Estudarse a repercusión dos prezos do petróleo e do gas na decomisión de buques AHTS e as operativas no marco da eólica *offshore*, onde este tipo de buques terán un papel clave na súa posta en funcionamento.

Finalmente expoñeranse as conclusións pertinentes sobre todo o tratado.

## CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN E CARACTERÍSTICAS DOS AHTS.

Un buque AHTS trátase dunha combinación de buque *Supply* con capacidade de manexo de áncoras e remolque. É utilizado en gran cantidade de operativas tales como posicionamento e remolque de unidades de perforación semi - submerxibles, FPSOs, asistencia a grandes petroleiros en instalacións en alta mar e outras moitas operativas encadradas no sector *offshore* do petróleo e do gas.

Ademais da operativa propia do remolque, están equipados con tanques de carga e provistos dunha superficie de cuberta de traballo suficiente como para levar a cabo labores de subministro, tanto de unidades sólidas (tubeiras, *containers*, etc.) como cargas líquidas aloxadas nos seus tanques (*gasoil*, *mud-slops*, auga, etc.) Moitos destes buques incluso contan con tanques de cemento – barita para bombear estas cargas a instalacións *offshore*.

Debido ás operacións variadas e especializadas ás que teñen que facer fronte, moitas veces incluso en condicións meteorolóxicas adversas, os buques AHTS teñen un deseño característico.

Este tipo de buques contan cunha cuberta de traballo extensa en eslora. As bandas de estribor e babor acostuman a estar delimitadas por barreiras deseñadas para protexer a tripulación e o equipamento do mar, dado que a cuberta acostuma a contar con pouco francobordo. A popa do buque está aberta ao mar, permitindo que áncoras e outro equipamento poida ser largado e virado facilmente en cuberta. É habitual contar cun rolín na popa situado en cruxía. A *winch house* que contén *winch*s, os cables de remolque e equipamento de *anchor handling* está situado na parte máis a proa desta cuberta de traballo (Andreas and Wengersberg, 2009).

### 1.1 Propulsión.

A propulsión será un parámetro fundamental para determinar un dos factores clave dos buques AHTS: o *Bollard Pull*.

O *Bollard Pull* é un termo empregado para describir a capacidade de tiro de buques remolcadores. Concretamente, trátase do empuxe que é capaz de xerar a velocidade cero. Os test de *Bollard Pull* lévanse a cabo para determinar a capacidade de tiro a punto fixo que un buque é capaz de acadar en condicións de operatividade, podendo acadar entre un 20-40% máis de *Bollard Pull* se se conta cun *nozzle* instalado no buque (Babicz, 2015) (Ashraf *et al.*, 2015) .

Nos buques AHTS podemos atopar 3 tipos de configuración en canto a propulsión:

Propulsión mecánica directa: Sistemas puramente diésel – mecánicos. Neste tipo de sistemas lógrase un bo desempeño en canto ao *Bollard Pull*, a costa dun consumo de combustible elevado. Trátase do sistema clásico empregado, o cal será sendo substituído paulatinamente por sistemas híbridos paralelos (combinación diésel – mecánica e eléctrica).

1a Conventional direct mechanical propulsion

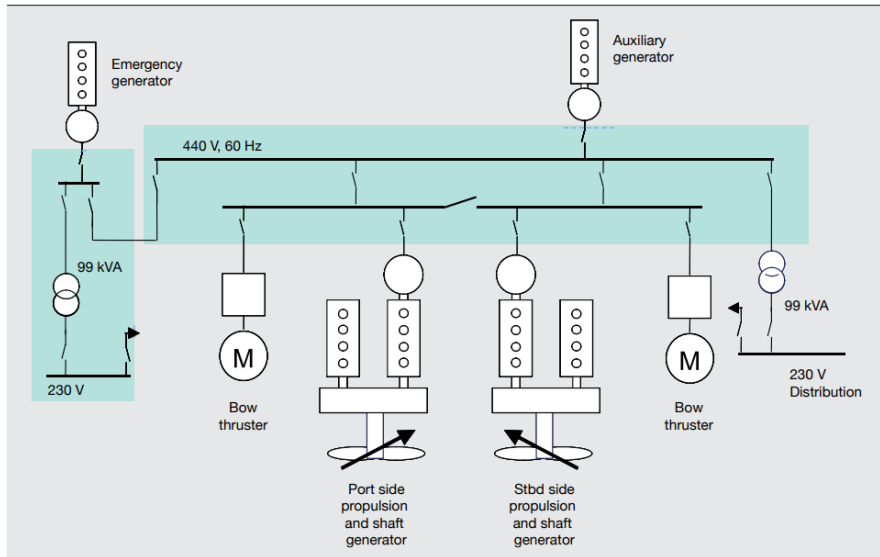


Figura 1.1.1.: Diagrama de propulsión mecánica directa (ARNE MYKLEBUST and ALF KÅRE, no date)

Propulsión diésel eléctrica: A propulsión diésel eléctrica nos buques de apoio a plataformas (*Offshore Supply Vessels*) foi utilizada dende finais dos 90. Os avances nesta área a día de hoxe fai que estes sistemas sexan unha opción moi a ter en conta debido á redución de consumo, simplicidade de deseño e outros factores positivos de cara á elección deste tipo de configuración .

Aínda así, ata fai pouco tempo, a maioría dos buques AHTS seguían sendo construídos elixindo sistemas diésel – mecánicos debido á capacidade de *Bollard Pull* que lle outorgaba esta configuración. Ademais, os requirimentos de lograr un *Bollard Pull* antepoñíanse aos intereses de aforro de combustible.

1b Electric propulsion

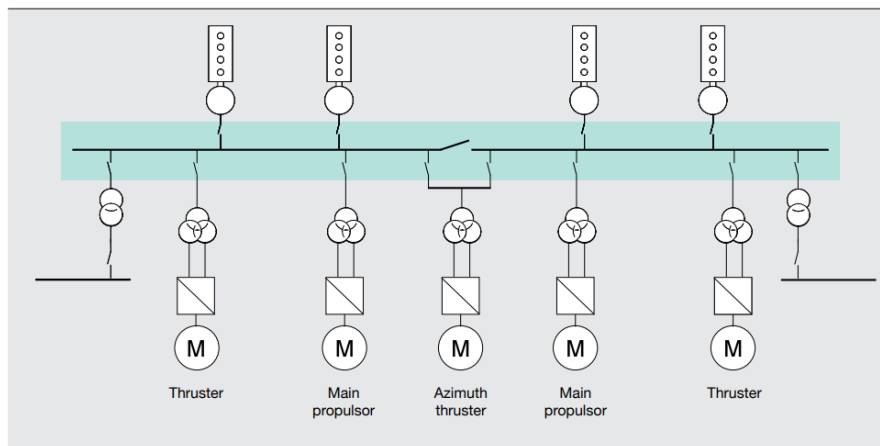


Figura 1.1.2.: Diagrama de propulsión diésel eléctrica (ARNE MYKLEBUST and ALF KÅRE, no date)

Propulsión híbrido – paralela: Os buques AHTS comezaron a introducir os sistemas de propulsión híbrida (combinación de propulsión mecánica e eléctrica). Debido a que os



sistemas de propulsión eléctrica e mecánica traballan en paralelo, sóse denominar tamén como sistemas paralelos híbridos.

#### 5 Electric propulsion and direct mechanical propulsion for a 200+ metric ton bollard pull AHTS

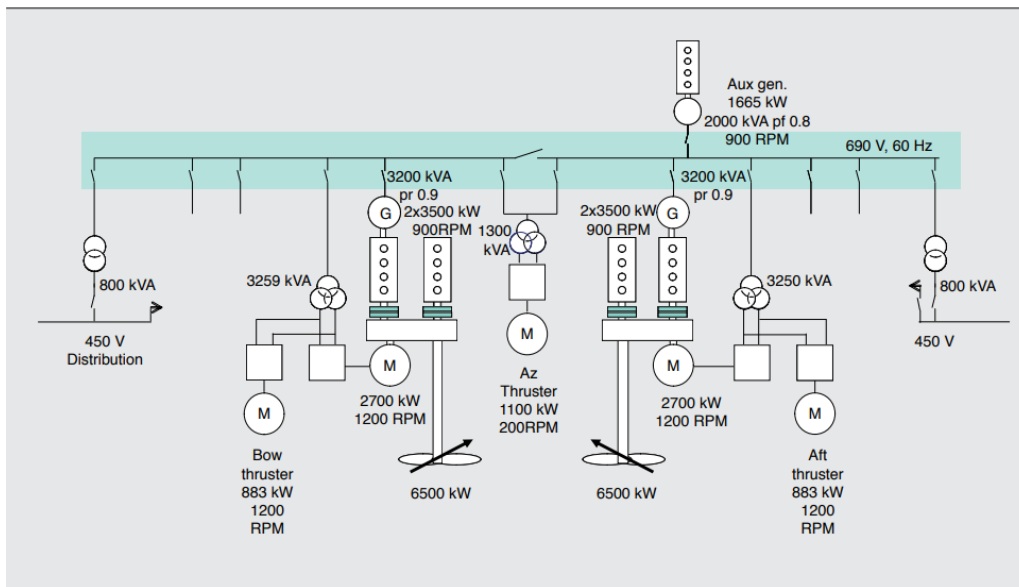


Figura 1.1.3.: Diagrama de propulsión híbrido - paralela (combinación diésel - mecánica e eléctrica) (ARNE MYKLEBUST and ALF KÅRE, no date)

Este sistema pode traballar de 2 formas:

- Aforro de combustible: Operacións que non requiren alta manobrabilidade nin *Bollard Pull*. 1 dos motores principais estará en funcionamento, proporcionando a potencia para facer traballar a hélice principal. O motor eléctrico asociado a este motor actúa neste caso como alternador, xerando a electricidade necesaria para accionar o motor eléctrico do outro eixo. Deste xeito lógrase que ambas hélices traballen a partir dun único motor de combustión, sen consumo de auxiliares.

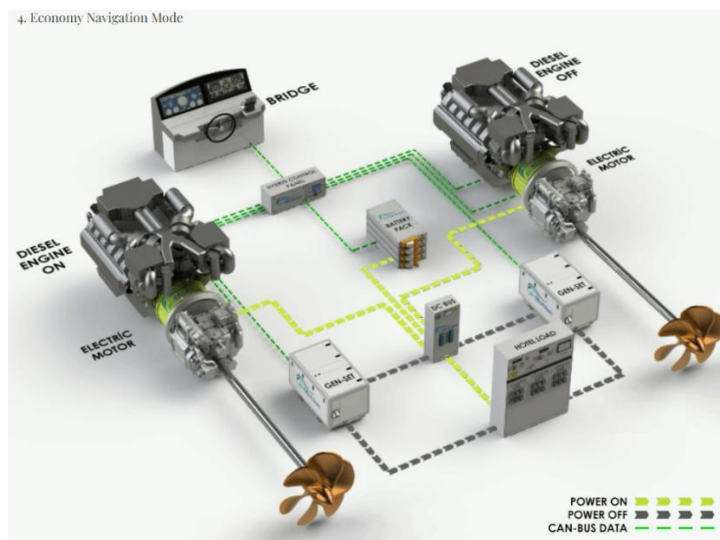


Figura 1.1.4. : Configuración Híbrido paralela para aforro de combustible (E - Motion Marine, 2023).

- Máxima potencia: Traballarán todos os motores combustión (principais e auxiliares). Os motores eléctricos, en vez de actuar como alternadores, reciben enerxía eléctrica dos auxiliares para aportar potencia extra. Neste modo consúmese combustible de todos os motores de combustión do buque para lograr a máxima potencia e, en consecuencia, o máximo *Bollard Pull*.

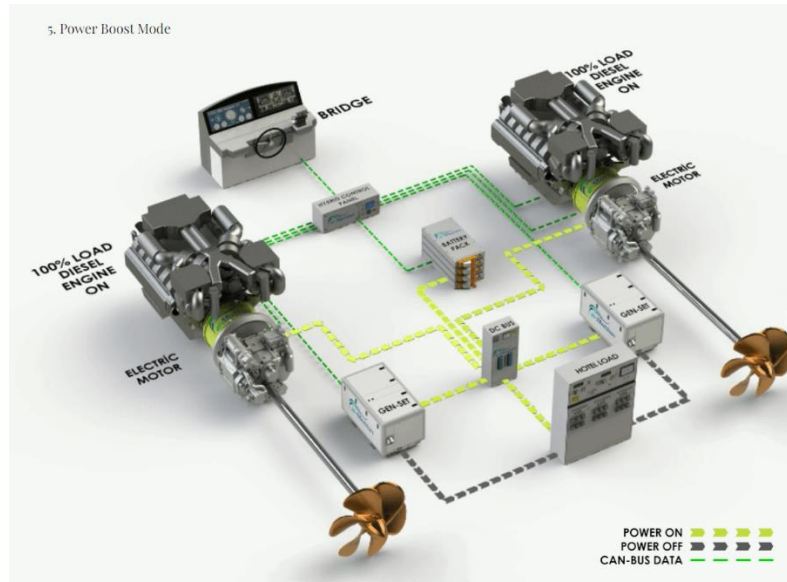


Figura 1.1.5.: Configuración híbrida paralela para máxima potencia (E - Motion Marine, 2023)

Aínda que a potencia instalada é un factor moi importante, non haberá que pasar por alto outros factores (deseño do casco, o tipo de hélice empregada, etc.) que, en caso de omisión, poden resultar na instalación de máis potencia da necesaria para lograr un *Bollard Pull* posible cunha menor potencia, optimizando outras características do buque (Minchev, Ring Nielsen and Lundgren, 2009).

## 1.2 Hélices.

En canto a hélices, é común atopar nos buques AHTS os seguintes tipos:

- Hélices principais: Atoparemos 1 por eixo. O deseño destas hélices principais para este tipo de buques acostuma a ser o da hélice de paso controlable (*Controllable Pitch Propeller*).
- Hélices de proa e popa: Túneles que garantizan maniobrabilidade transversal da proa ou popa do buque. O número de hélices instaladas pode variar en función dos requirimentos do buque.
- Hélices azimutais de proa e de popa: Hélices normalmente retráctiles con capacidade de manobra de 360°.

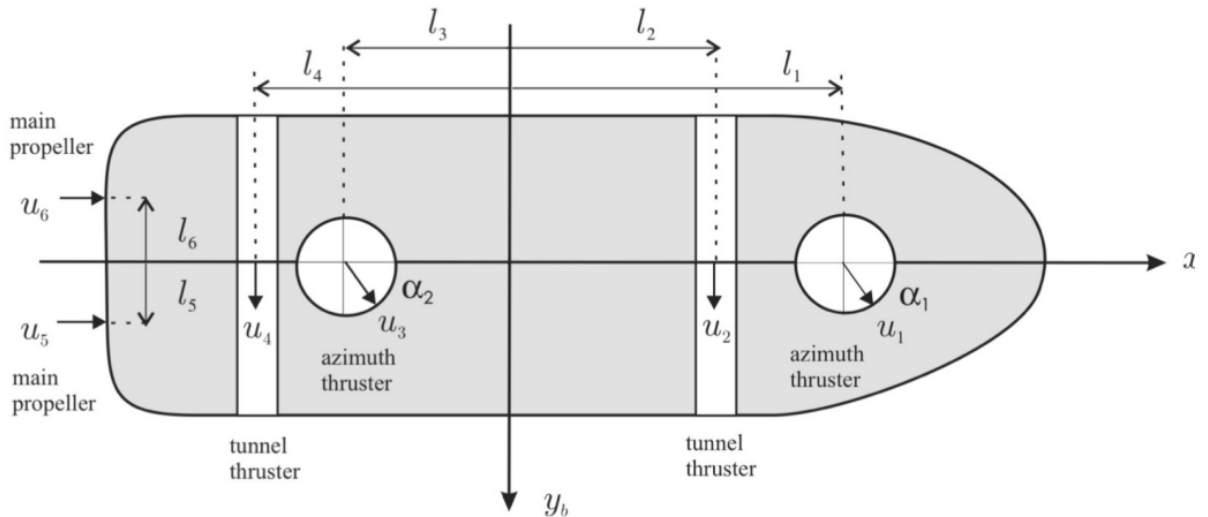


Figura 1.2.1 : Disposición ideal de hélices Principais, túneles e acimutais retráctiles dun buque con DP (Thor I. Fossen, 2002).

### 1.3 Posicionamento Dinámico (DP).

O sistema de posicionamento dinámico (DP) permítelle ao buque, ou á unidade que o leve instalado, manter a posición con respecto a un punto/derrota de referencia exclusivamente mediante o emprego do empuxe das hélices. Trátase dun sistema cuxa instalación e operatividade xa é requisito pola maior parte do sector *Offshore*, especialmente onde se realizan operativas con distancias de traballo reducidas entre buque e instalación.

#### 1.3.1 Xeralidades do DP.

O buque conta con 6 grados de liberdade no respectivo ao seu movemento.

- Avance (*Surge*), medido a través dos sistemas de posición de referencia.
- Deriva (*Sway*), medido a través dos sistemas de posición de referencia.
- Guiñada (*Yaw*), medido a través do xirocompás.
- Cabeceo (*Pitch*), medido a través dos sensores de referencia verticais (VRS).
- Balance (*Roll*), medido a través dos sensores de referencia verticais (VRS)
- Arfada (*Heave*), medido a través dos sensores de referencia verticais (VRS)

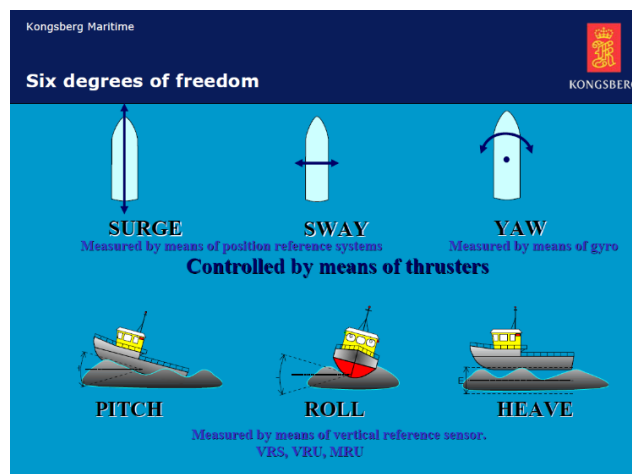


Figura 1.3.1.1: Graos de liberdade de movemente do buque (Kongsberg Maritime, 2009)

O guiñada do buque medirase co xiro - compás.

En canto á medición dos os parámetros de avance e deriva, os sistemas de referencia podemos diferenciarlos en 2 grupos:

- Sistemas de referencia globais e rexionais: Trátase dos diferentes conxuntos de satélites que compoñen o GNSS (*Global Navigation Satellite System*) e que aportan a posición en latitude e lonxitude sobre o globo terrestre:
  - American Global Positioning System (GPS).
  - GLONASS (Rusia)
  - Galileo (Europa)
  - BEIDOU (China)
  - IRNSS (India)
  - A inclusión do *Japanese Regional Navigation Satellite System Quasi – Zenith Satellite System (QZSS)* está pendente de aprobación pola MSC 104 (OMI, 2021)

O fundamento empregado para determinar a posición é o seguinte:

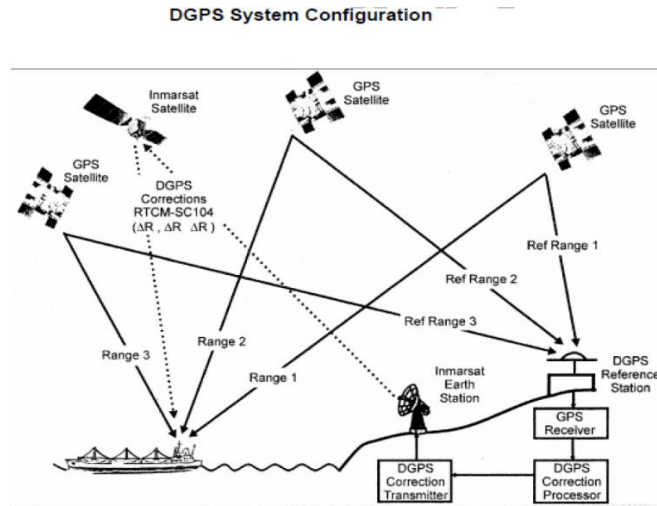
Dado que o sistema GNSS determina a posición nas 3 dimensións, o sistema a bordo necesita localizar, polo menos, 4 satélites. As sinais que recibe identifican aos satélites e a hora de reloxo de cada un deles. Desta maneira, o equipo a bordo sincroniza o seu propio reloxo co tempo do sistema GNSS e calcula o tempo que tardan en chegar as sinais, medindo deste xeito a distancia ao satélite. Mediante o sistema de trilateralización inversa, calcúlase a posición.

A posición obtida por medios do GNSS está moitas veces condicionada por erros, os cales poden ser dos seguintes tipos:

- Retardo ionosférico e troposférico.
- Erros no reloxo.
- Erros nas efemérides.
- Ruídos no receptor.

- Dilución da precisión.

Debido a estes erros é a razón pola cal se lle aplica unha corrección diferencial á sinal GNSS, de maneira que os marxes de error son admisibles para o traballo en distancias con instalacións *offshore* reducidas.



1.3.1.2 Figura funcionamento sinal GNSS e DGNNs (IMAT, 2019)

- Sistemas de referencia locais: Proporcionan a posición do buque con respecto a unha posición de referencia (normalmente a instalación *offshore*). Son sistemas unicamente dispoñibles se a instalación *offshore* e o buque contan cos sistemas requiridos para o seu funcionamento instalados. A operativa destes sistemas fundaméntase:
  - Na emisión dunha sinal por parte dun sistema emisor situado no buque.
  - Reflexión desa sinal por parte dun reflector instalado na posición de referencia (instalación *offshore*, ROV, etc.)
  - Recepción da sinal reflexada polo propio emisor e xestión da información polo sistema, obtendo:
    - Marcación do obxecto con respecto ao buque.
    - Distancia ao obxecto, resultante da división de:
      - Tempo dende que se emite a sinal ata que se recibe reflexada, entre:
      - Velocidade en base ao tipo de sinal emitida.

Existen varios tipos de sistemas de referencia locais en función da sinal emitida:

- Sistemas láser: FAM – BEAN, Cyscan, Spot – Track.
- Hidroacústicos (*Hydroacoustic Position Reference Systems*).
- *Taut - Wire* : Fundamentados no ángulo entre unha posición coñecida onde se fixa o extremo do cable de referencia e o propio buque.
- Sistemas de onda radar: ARTEMIS, RADIUS e RADA -SCAN.

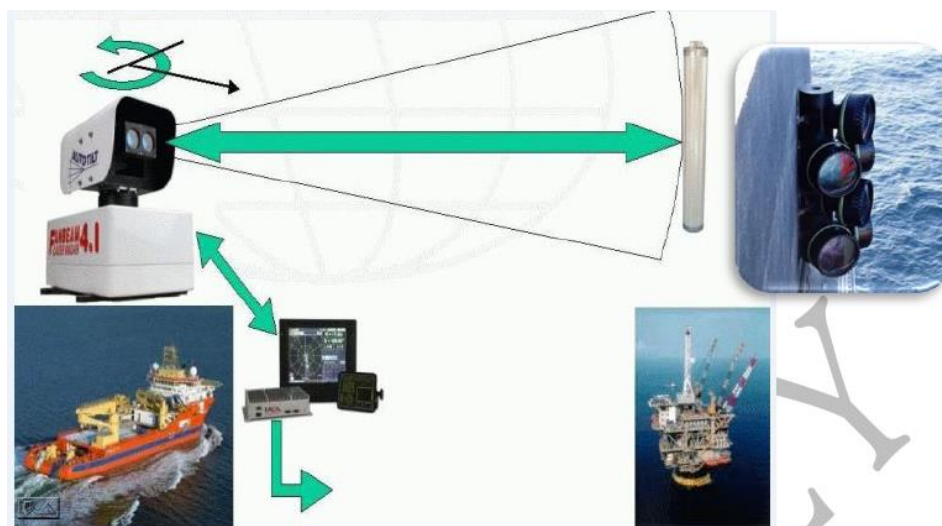


Figura 1.3.1.3: Compoñentes do sistema Cyscan (IMAT, 2019)

Os receptores de posición (antenas e receptores de sistemas locais) están sometidos a unha continua variación de posición, xa que o cabeceo, balance e arfada do buque provocan o seu continuo movemento. Isto traduciríase nun continuo cambio aparente da posición, xa que o receptor do sistema cambia a súa localización, sen variar a posición do buque (Figura 1.3.1.3).

É por iso polo que se empregan os VRS, sistemas encargados de medir os parámetros de balance, cabeceo e arfada e aplicar a corrección correspondente para que o movemento dos receptores debido a estes 3 movementos non se interprete como un cambio real na posición do buque.

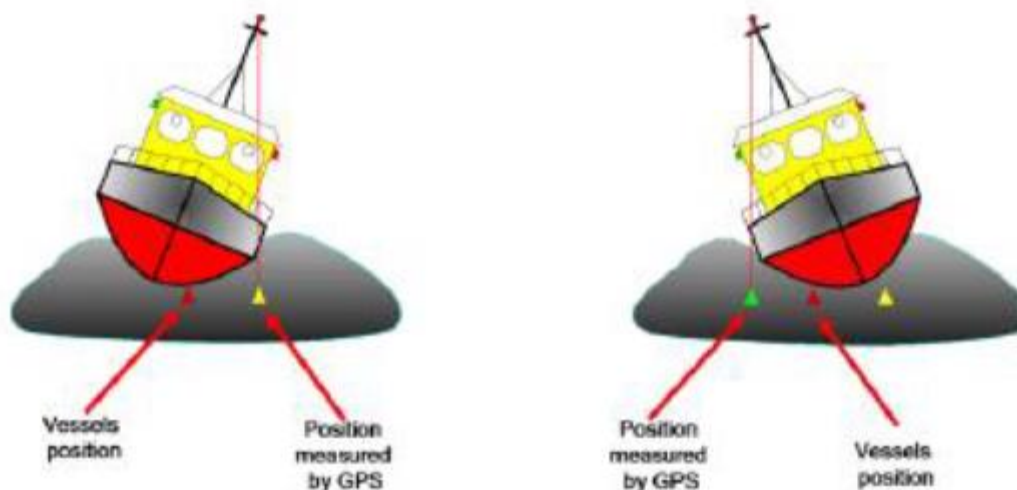


Figura 1.3.1.4: Variacións da posición do receptor de posición con respecto á posición real do buque (IMAT, 2019)

Se isto non fose considerado, o resultado sería un cambio constante de posición en función dos cabeceos e balances, o cal faría imposible a operatividade do sistema de posicionamento dinámico, ao intentar compensar mediante empuxe das hélices o constante cambio da posición dos receptores.

Contar cos 2 tipos de sistemas de referencia (globais e locais), permitiranos traballar con redundancia, de maneira que se o GNSS resulta inoperativo, manteremos a posición de referencia por medio dos sistemas locais instalados no buque, e viceversa.

O cambio de navegación convencional a DP é un proceso secuencial. Débese tomar un rumbo proa a condicións para diminuír os parámetros de guiñada (*Rate of Turn*) e tentar que a velocidade nos eixos lonxitudinal e transversal sexa próxima a 0.

O primeiro paso, cando a guiñada e a velocidade do buque é practicamente 0, é transferir o control ao sistema DP e adquirir hélices, sistemas de referencia e sensores en modalidade Joystick. Nesta modalidade temos control total do buque no Joystick sen ningún grao de liberdade fixado.

Seguidamente, comezase a fixar graos de liberdade, empezando normalmente pola guiñada, e seguindo polo avance e a deriva. Se algún destes parámetros toma unha certa velocidade, poderase compensar lixeiramente co Joystick, para que cando se fixe, as hélices non teñan que compensar un movemento excesivo cunha carga elevada de empuje.

Cando se conta cos 3 graos de liberdade fixados (*Yaw, Surge, Sway*), considérase que o buque se atopa en *Full DP Mode*. Será a partir deste momento cando o sistema, en conxunción cos datos de vento tomados polos anemómetros, creará un modelo no que calculará o empuje necesario que teñen que exercer as hélices para manter a posición de referencia onde se fixaron os 3 graos de liberdade. Neste modo de DP é no que se realizan as aproximacións a instalacións, posicionamento de áncoras, etc. onde o sistema controla a totalidade do movemento do buque en función das instrucións que aplica o operador.

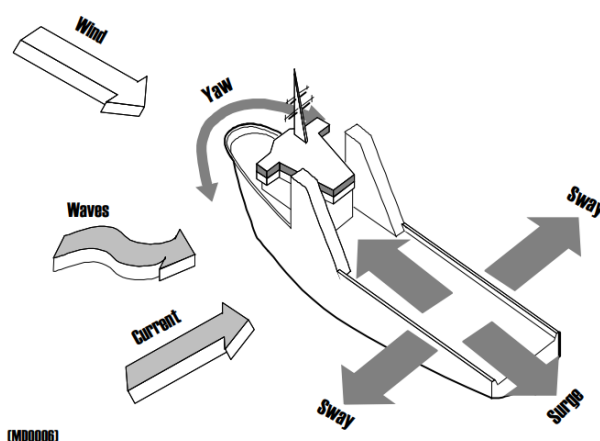


Figura 1.3.1.4: Forzas que desprazan o buque da posición de referencia e graos de liberdade do buque (Holvik and Simrad Basics of, 1998)

### 1.3.2 Clasificacións de sistemas DP.

A OMI, así como organizacións mundialmente recoñecidas como a IMCA, establecen a normativa de referencia para a clasificación dos sistemas DP. En canto a equipamento, os buques con sistema DP contarán con seguintes elementos (IMCA, 1994):

- Sistema de potencia:
  - Motores principais e auxiliares que aportan a potencia para o traballo das hélices.
  - Xeradores de potencia.
  - Distribución de enerxía e cabreado.
- Sistema de propulsión:
  - Hélices e seus respectivos métodos de accionamento, incluíndo sistemas auxiliares.
  - Hélices principais e temóns, se están baixo o control do sistema DP.
  - Electrónica de control das hélices.
  - Controis manuais das hélices.
  - Cabreado e buses asociados.
- Sistema de control do DP:
  - Sistema informático.
  - Sistema de sensores, incluíndo sistemas de referencia.
  - Sistema de presentación da información.
  - Sistemas de posición de referencia.
  - Cabreado e buses asociados.

Os sistemas DP poden ser de clase 1, 2 ou 3. Estas clases baséanse na concepto da redundancia, a cal se define como a capacidade dun compoñente para manter ou reiniciar a súa funcionalidade, cando ocorre un único fallo. A redundancia pode ser acadada mediante a instalación de compoñentes múltiples, sistemas ou métodos alternativos para realizar unha función ((IMCA, 1994):

- Para buques DP clase 1: Pódese producir perda de posición en caso dun único fallo.
- Para buques DP clase 2: Non acontecerá perda de posición no caso do fallo dun único elemento en calquera compoñente ou sistema activo. Normalmente os compoñentes estáticos non se considera que poidan fallar sempre e cando os sistemas de protección dos mesmos sexan acordes cos requirimentos da Administración. O criterio do fallo dun único compoñente inclúe:
  - Calquera compoñente ou sistema activo (xeradores, hélices, cadros de distribución, válvulas de control remoto, etc.)
  - Calquera compoñente estático (cables, tubos, válvulas manuais, etc.) que non se atope debidamente documentado con respecto á protección e fiabilidade.
- Para buques DP clase 3, un único fallo inclúe:
  - Os elementos recollidos para clase 2.
  - Todo elemento en compartimentos estancos a incendio ou inundación.
  - Todo elemento en subdivisións resistentes a incendio ou inundacións.

Os buques AHTS poderían instalar sistemas DP clase 1,2 ou 3. Cando se require traballar en distancias moi próximas a instalacións *offshore*, onde as consecuencias de non manter a posición poden ser custosas, deberíase contar cun sistema IMO Clase 2 ou IMO



Clase 3, de maneira que o fallo nun elemento non supoña a perda de posición e o consecuente contacto ca instalación (IMCA, 2017).

A capacidade do sistema DP será tal que manteña a posición aínda sometido a tensións do cable durante operacións de *anchor handling* ou de remolque, de maneira que o buque sexa capaz de xerar suficiente empuxe para manter a tensión do cable e a posición do buque de maneira simultánea (IMCA, 2017)

#### 1.4 Equipo de *anchor handling* e remolque.

En función dos requirimentos especiais de cada operación, necesitarase contar cun equipamento e ferramentas concreto para levar a cabo a función de largar ou recuperar áncoras, así como para a realización de remolques. A cantidade de equipamento empregado nas operacións de *anchor handling* é amplo. Como regra xeral, poderemos atopar os seguintes elementos (Andreas and Wengersberg, 2009):

- Cable de traballo (*Work Wire*): Almacénase no *winch* e úsase para o largado e virado de áncoras, así como en operacións de remolque. Normalmente existen varios cables de traballo con diferentes lonxitudes e características en función da operación a realizar.



Figura 1.4.1 Tripulación preparando o Cable de Traballo a bordo dun AHTS (*Anchor-handling Tug Supply AHTS vessel crew preparing vessel towing wire for static tow tanker lifting. Ocean tug job. AB or Bosun at work Stock Photo - Alamy, no date*)

- *Winch*: Normalmente é o sistema de virado/largado que contén tanto os tambores de almacenamento do cable de *anchor handling* como os de remolque. Normalmente estes tambores están conectados a un único sistema. O sistema de virado do tambor de *anchor handling* debería ter múltiples marchas para permitir unha forza elevada de tiro a revolucións baixas. Deberíase contar cun sistema de freo axustable, permitindo largar cable cando se sobrepasa unha determinada tensión. Poden ser de diversos tipos (hidráulicos, eléctricos ou diésel). Normalmente a dirección de rotación é aquela que lle permite ao cable o menor ángulo posible ca cuberta.

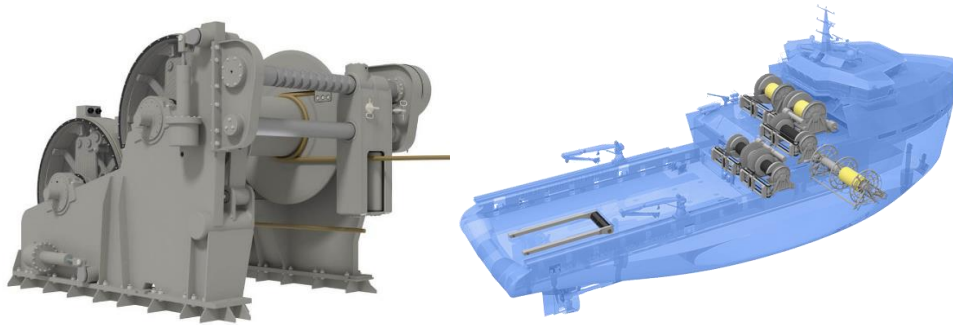


Figura 1.4.2: AHTS winch, da fabricante DAMEN e situación a bordo (Damen Unveils Beastly 200T Bollard Pull Anchor Handler, no date)

- Rolín de popa (*Stern Roller*): Empregado principalmente para reducir a fricción na popa do buque cos cables de remolque ou calquera equipamento que sexa largado/virado pola popa do buque.
- Pins de guía (*Guide Pins*): Configuración de *pins* que permiten manter o cable de traballo no centro da eslora do buque. Son de tipo retráctil e operados remotamente dende varias partes do buque, incluída a ponte de navegación. Pódese contar con varios *pins* que permitan manter o cable nunha posición desexada polo operador diferente á cruxía do buque.



Figura 1.4.3 e 1.4.4 : Rodillo de popa e Pins de Guía dun AHTS (*Stern Rollers | PALFINGER MARINE, no date*)(*Towing pins - Damen Marine Components, no date*)

- *Sharkyaw*: Dispositivo retráctil operado remotamente que permite a conexión e desconexión de cadeas e cables mediante a súa fixación no seu interior. Emprégase así mesmo para asegurar e proceder a conectar/desconectar seccións de cadea en cuberta.



Figura 1.4.1: Operativa de Shark Jaws retráctiles a bordo dun AHTS (Kongsberg, 2023)

### 1.5 Capacidade de operatividade ROV.

Os ROV (*Remotely Operated Underwater Vehicles*) son un elemento crucial nas operativas subacuáticas. Grazas a este equipamento, pódense realizar gran cantidade de operacións relacionadas ca inspección subacuática e mesmo coa execución de traballos determinados en estruturas *offshore*. A adaptación dos buques AHTS para albergar e operar os ROV é sinxela, unicamente tendo que dotalos do espazo e dunha grúa axeitada para a unha correcta operativa, normalmente do tipo *A – Frame*.

Operacións clásicas de ROV nos AHTS son a execución dos denominados “*Hook – Up*” de FPSOs no sector do petróleo, ou das instalacións de eólica mariña flotante, as cales se describirán en maior profundidade en puntos posteriores.

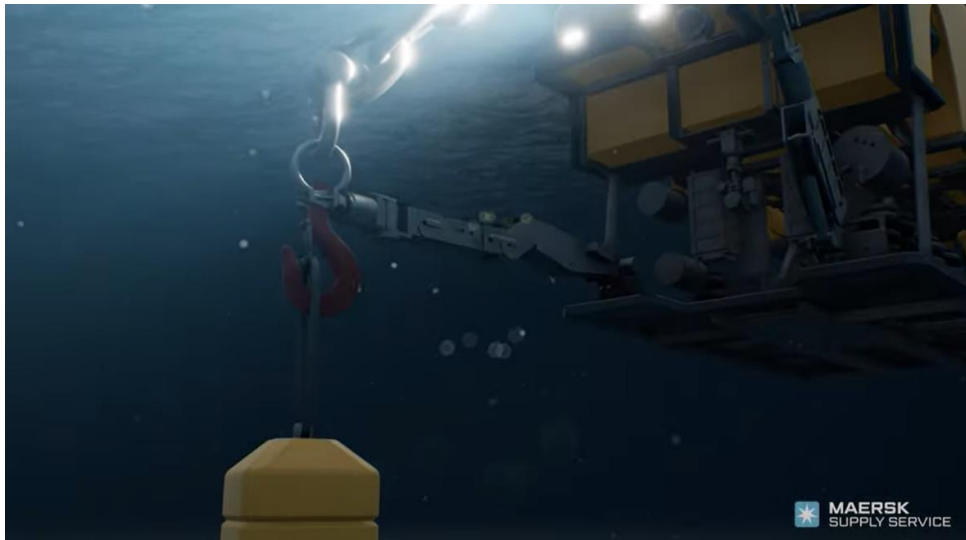


Figura 1.5.1: Hook - Up realizado por un ROV no proceso de comisión dunha FPSO (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021)

## 1.6 AHTS Siem Pearl.

Como exemplo práctico que recolle as características relatadas anteriormente, expónse o buque AHTS Siem Pearl (Wärtsilä, 2009).

Este buque conta cunha configuración de propulsión híbrido paralela que combina os sistemas diésel – eléctrico e diésel – mecánico os cales, en combinación con factores como o deseño do casco, resultan nun baixo consumo de combustible en comparación cun sistema puramente mecánico.

A propulsión principal realízase vía 2 CPP (*Controllable Pitch Propellers*) alimentadas por unha combinación de motores diésel e motores eléctricos de velocidade variable.

Para cada eixo, instálase un motor diésel Wärtsilä 16V32 e un motor eléctrico. A máquina principal ten unha saída de potencia que alimenta un xerador de cola (3000KW a 720 rpm).

Cada unha das 2 hélices de paso controlable de 4200mm de diámetro Wärtsilä Lips con *HR Nozzles* proporciona unha potencia de saída de 9500KW. Adicionalmente, conta con 2 túneles de proa de 1000 KW, unha hélice retráctil acimutal de 830 KW, e 2 túneles de popa de 880 KW.

O conxunto de todo isto, en conxunción ca instalación dun sistema de posicionamento dinámico, apórtalle ao Siem Pearl unha capacidade DP2, de forma que non acontecerá a perda de posición do buque con respecto a unha referencia no caso do fallo dun único elemento en calquera compoñente ou sistema activo.

Con respecto ao equipamento de cuberta e *anchor handling*, pódese observar nas seguintes figuras que conta cunha gran variedade de elementos que lle proporcionan a versatilidade e a potencia para levar a cabo un gran abanico de operacións *offshore*:

Winches & Wires	
Anchor Handling / Towing Winch	Brattvaag SL500W3 – Waterfall Type
<b>AH winch:</b>	
AH Winch Line Pull	500t @ 16,7m/min (1st layer)
AH Winch Brake Load	550t (first layer)
AH Winch Drum Capacity	7700m ø76mm
AH Wire on Board	2500m ø90mm
<b>Tow/Work Winch:</b>	
Tow/Work Winch Line Pull	500t @ 17,5m/min (1st layer)
Work Winch Brake Load	750t (first layer)
Tow/Work Winch Drum Capacity	2 x 4600m ø76mm
Tow Wire on Board	1500m ø90mm
Work Wire on Board	300m ø86mm
<b>Secondary Winches:</b>	
Secondary Winch	2 x Brattvaag ALM6317DU
Secondary Winch Line Pull	170t @ 23m/min (1st layer)
Secondary Winch Break Load	200t Dynamic Breaking at 70m/min
Secondary Winches Drum Capacity	2 x 1600m ø203mm Synthetic or 2 x 5000m ø76mm Wire or 3100m ø160mm Synthetic

Figura: 1.6.1: Winches e cables de traballo Siem Pearl ((SIEM Offshore, 2009)

AH Deck Equipment		
Towing Pins		RR, 2 x 250t SWL
Pop-Up Pins		RR, 2 x 220t SWL
Shank Jaws		RR, 2 x 800t SWL
Centering Device	RR, Two triangular plates in a common box. Max reach 1.0m either side. Max 14.0t @ 100mm above deck	
Stern Roller	Double Stern Roller: 2 x ø4000mm x 4000mm. 800t SWL on each roller	
Tugger Winches		2 x 24t Pull
Capstans		2 x 14t Pull Located
Spooling Sheave	RR, ID ø1400mm, max ø90mm Wire, max ø125mm Chain. Max Combined Forces 100t.	
Pennant Coiler		RR. Hoist Capacity: 8.0t Pull @ 0-22 m/min 1st Layer
Cranes/Triplex MDH		
Gantry Crane	Triplex MDH, Travelling Gantry Crane 42 t for Safe Anchor Handling and Cargo Operations	4,75m Opening Underneath
Triplex MDH Palfinger	SWL 27.5t. Max Radius 22.5m 2400 kg	
Triplex MDH Manipulator Crane	SWL 2.0t @ Radius 4.7m. Max Swing Radius 5.5 m	
Triplex MDH Winch	SWL Max 22.0t. 72m ø32mm Wire	
Triplex MDX Wire Clamp	ø60 - 100mm, Clamping Force 9t	
Deck Crane STB	Hydramarine 3t@15m	
Deck Crane PS	Hydramarine 10t@18m	

Figura 1.6.2: Equipo de anchor handling e grúas Siem Pearl (SIEM Offshore, 2009)

Chain/Gypsies	
Rig Chain Gypsies	Gypsies mm 2x76-2x84-1x90-1x120
Chain Lockers	Total 4x 165 m3 (4x 2300m 76mm, 4x 2050m 84mm, 4x 1125m 105mm)

Figura 1.6.3: Almacenamento de cadea para anchor handling do Siem Pearl (SIEM Offshore, 2009)

O obxectivo final de todas as características deste buque será contar co balance idóneo entre manobrabilidade e potencia, así como cuns elementos de cuberta e remolque óptimos en canto a capacidade e resistencia para realizar as complexas operacións ás que están ligados os buques AHTS.

## CAPÍTULO 2: NORMATIVA E REGULACIÓNS APLICABLES.

Todos os aspectos das operacións marítimas están gobernados por un extenso sistema de regulación e convención internacionais. A Organización Marítima Internacional (OMI) é a organización encargada de promover a cooperación entre gobernos e a industria marítima internacional para mellorar a seguridade no mar (*International Maritime Organization, 2023*). A maioría das convencións foron adoptadas pola OMI, pero considéranse unicamente requirimentos mínimos. A pesar disto, a práctica usual é seguir o adoptado pola OMI, aínda que cada estado de abandeiramento pode impoñer regras máis estritas.

Con respecto á OMI, pódese considerar normativa de referencia:

- MSC.235(82) emendada pola MSC.335(90): Directrices para proxecto e construción dos buques de subministro mar a dentro.
- Código de seguridade aplicable a los buques para fines especiais, 2008 (Resol. MSC 266(84))
  - o A parte B deste Código regula a estabilidade sen avaría (*intact stability*). Este Código foi emendado pola Resolución MSC.415(97) adoptada o 25

de Novembro de 2016. Ten unha parte dedicada aos criterios de estabilidade sen avaría dos AHTS, os cales son seguintes:

- Ángulo de escora máximo do buque limitarase a un dos seguintes, o que aconteza primeiro:
  - Ángulo de escora equivalente a un brazo adrizante (GZ) igual ao 50 % do brazo adrizante máximo (GZ máximo).
  - Ángulo de escora que produce auga na cuberta de traballo.
  - 15º.

Con respecto ás Sociedades de Clasificación, cabe resaltar que é común que os estados consideren algunhas destas Sociedades “Organizacións Recoñecidas” para realizar a función que lle correspondería aos propios estados en materia de inspección.

Tomando o exemplo da bandeira Noruega, considéranse organizacións recoñecidas algunhas como DNV, ABS ou Bureau Veritas, as cales contan con normativa en propia recoñecida e aceptada polo goberno contratante, e que compren cos criterios mínimos da OMI.

En canto a operatividade, cabe resaltar a importancia que teñen as *Guidelines for Offshore Marine Operations* (GOMO), documento publicado inicialmente polo Reino Unido o 11 de Novembro de 2013 e en Noruega o 1 de Xunio do 2014. Este documento foi deseñado para ofrecer un estándar global para promover as boas prácticas e a seguridade das operacións no mundo da industria *offshore* (GOMO, 2023)

A aplicación das diferentes normativas e regulacións permítennos obter diferentes criterios para os elementos dos AHTSs vistos anteriormente (Andreas and Wennersberg, 2009):

- Cable de traballo (*Work Wire*): A carga de rotura do cable de traballo non será inferior da carga de referencia. Por carga de referencia, enténdese a carga de deseño e de test do cable, normalmente 2 veces o *Bollard Pull* do buque.
- *Winch*: Atoparase tan preto do nivel de cuberta e o máis na medianía da eslora posible. O *winch* terá unha función de zafa rápida que poida ser operada en calquera momento da operativa, incluíndo emerxencias. Será posible executar a zafa rápida de emerxencia en casos de *black – out* e calquera combinación de asento ou escora inesperados. Os puntos de accionamento deste mecanismo atoparase tanto na localización propia do *winch* coma na ponte. O sistema de freado actuará sen retraso cando se accione o sistema de zafado de emerxencia. Poderíanse dar situacións nas que habería que largar todo o cable de traballo, polo que a unión do cable de traballo co *winch* será un enlace débil que permita a liberación do cable.
- Sistema de aduxado do cable (*Spooling Gear*): Sistema de aduxado operado remotamente dende a ponte. O dimensionado do sistema de aduxado será tal que permita virar a máxima carga co cable na posición máis desfavorable con respecto aos pins guía.
- Rolín de popa (*Stern Roller*): Axustado ás necesidades do buque.

- Pins de guía (*Guide Pins*): Serán aptos tanto como para cadea coma para cable. Sonará unha alarma acústica cando se operen os pins en cuberta. Requírese un mínimo de 2 pins.
- *Sharkyaws*: Contaranse con dispositivos de bloqueo do cable ou cadea operados remotamente. Será posible realizar o zafado rápido dende a ponte ou dende outros puntos do buque. O sistema de zafado rápido poderá funcionar en situacións de *black out* e sen intervencións manuais. Estarán dimensionados de maneira que poidan soportar un 20% máis da carga segura de traballo do *winch* (*Safe Working Load (SWL)*). Por *SWL* enténdese a carga á que pode ser sometido un elemento sen que existan riscos de deformación ou fractura. Os *sharkyaws* non se deberían empregar como o punto de fixación da cadea para facer zarpar a áncora do fondo en operacións de *anchor handling*. Deberá instalarse unha alarma acústica cando se operen estes elementos.
- Tanques de lastre e *Anti – Rolling*: Contarase cun plan de lastre establecendo a secuencia e o método de lastrado dos tanques sempre tendo en conta a estabilidade. As consecuencias de emprego do tanques *anti – rolling* deben estar perfectamente explicadas nas instrucións ao Capitán do buque.

### **CAPÍTULO 3: ANCHOR HANDLING E MOVEMENTO DE MOUs.**

A operativa dos buques AHTS centrarase nas labores de fixación das instalacións offshore a través do *anchor handling* e o remolque das MOUs ata o seu enclave operacional (GOMO, 2023):

- Por *anchor handling* enténdense aquelas operativas relacionadas co manexo de áncoras e cables ou cadeas asociados, con vistas á fixación de posición dunha MOU.
- Por MOU (*Mobile Offshore Unit*) enténdese aquela unidade da industria *offshore* que pode ser trasladada dun lugar a outro. Inclúense, pero non se limitan a: FPSOs, pontonas, Unidades de Acomodación, Jack – Ups e outros tipos de unidades auto - elevables.

A operativa dos AHTS son complexas e necesitan unha preparación previa para que esta se desenvolva sen incidentes. Investigacións despois do suceso do AHTS Bourbon Dolphin chegan a conclusión de que a falta de planificación e avaliación deron lugar ao incidente, incluíndose entre estas causas:

- Ausencia dun procedemento de *Anchor Handling* específico para o buque.
- Planificación insuficiente da operación a realizar.
- Falta de revisión do plan da operación aínda cando apareceron circunstancias que requirían unha re – avaliación.



Figura 3.1 : Imaxes do AHTS Bourbon Dolphin en operacións, e tras a súa zozobra o 12 de Abril do 2007 (SAFETY4SEA, no date; El naufragio del Bourbon Dolphin | LinkedIn, no date) .

É por iso polo que será esencial unha planificación acorde á Normativa vixente e ás guías de organismos asentados na industria para lograr unha operatividade sen accidentes, podendo atopar as seguintes fases operacionais (GOMO, 2023).

### 3.1 Procedementos e responsabilidades acordadas polas partes.

Trátase da fase inicial de toda a operativa. Unha parte fundamental desta fase será expoñer as partes implicadas na operación, e as responsabilidades ás que están sometidas cada unha delas.

#### 3.1.1 Compañía explotadora dos recursos.

Trátase da compañía que se beneficia dos recursos obtidos a través da operación da MOU en cuestión (compañías petroleiras, renovables, etc.) e que contrata a Compañía Xestora Operacional da MOU para operar a instalación.

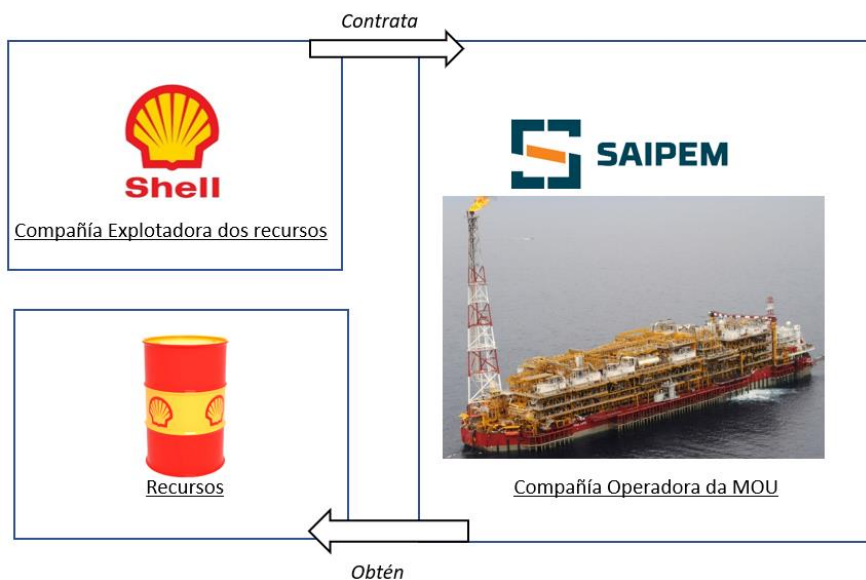


Figura 3.1.1: Exemplo da relación entre Compañía Explotadora dos Recursos e Compañía Operadora da MOU.



As súas responsabilidades serán:

- Aprobación de todas as partes involucradas na operativa, asegurando que todo o persoal involucrado na operativa ten as debidas cualificacións e competencias para cumprir ca responsabilidade de cada posto.
- Obtención dunha visión xeral da infraestrutura no fondo mariño, condicións e posibles obstrucións e proporcionarlle ás partes involucradas contactos dos propietarios ou operades de tales infraestruturas.
- Proporción de información a instalacións próximas se os operadores están asociados en materia de emerxencias.
- Notificación ás autoridades pertinentes sobre as operacións planeadas con antelación e acorde os requirimentos.
- Establecemento de marxes mínimos horizontais e verticais con calquera tipo de infraestrutura tubarias ou recursos sensibles do fondo mariño que poidan ser afectados polas áncoras e polos cables/cadeas asociados.
- Elaboración da planificación (incluído continxencias) e a avaliación de riscos da operación completa de *anchor handling* e remolque.
- Aportación de partes meteorolóxicos e datos relevantes.
- Certificación de que tanto o buque como a MOU cumpran os requisitos dos obxectivos do traballo.
- Posta a disposición dos detalles de cargas máximas de traballo ao departamento técnico do buque.
- Obtención de equipo e persoal de posicionamento.
- Obtención de provisionista de equipo e persoal, se fose preciso.
- Notificación aos sub – contratantes do avance da mobilización planeada e o comezo das operacións de amarre.
- Notificación a todas as partes involucradas das especificacións do traballo, avaliación de riscos, listado de carga, plans de mobilización, plans de continxencia e puntos de contacto co tempo suficiente.
- Establecemento do lugar e data onde se realizará a reunión HSEQ acerca dos obxectivos do operador e do xestor operacional da MOU neste sentido para a presentación da especificación de traballo.
- Organización a visita dos representantes do operador para verificación das operacións mariñas.
- Aportación da documentación requirida acerca da operativa de *anchor handling* ao propietario da instalación: posicións das áncoras, test de tensión, lonxitude dos cables/cadeas durante a instalación, etc.
- Nas operacións, a Compañía Explotadora estará representada polo *Offshore Marine Representative*.

### 3.1.2 Compañía operadora da MOU.

Trátase da Compañía que leva a cabo a operativa da MOU , para obter recursos a favor da compañía explotadora que a contrata, e un beneficio a partir da xestión operacional da instalación. As responsabilidades desta parte son:

- Notificación ás autoridades pertinentes da saída e da chegada da MOU de acordo aos requirimentos locais.
- Certificación de que a MOU é operada de maneira adecuada por persoal competente e cualificado, tendo en conta as horas de traballo e descanso aportadas na Especificación de Traballo.
- Mobilización do persoal necesario en caso de operación 24/7.
- Garantir medios para a posta a disposición de equipamento de amarre adicional / de respecto.
- Certificación de que a análise do amarre e a especificación do traballo tanto para o *pre – lay* coma para o remolque da MOU están preparados e aprobados de acordo cas normativas aplicables antes do comezo das operacións.
- Excepcións respecto ás condicións da especificación do traballo deben ser aprobadas pola Xestora Operacional da MOU.

### 3.1.3 OIM (*Offshore Installation Manager*).

Homólogo do Capitán do buque remolcador, a bordo da MOU. As súas responsabilidades, polo tanto, serán:

- Responsabilidade e autoridade total na instalación para facer cumprir os obxectivos HSEQ da compañía operadora e requirimentos estatutarios que lle apliquen.
- En relación á operativa de remolque da MOU, a responsabilidade operacional pode ser transferida á figura do *Tow Master*. Aínda así, a responsabilidade final será do OIM.
- Toma da decisión en canto ao comezo das operacións tendo en conta as limitacións da instalación, tendo consultado previamente á Compañía Explotadora e aos Capitáns dos buques implicados.
- Asegurar levar a cabo unha reunión con todo o persoal a bordo antes da operación, rexistrado de acordo as políticas da compañía no libro de rexistro pertinente. O resumo da reunión enviarase aos Capitáns dos buques e aos representantes de Operacións Mariñas das compañías explotadoras.
- Asegurar que existen procedementos para monitorizar de maneira continua a operación de cada buque, ademais do estado xeral da operación.
- Asegurar a funcionalidade e monitorizar a efectividade das comunicacións entre as partes involucradas.
- Actuar como o “eixo” de toda a operativa, de maneira que todas as notificacións operativas e comunicacións pasen pola figura do OIM, asegurándose de que as autoridades obteñen información pertinente en todo momento.

- Tratar cos representantes da súa compañía e mantelos informados do transcurso das operacións e informar de calquera non – conformidade ca Especificación do Traballo.

### 3.1.4 Compañía operadora do buque.

Compañía que realiza a xestión operacional do buque encargado da operativa *anchor handling* e movemento da MOU. Será súa responsabilidade:

- Asegurar que o buque se atope nunha boa condición operacional en cumprimento ca lexislación e os requirimentos do cliente.
- Asegurar que os buques son operados por tripulación cualificada e competente tendo en conta as horas de traballo e descanso, incluíndo a posibilidade de traballo 24/7.
- Asegurar que calquera cambio de tripulación realizado durante as operacións se realice con tempo suficiente para que poidan efectuar un bo relevo.
- Asegurar que a tripulación do buque é capaz de calcular a estabilidade do buque antes do comezo das operacións e en calquera momento das mesmas, así como a supervisión dos cálculos antes do comezo das operacións.
- Asegurar a dispoñibilidade a bordo dun manual de *anchor handling* específico para o buque en cuestión e está incluído no sistema de xestión da seguridade da compañía.
- Asegurar a existencia dun procedemento de cuberta – libre cando existen elementos con tensión nela. Esta política debe ser entendida e implementada en cada buque.
- Asegurar que os datos sobre o buque aportados a *brokers* e clientes son correctos e están actualizados.
- Asegurar que as “leccións aprendidas” na industria e en buques da compañía son distribuídas aos Capitáns dos buques.

### 3.1.5 Capitán do buque AHTS.

A responsabilidade principal do Capitán será a seguridade da tripulación, buque (incluído equipamento) e medio ambiente en todo momento. O Capitán deberá parar as operacións que poidan poñer á tripulación, o buque ou o medio ambiente nunha situación de perigo.

Todo o persoal involucrado nas operacións a bordo terá o dereito de apelar á parada das operacións, sempre e cando se considera que tales operacións son inseguras. Ademais, o Capitán debe rexeitar acceder a comezar a operativa polo simple feito de que o resto de partes implicadas o consideren, sempre e cando se perciba un risco para o seu buque no comezo das operacións.

Outras responsabilidades son:

- Asegurar que o buque está suficientemente tripulado, baseado nas previsións de traballo, e o descanso da tripulación.

- Asegurar que o equipamento de *anchor handling* a bordo é correcto e está en boa condición e certificado, cumprindo cos requirimentos da especificación de traballo.
- Asegurar que se realiza e rexistra o uso do diverso equipamento de *anchor handling*/amarre de acordo aos requisitos do provisionista do equipo.
- Defectos ou non conformidades do equipo de *anchor handling*/ amarre atopados durante a operación deberanse reportar de maneira adecuada acorde á Especificación de Traballo.
- Asegurar o cumprimento ca compañía xestora do buque e cos principios HSSEQ do cliente.
- Reportar ao OIM a bordo da MOU calquera accidente, incidente ou limitación/deficiencia do buque acontecida durante a operación.
- Asegurar que o proceso de Xestión de Riscos foi levado a cabo e rexistrado de maneira adecuada de acordo á especificación de traballo, asegurando que tal acordo foi comunicado aos tripulantes envoltos na operación.
- Asegurar que a estabilidade do buque se calcula e rexistra para cada fase do traballo, incluíndo o caso máis desfavorable de cargas dinámicas exercidas no buque.
- Asegurar que existen suficientes repostos e consumibles para operación en cuestión.
- Asegurar que a tripulación involucrada nas operacións foi debidamente instruída para levar a cabo as súas tarefas, responsabilidades e autoridade.
- En cooperación co *Offshore Marine Representative* (Representante da Compañía Explotadora dos Recursos), asegurar que os procedementos MOC (*Management Of Change*) correspóndense co estipulado na Especificación de Traballo, incluíndo unha Avaliación de Riscos para tal cambio.
- Asegurar que, antes de comezar o remolque, se prepara un Plan de Viaxe detallado e se envía ao OIM e ao *Offshore Marine Representative* para revisión e aprobación.

Dentro dos participantes estas operacións atopamos tamén:

- ROV Supervisor: Responsable das operacións do ROV e do equipo relacionado con este sistema
- Encargado do equipo de *anchor handling* / amarre: Responsable da calidade, certificación e cumprimento cos requirimentos da Especificación de Traballo de todo o equipamento de *anchor handling* e amarre.
- Encargado do equipo de inspección e posicionamento: Responsable do funcionamento dos sistemas de referencia aportados para tal operación do buque, así coma de que se acade a posición correcta para o novo posicionamento da instalación.

### 3.2 Preparacións.

Fase de gran importancia na operativa de *anchor handling* e movemento da MOU. Nesta fase realízase a Especificación de Traballo (Work Specification), documento que recolle

todos os pormenores da operación, así como a reunión pre - operacional e as preparacións necesarias por parte da MOU e dos buques implicados.

### 3.2.1 Especificación do Traballo.

A “Especificación de Traballo” debe proporcionar toda a información detallada das operacións a realizar. Debe contribuír a acadar un entendemento común da operación e resaltar as diferentes fases do traballo mediante o emprego de animacións, imaxes, organigramas e diagramas sempre que sexa posible. Está orientado para o uso durante a planificación, execución, verificación e desmobilización da operación.

A Especificación Do Traballo incluírá a seguinte información:

- Identificación dos roles e responsabilidades clave, incluíndo os contactos.
- Definir o nivel esperado en materia de HSEQ e facerlle chegar os requirimentos a todas as partes.
- Información xeral: Límites climatolóxicos admisibles, tempo esperado para cada fase da operación, requirimentos para os buques, detalles relacionados co equipamento de *anchor handling*, partes meteorolóxicos, comunicacións, etc.
- Información das características da MOU (tipo, sistema de amarre, características do PCP, SWL do equipo de remolque, propulsión, etc.).
- Información da localización: Posición, fondo, condicións do fondo, planos, etc.
- Mobilización e listas de equipamento para o equipo de *anchor handling*.
- Requirimentos para o buque e capacidades: *Bollard Pull*, cable de traballo, capacidades de cadea, capacidade de cuberta, rolín de popa (Individual ou dobre) etc.
- Procedemento de MOC (*Management of Change*).
- Identificación dos límites operativos para comezo, parada ou mantemento das operacións e avaliación de riscos.
- Mostrar claramente a orde dos traballos e o método a empregar.
- Requirimentos para inspección ROV, se aplican.
- Cargas dinámicas e tensións máximas esperadas en cada buque que compón a operación.
- Planos detallados da configuración das áncoras, cada fase da operación, liñas de amarre, lonxitudes, etc.
- Plan de viaxe proposto.
- Recomendacións do fabricante en canto ao uso e operación do equipamento de *anchor handling* e amarre.

### 3.2.2 Reunión Pre - Operacional en terra.

A reunión Pre – Operacional en terra debe levarse a cabo coa debida antelación antes do comezo das operacións. Debe contarse cunha Especificación do Traballo Preliminar para ser revisada polas partes involucradas.

A compañía explotadora dos recursos debe asegurar que o tratado na reunión se rexistra e distribúe de maneira adecuada. Calquera acción ou requirimento debe ser feito chegar

á parte responsable para subsanalo dentro das datas acordadas antes do inicio das operacións.

### 3.2.3 Preparacións do buque.

Equipo de *anchor handling* e remolque: Ademais de cumprir cos requirimentos estatutarios, recoméndase que cada buque manteña un rexistro específico do equipamento de *anchor handling* e remolque en canto ao estado de certificación, mantemento e condición de tal equipo. O rexistro debe incluír cables, cadeas, puntos de unión e segmentos que poidan ser empregados durante as operacións. Estes rexistros deben manterse actualizados.

Inspección do equipamento: Considérase boa práctica a inspección do equipamento de *anchor handling* e remolque tras cada uso, particularmente os cables que máis se empregan durante as operacións.

Preparación para a operativa: Deberase comprobar:

- Mantemento e operación do equipo en base ás recomendacións do fabricante.
- Cántase con equipo de corte (estilo Oxy -Acetileno) con suficiente carga, testado e preparado para o uso.
- Disponibilidade de elementos de bloqueo para asegurar de maneira eficiente o cable en cuberta, así como que o equipo se axusta á especificación de traballo.
- Delimitación de áreas restrinxidas para a operación.

### 3.2.4 Preparacións da MOU.

O rexistro de mantemento dos *winches* de amarre, equipamento de remolque e equipamento de *anchor handling* debe manterse actualizado de acordo ao procedemento da compañía.

Recoméndase que o rexistro de equipamento da MOU se completa de maneira que se controle o estado de certificación, mantemento e condición de todo o equipo.

Considérase boa práctica que o equipamento de *anchor handling* e remolque se comproba antes de cada uso, particularmente os cables de traballo a empregar na operativa.

Comprobaranse os *winches* de amarre, eslingas e adaptadores do PCP, así como o sistema de zafado de emerxencia.

## 3.3 Fase de execución

Materialización práctica da operativa dos AHTS. Constará das seguintes fases:

### 3.3.1 Notificación inicial

Antes da mobilización, a Compañía Explotadora dos Recursos enviará a notificación inicial. Como mínimo, nesta notificación incluírase:

- Especificación do traballo.
- *Loading List*.

- Detalles de mobilización incluíndo o porto de mobilización e a hora de entrada *On – Hire*, así como o ETA de mobilización no porto.
- Duración estimada do traballo.
- Persoal adicional enrolado na operación.
- Detalles dos buques e información de contacto.
- Partes meteorolóxicos.
- Detalles de *Briefings* do buque.
- Nominación do buque líder en materia de HSE.
- Requisitos para o ROV.
- Ficha de datos.
- Detalles de Seguro Marítimo, se se requirise.

O Capitán aceptará os termos de notificación ao operador e confirmará que o buque cumpre cos requisitos da Especificación de Traballo.

### 3.1.2 *Briefing* entre buques e MOU.

A intención do *briefing* será que tanto a tripulación da MOU como dos buques implicados comprende a Especificación de Traballo de maneira completa e teña unha visión xeral dos perigos que entraña a mesma. Isto deberase ter en conta especialmente cando o buque se atopa revisando o Proceso de Xestión de Riscos antes do comezo das operacións.

### 3.3.3 Operacións de carga do equipamento de *anchor handling*.

Levaranse a cabo os *Toolbox Talk* e as Avaliacións de risco correspondentes por todas as partes involucradas na carga do equipamento, así como o establecemento dunhas canles claras de comunicación entre as partes.

O equipamento cargarase tendo en conta a secuencia na que se terá que operar ou instalar.

Ademais, o equipo cargado deberá manexarse de acordo ás instrucións do fabricante.

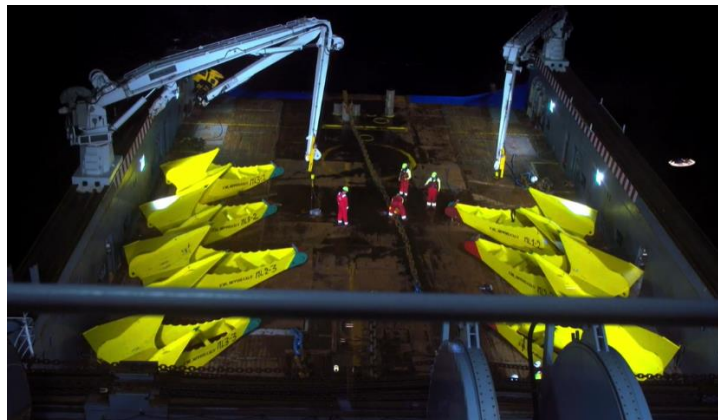


Figura 3.1.3.1: Carga de áncoras a bordo dun AHTS (DOCK90, 2021).

### 3.3.4 Notificación ás autoridades

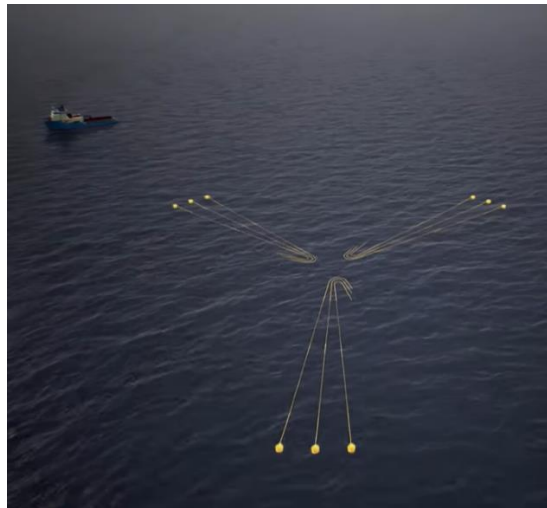
Cando se requira, o OIM, ou en quen delegue o OIM, en cooperación cos buques e o *Offshore Marine Representative* ou *Tow Master*, notificará ás autoridades locais pertinentes, instalacións próximas etc. de acordo á Especificación do Traballo.

### 3.3.5 Pre – Lay.

As operacións de *Pre – Lay* consisten na instalación de áncoras e cadea asociada no fondo mariño antes da chegada da MOU á localización. Este sistema de *Pre – Lay* pode instalárselle unha boia, ou manterse somerxido para realizar posteriormente a conexión ca MOU. Hai MOUs que non requiren *Pre – Lay*, xa que contan cas súas propias áncoras, as cales serán posicionadas polo AHTS unha vez conclúe o remolque da instalación ao seu enclave operacional.

O *Pre- Lay* consta das fases de:

- Instalación.
- Test da Capacidade de Aguante de Áncora e Verificación da Posición da Áncora.



*Figura 3.3.5.1: Sistema Pre - Lay, empregado para a posterior conexión a unha FPSO (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021).*

Posición de seguridade: A fase de instalación comeza co buque acadando unha posición de seguridade con respecto ao punto de instalación da áncora. Esta distancia será igual ou superior á profundidade da zona en concreto.

Transferencia a modo DP: Unha vez chegados a esta posición, o buque será transferido ao modo de posicionamento dinámico. Isto significará que o avance, deriva e guiñada do buque estará controlado polo sistema. Fixada esta posición, o sistema calculará as forzas que afastan o buque da posición establecida, creando un modelo. A partir deste modelo, o sistema envía a sinal correspondente as hélices para compensar tales forzas e manter unha posición estática.

Arriado da áncora: Co buque estabilizado nesta posición de seguridade, comézase o arriado da áncora ata unha profundidade de 10 m. sobre o fondo.





Figura 3.3.5.2: Áncora posicionada no rodillo de popa.

Figura 3.3.5.3: Comezo do filado de cadea nun Pre-lay

Avance ata o punto de posicionamento da áncora: Co buque estabilizado en modo DP na posición estática inicial, introdúcese en metros o que o operador desexa avanzar no sentido lonxitudinal e transversal ata acadar o posicionamento final. Isto fará que o buque se desprace de maneira que, cando se acada a posición requirida polo operador, a excursión con respecto a esta nova posición sexa mínima, ao ter o sistema DP calculado o modelo de forzas que actúan sobre o buque. Todo isto será supervisado por un ROV.

Posicionamento da áncora: Filarase cadea ata que a áncora acada a súa posición no fondo mariño. O ROV supervisará:

- Correcta toma de contacto co fondo mariño.
- Orientación da áncora.
- Posicionamento da áncora acorde ás tolerancias da especificación de traballo.



Figura 3.3.5.4: Supervisión ROV do posicionamento da áncora sobre o fondo (DOCK90, 2021).

Test de Aguante da Áncora e Verificación da Posición da Áncora: Filarase cadea ata a lonxitude establecida pola especificación de traballo. A cadea fixarase en cuberta, abrírase por un enlace (*Kentle Shackle* ou similar) (Figuras 3.3.5.6 e 3.3.5.7) e conectarase ao *Socket* do cable de traballo do buque, empregando na medida do posible un sistema como o das figuras (INSERTAR NUMERACIÓN). Neste sistema o *socket* do cable de traballo conéctase a un *Kenter/Pear Link* ou *TAS/RAS*, e seguidamente, a un xiratorio de *anchor handling*. A través dun segundo *Kenter/Pear Link* ou *TAS/RAS* realízase a unión entre o cable de traballo e a cadea instalada no fondo para realizar o tensionamento.



Figura 3.3.5.6 e Figura 3.3.5.7: Cadea fixada en cuberta nun Sharkyaw e apertura dun Kentle Shackle (Norway Maritime, 2023)

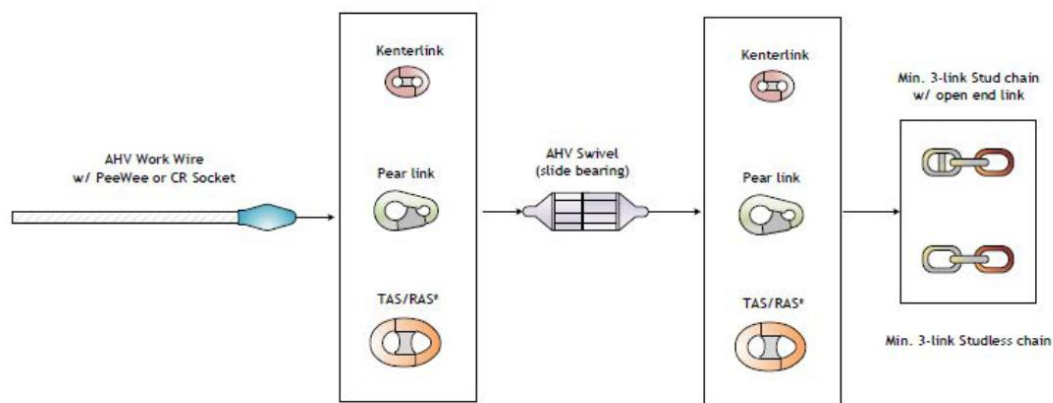


Figura 3.3.5.8 : Correcta instalación dun xiratorio no cable de traballo acorde ás GOMO Guidelines (GOMO, 2023)

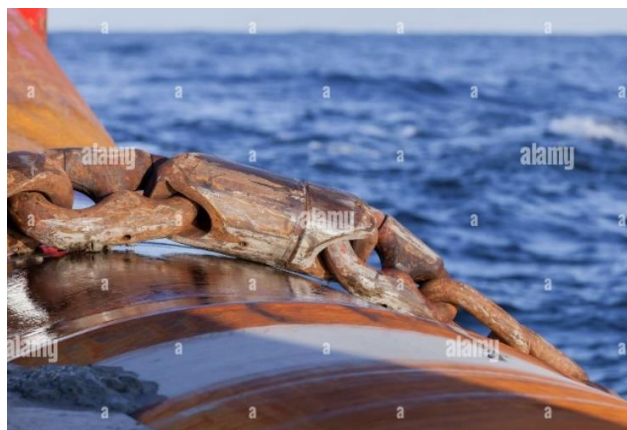


Figura 3.3.5.9: Sistema recomendado para realizar a tensión dun Pre -Lay acorde ás GOMO Guidelines (Google, no date)

Seguidamente, largarase unha lonxitude suficiente e acorde á Especificación de Traballo e procederase ao tensionamento. A tensión terá que incrementarse e diminuírse dunha maneira controlada para acadar a tensión desexada.

Unha vez se acada a tensión desexada, o *Offshore Marine Representative* confirmará e rexistrará ter acadado tal tensión.

O representante de *Survey* levará a cabo o cálculo da cadea filada e da posición da áncora. Se a posición da áncora excede as marxes de tolerancia establecidos pola especificación de traballo, haberá que repetir o proceso.

A posición final da áncora deberá ser aprobada polo *Offshore Marine Representative*.

O emprego dun ROV ofrecerá maiores posibilidades de que a operación se realice con éxito.

A operación concluirá largando ao mar a lonxitude de cadea estipulada na Especificación do Traballo, ben sexa inserindo unha boia de superficie ou sub – acuática para o posterior proceso de *Hook -Up* da instalación.

### 3.3.6 Remolque da MOU.

O Capitán do buque remolcador será o responsable da preparación dun plan de viaxe detallado e a consecuente navegación segura do conxunto do remolque. O plan de viaxe cumprirá cas COLREGs e emitiranse avisos á navegación por parte do remolcador líder a intervalos regulares.

O plan de viaxe será realizado tomando en consideración todos os aspectos, tales como a profundidade da auga, outras instalacións *offshore*, portos de refuxio etc.

Débese prestar especial atención á lonxitude da catenaria do cable de remolque e a súa relación cas condicións climatolóxicas, profundidade e resgado vertical con calquera instalación submarina nas proximidades do remolque durante a pasaxe.

O plan de viaxe enviarase ao OIM e aos Capitáns do resto de buques remolcadores para a súa revisión antes do comezo das operacións.

Cando se empregue máis dun buque, o OIM será o responsable de designar o remolcador líder. O Capitán deste buque asumirá as responsabilidades descritas anteriormente e asegurarse de que o resto de buques cumpran co estipulado no plan. Isto non exime aos Capitáns do resto dos buques remolcadores de ser os responsables de salvagardar a seguridade do persoal e equipo a bordo do buque propio.



Figura 3.3.6.1 : Remolque dunha MOU por parte de varios AHTS. (Fairmount Marine, no date)

A transferencia do comando entre a MOU e o buque remolcador líder debe rexistrarse de maneira adecuada por ambas partes. A operación de remolque acabará cando o comando do remolque se transfira de novo ao *OIM/Tow Master* de parte do remolcador líder.

As operacións de manobra estarán dirixidas polo OIM ou en quen delegue, normalmente o *Tow Master*.

A tensión máxima durante o remolque non excederá do 50% da carga mínima de rotura do enlace menos resistente do equipo de remolque. Intentarase manter unha tensión que non exceda do 30% da carga mínima de rotura do enlace menos resistente do tren de remolque para evitar que picos de tensión acaden máis do 50% deste valor. Deste xeito, débense axustar os parámetros de seguridade dos *winches*, de maneira que liberen tensión ao acadar estes valores.

Durante a duración das operacións de remolque, a MOU deberá reportar ao remolcador líder:

- Cumprimento cas COLREG da unidade, incluíndo luces de navegación e marcas diúrnas.
- Conexións do remolque.
- Condicións meteorolóxicas e previsións.
- Integridade da unidade.
- Propulsión por parte da MOU, se aplicase.

O buque deberá controlar a seguinte información e reportar dos cambios significantes á MOU:

- Cumprimento cas COLREG.
- Cable remolque, no respectivo a prevención de danos. Empregarase un protector do cable ou refrescarase cable a intervalos regulares.
- Rumbo e velocidade.
- Desviacións con respecto ao plan de viaxe.
- Axustes na potencia empregada. Normalmente acórdase un *pitch* asociado a unha tensión, (por exemplo, 36% *pitch* = 42 toneladas de tensión no cable) de maneira que calquera cambio neste parámetro será reportado á MOU ao significar unha variación na tensión do cable.
- Lonxitude de catenaria do remolque en relación á profundidade.

O procedemento clásico para facer firme o remolque sería o seguinte:

- Remolcador manobra á mínima distancia de seguridade coa MOU e mantén posición.
- Persoal de cuberta da MOU envía unha sisga (*heaving line*) á cuberta do buque remolcador. O persoal de cuberta do buque remolcador fai firme a sisga a un cabo mensaxeiro de maior mena e suficiente SWL para soportar o peso do *Pennant Wire* unha vez se comece a virar do mensaxeiro pola MOU.

- O persoal da MOU comeza a cobrar a sigsa feita firme ao mensaxeiro do buque a man, e unha vez se atopa o mensaxeiro a bordo da MOU, comézase a virar o mensaxeiro con maquinilla ata que o *Pennant Wire* chegue a cuberta da MOU.
- Faise firme o *Pennant Wire* na MOU nunha bita de SWL acorde ás tensións máximas que se poden acadar no remolque e dáselle o firme remolque ao buque remolcador:
  - A notificación de firme remolque será de gran importancia, xa que neste momento, o procedemento de “cuberta libre” (*clear deck policies*) terá que ser aplicado pola tripulación do buque remolcador e tomar canto antes unha posición de seguridade.
- Feito firme o *Pennant Wire* na MOU, largarase a lonxitude de cable de remolque acordada entre ambas partes para a fase de remolque en cuestión.

### 3.3.7 Hook – Up.

O *Hook – Up* consiste na conexión do sistema *Pre – Lay* instalado nunha localización específica, ca chegada da MOU remolcada polos AHTSs a devandita posición. Trátase do procedemento final que deixará a MOU fixada na súa posición operativa.

Na industria do Petróleo e do Gas, sóense asociar estas operativas de *Hook – Up* coa instalación de FPSOs ou FSOs, as cales normalmente non contan con áncoras que poidan ser despregadas unha vez acadado o novo enclave operacional. Polo tanto estas instalacións téñense que conectar a áncoras e cadeas asociadas instaladas con anterioridade no fondo mariño (*Pre – Lay*).

De forma xeral, o proceso de *Hook – Up* constaría das seguintes fases:

1. Chegada da MOU ao enclave operacional, guiada polo remolcador líder e remolcadores auxiliares.



Figura 3.3.7.1: Remolque dunha FPSO por varios AHTS (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021)

2. Posicionamento da MOU na posición do *Pre – Lay* dentro das marxes operacionais establecidos pola Especificación de Traballo.

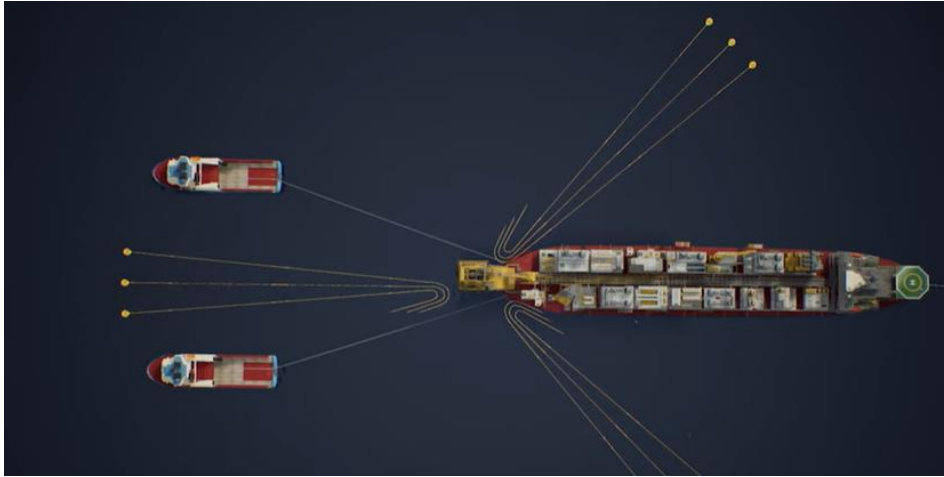


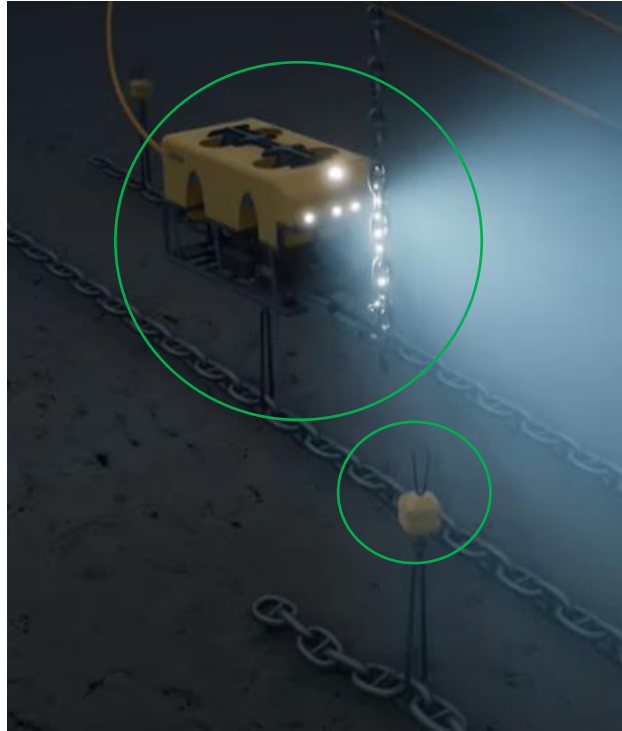
Figura 3.3.7.2: Posicionamento da FPSO sobre o sistema Pre-Lay (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021)

3. Toma de posición por parte dos AHTS para manter a MOU en posición e aproximación do AHTS que realizará o Hook – Up (Figura 3.3.7.3 ,círculo verde).



Figura 3.3.7.3: Posicionamento do buque AHTS que realizará o Hook – Up (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021)

4. O buque AHTS de instalación do *Hook – Up* larga pola súa popa un sistema de *Hook – Up*, o cal pode ser de diferentes configuracións en función da Especificación de Traballo, tendo todas que contar cun gancho do tipo *Sling Hook* (ou similar) co SWL adecuado á Especificación de Traballo. O ROV enganchará a eslinga da boia de marca co gancho do cable de traballo.



*Figura 3.3.7.4: ROV a punto de realizar o Hook Up do Sling Hook ca eslinga da boia de marca. (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021)*

Normalmente, para o enganche do sistema *pre - lay* no fondo mariño emprégase unha configuración na que o cable de traballo se conecta a unha lonxitude de cadea, conectándose esta última a un gancho do estilo ao mostrado na Figura 3.3.7.6.



*Figura 3.3.7.5 : Cable de traballo de estribor largado, coa lonxitude de cadea final conectada ao gancho para posterior virado da cadea Pre – Lay (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021).*



Figura 3.3.7.6: Gancho tipo Hook Sling (Green Pin Tycan, no date) Figura 3.3.7.7: Enganche da eslinga da boia de marca co Sling Hook (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021)

5. Feita firme a eslinga da boia de marca ao gancho do cable de traballo, vírase a bordo fíxase en cuberta como se mostra na figura 3.3.7.8 a través do *Sharkyaw*.

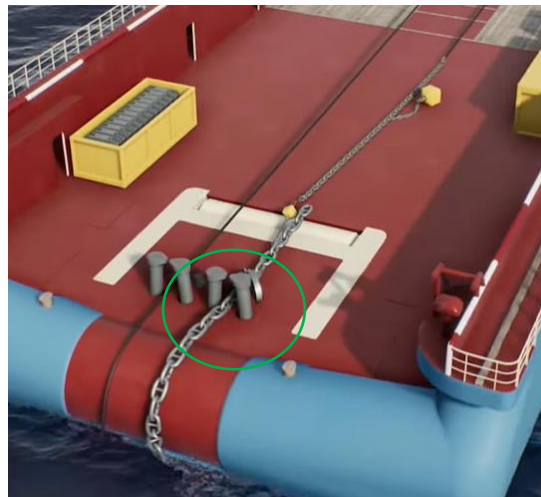


Figura 3.3.7.8: Cadea do Pre – Lay virada e feita firme en cuberta. Na banda de babor atópase xa largado o segundo cable de traballo para enganchar e virar posteriormente a catenaria da FPSO (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021).

6. Neste paso, a FPSO largará unha lonxitude de catenaria. Coa cadea do *Pre – Lay* fixada na cuberta, o AHTS larga un segundo cable de traballo, este unido directamente sen lonxitude de cadea intermedia a un gancho do tipo *Hook Sling*. Co axuda do ROV, engánchase o Hook Sling ca catenaria largada pola FPSO. Unha vez enganchada, vírase a bordo e fíxase como tal como se realizou ca cadea do *Pre – Lay*.





Figura 3.3.7.9: Catenaria largada pola FPSO 42 Figura 3.3.7.10: Conexión cable de traballo e catenaria da FPSO (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021)

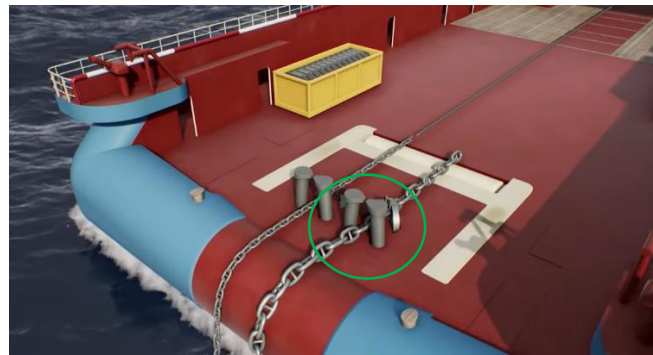


Figura 3.3.7.11: Catenaria da FPSO virada en cuberta e cadea do Pre – Lay fixada nos Sharkyaws de estribor. (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021)

7. Coa cadea do Pre – Lay virada e fixada en cuberta (círculo verde), e ca catenaria largada pola FPSO virada e fixada en cuberta (círculo vermello), realízase a unión de ambas cadeas cun método de enlace acorde ás instrucións en canto a tipo de unión e SWL da Especificación de Traballo (círculo amarelo). Quedando ambas cadeas unidas conformando unha soa unidade, faise firme o cable de traballo central (frecha laranxa).

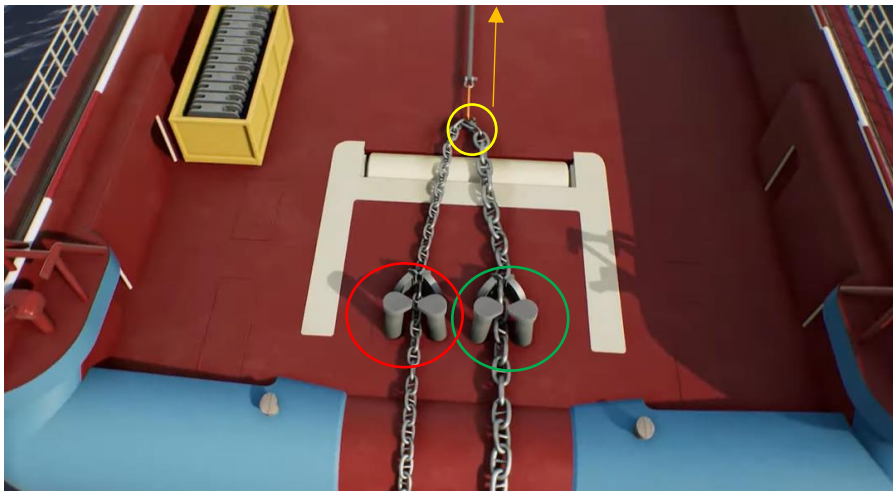


Figura 3.3.7.12: Cadea de Pre – Lay e catenaria da FPSO fixadas en cuberta e unidas a través dun enlace acorde á especificación de traballo. Cable de traballo central en tensión para liberar os Sharkyaws. (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021)

8. Feito firme o cable de traballo central, e téndoo virado para exercer tensión sobre a cadea, retráense os Sharkyaws e Guide Pins de ambas bandas, quedando a totalidade do

sistema suxeita á tensión exercida polo cable central de traballo. Seguidamente, comézase a largar cable de maneira controlada ata acadar unha profundidade apta para que o ROV desenganche o cable de traballo da cadea, quedando finalizada a operación de *Hook – Up* para o primeiro amarre. Repetírase de maneira secuencial a operación para cada liña que compón o *Pre – Lay*.



Figura 3.3.7.13 Liberación de Sharkyaws e Guide Pins , Figura 3.3.7.14: Largado de cable de traballo central (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021)



Figura 3.3.7.15: Desconexión final por parte do ROV (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021).

### 3.3.8 Instalación de áncoras dunha Semi -Sub

Existen instalacións que non precisan da realización dun *Pre – Lay*, xa que elas mesmas contan co equipamento de áncoras e cadea/cable asociada para realizar o seu posicionamento. Aínda así, malia contar co equipamento, non contan ca capacidade para despregar as áncoras por medios propios. É por iso polo que os buques AHTS tamén contribúen no proceso de comisión destas unidades Offshore.

Antes de comezar con esta operativa, será preciso definir a natureza e a función do PCP (*Permanent Chaser Pendant*). Trátase dunha composición de cable e cadea, rematada no denominado *Chain Chaser* (figura).

A cadea da áncora da Semi – Sub pásase por ollo Chain Chaser. O *Chain Chaser* corre pola cadea da áncora ata quedar bloqueado no comezo da mesma, permitindo cobrar a áncora ata o rolín do buque AHTS. Cando a áncora acada a posición e o AHTS volve a dar atrás, o Chain Chaser corre pola cadea de maneira que pode ser devolto á instalación.



Figura 3.3.8.1 : Chaser pendants



Figura 3.3.8.2: Áncora e Chaser Pendant a bordo dun AHTS (Johanis W V Karundeng, 2019)

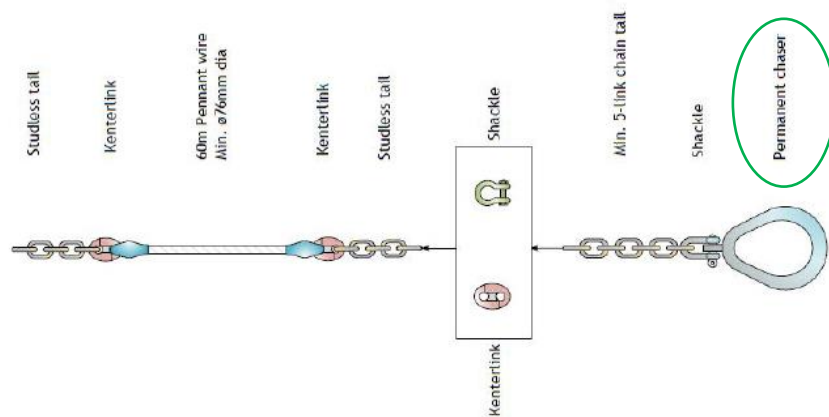


Figura 3.3.8.3: Estrutura dun PCP acorde ás GOMO Guidelines (GOMO, 2023)

O proceso para a instalación das áncoras dunha semi – sub sería o seguinte:

1. Pártese dunha posición onde o AHTS realiza unha aproximación de popa á Semi -Sub para cargar a bordo o PCP (*Permanent Chaser Pendant*) e facelo firme ao seu cable de traballo.



Figura 3.3.8.4: Buque aproximando Semi-Sub para recoller o PCP (Norway Maritime, 2023) .

2. Feito firme o PCP ao cable de traballo do buque, este cóbrase ao mesmo tempo que o personal da Semi – Sub fila cable/cadea, ata que se embarca en cuberta para inspeccionar as unllas. Desta posición, o AHTS comeza a dar avante ao mesmo tempo que a Semi – Sub fila cadea.

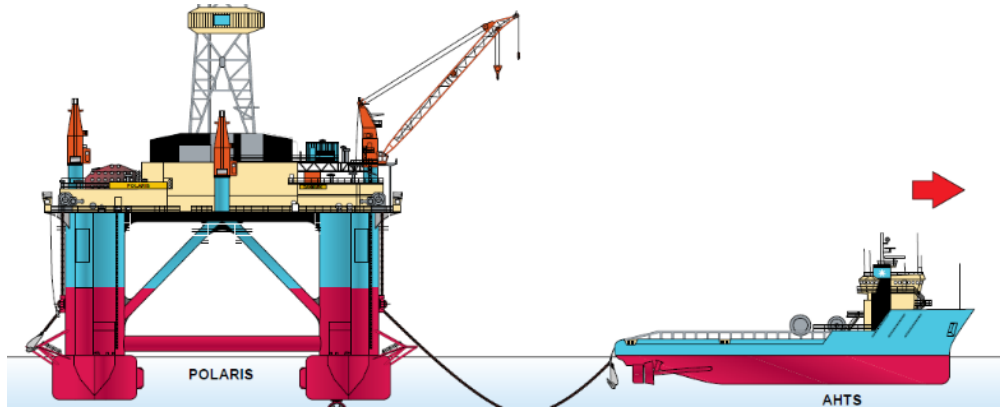


Figura 3.3.8.5: Posicionamento da áncora no rolín e comezo de filado de cadea por parte da Semi-Sub e avance do AHTS (MAERSK TRAINING, 2003).

3. A Semi – Sub fila toda a cadea posible mentres o AHTS mantén tensión en todo momento. O sistema de amarre da Semi– Sub conta con cadea unida posteriormente a cable. Filárase toda a cadea e, posteriormente, 500m máis de cable provinte da instalación mentres o AHTS mantén tensión en todo momento.

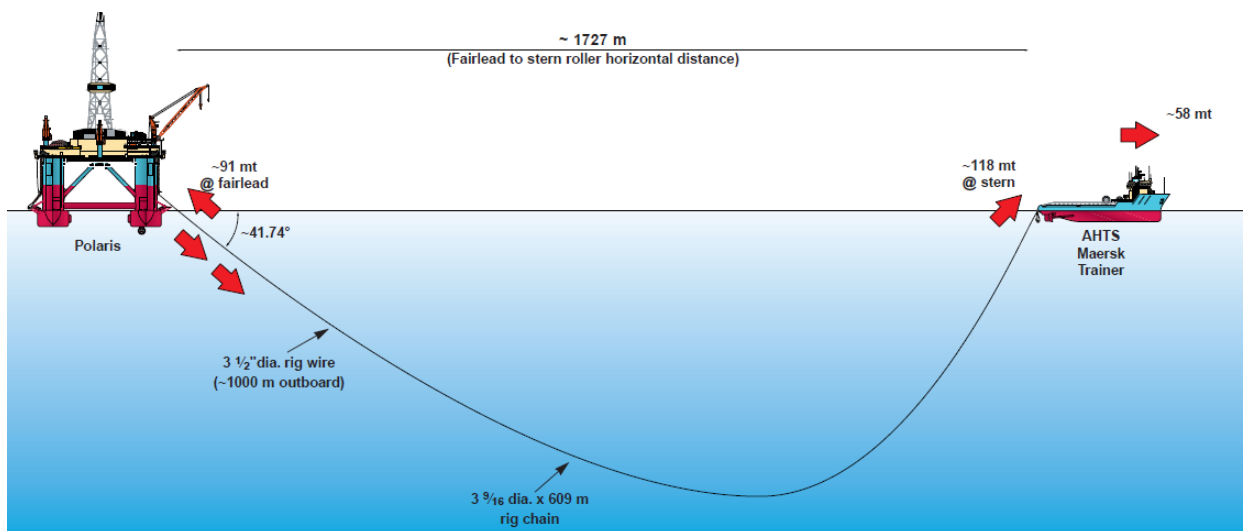


Figura 3.3.8.6: Filado de toda a cadea e largado de 500m adicionais de cable da Semi – Sub, e avance do AHTS mantendo tensión (MAERSK TRAINING, 2003).

4. Filados estes últimos 500 metros de cable por parte da instalación, o buque AHTS larga 500m. de cable de traballo mantendo a tensión. Rematada esta fase, o AHTS larga cable de traballo 1.3 veces a sonda de instalación da áncora reducindo a tensión.

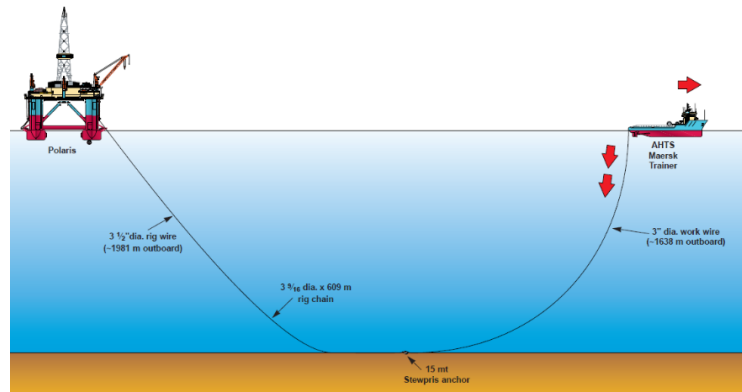


Figura 3.3.8.7: Largado de 500m de cable de traballo por parte do AHTS mantendo tensión, e largado de 1.3 veces a sonda, liberando tensión (MAERSK TRAINING, 2003).

5. Filado o cable de traballo citado no punto anterior, o AHTS volverá a incrementar a tensión ata aproximadamente 90 toneladas, e cando se reciba a notificación por parte da Semi – Sub de que o cable chama con tensión, o AHTS reducirá de novo de maneira brusca a tensión para que a áncora tome fondo ca máxima extensión do cable posible.

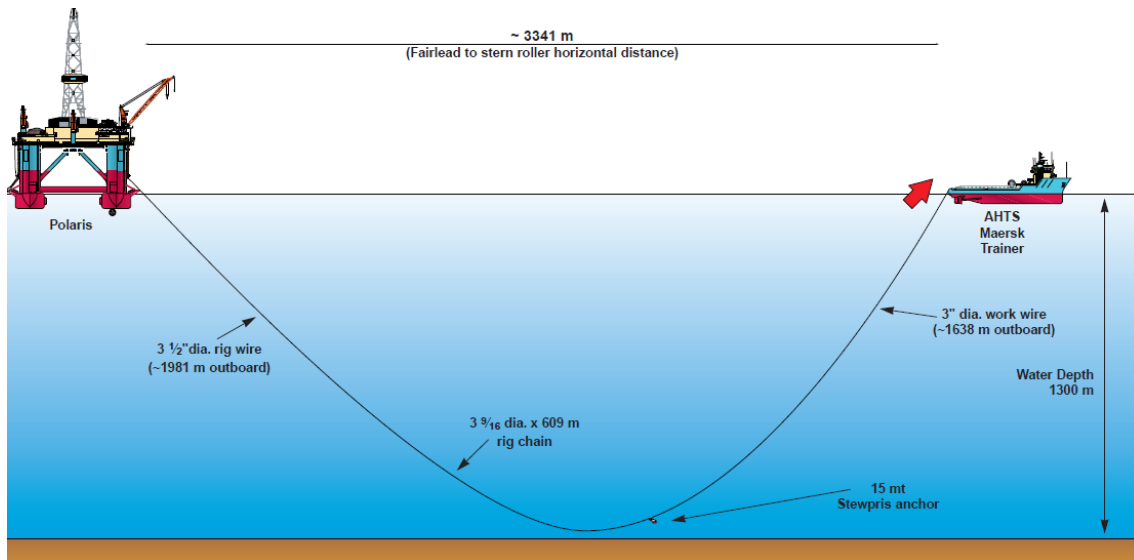


Figura 3.3.8.8 Aplicación de tensión para estender a cadea, para posteriormente reducir dita tensión e deixar establecida a áncora no fondo (MAERSK TRAINING, 2003).

6. O AHTS comeza a dar atrás. O Chaser Chain comeza a correr pola cadea e polo cable filado pola instalación. Unha vez en cuberta a conexión entre o PCP e o cable de traballo do buque, fíxase o PCP cuberta nun dos Sharkyaws. Desconéctase do cable de traballo do PCP e envíase de novo á Semi – Sub.

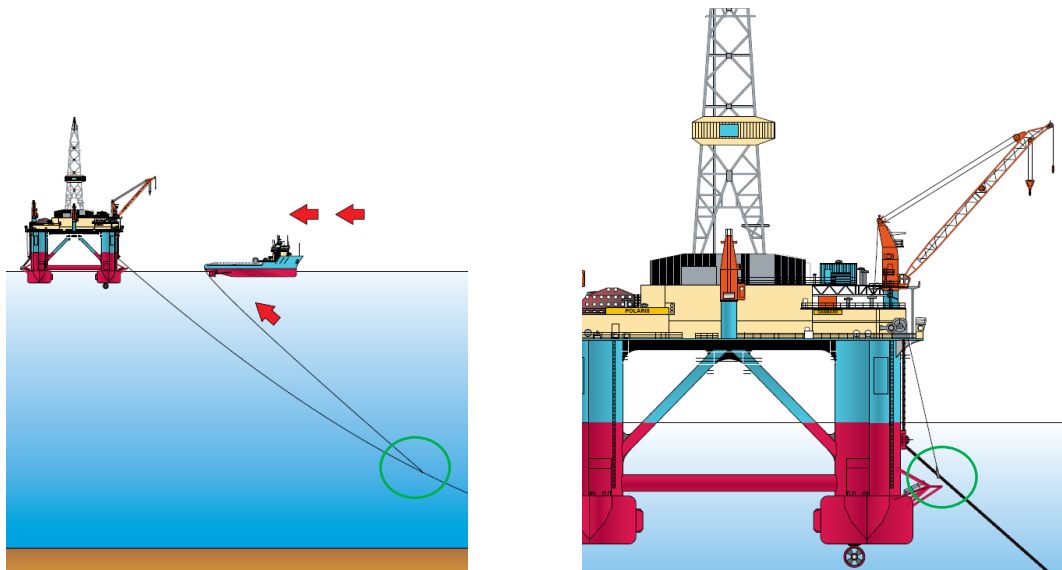


Figura 3.3.8.9: Chain chaser a través da cadea no seu retorno á Semi-Sub e Figura 3.3.8.10 Chain Chaser na Semi-Sub (MAERSK TRAINING, 2003).

### 3.3.9 Recuperación de áncoras .

O proceso de recuperación de áncoras trátase dun proceso complicado. Isto débese a que se producen forzas moi elevadas debido á presión da materia do fondo nas unllas da áncora e a succión do propio fondo ao tirar verticalmente cara arriba da áncora.

Para a maioría das áncoras, pódese tomar como referencia (MAERSK TRAINING, 2003):

- En fondos de area, para facer zarpar a áncora haberá que empregar entre un 12 e un 17% da carga de testado da áncora.
- En fondos de arxila, será necesario aplicar arredor dun 60% da carga de testado da áncora.
- En fondos pegañentos e brandos, a forza podería chegar ao 100% da carga de testado da áncora.

Tendo en conta que a carga de testado da áncora se atopa próxima a 1/3 da carga de rotura da cadea ou cable de traballo en uso, pódese tomar como referencia a seguinte táboa.

Tipo de cadea	1/3 Carga rotura	Area (17%)	Arxila (60%)	Fondos brandos (100%)
76mm U3	143 tons	24 tons	86 tons	143+ tons
76MM ORQ	154 tons	26 tons	93 tons	154+ tons
76 mm K4	200 tons	34 tons	120 tons	200+ tons

Táboa 3.3.9.1: Relación entre tipo de cadea e tensión máxima a aplicar en función dos tipos de fondo (MAERSK TRAINING, 2003).

Facer zarpar a áncora do fondo é unha operación na que se producen unha gran cantidade de perdas de tempo e equipamento. O feito de que falte a conexión entre a áncora e o buque consume moito tempo e supón un esforzo extra completar a operación de recuperación da áncora. Será moi importante coñecer as cargas de rotura de todos os elementos dende o cable de traballo á áncora e asegurarse de que non se sobrepasan estes límites.

A posibilidade de danar o cable de traballo durante o proceso de recuperación da áncora débese a sobrepasar cargas seguras de traballo no proceso de recuperación.

Un método moi común e erróneo é o de virar cable de traballo no *winch* e permanecer virando ata que o rolín de popa se atopa sobre a posición da áncora (cable de traballo chamando verticalmente).

En situacións, isto pode axudar a facer zarpar a áncora, e en outras ocasións, pode poñer en risco o equipamento.

O procedemento correcto para facer zarpar a áncora sería o seguinte:

- Incrementar paulatinamente a tensión en dirección oposta á instalación ata que se acada a carga máxima para facer zarpar a áncora e manter esta tensión.
- Se despois de 30 ou 40 minutos non se percibe que a áncora comece a zarpar, incrementar un 10% a forza.

Téñense reportado casos nos que para recuperar unha áncora soterrada 60 metros no fondo, podendo realizar unha forza máxima de 130 toneladas, se necesitaron 18 horas.

#### **CAPÍTULO 4: APLICACIÓN DOS AHTS NAS RENOVABLES OFFSHORE.**

Os tan só 6 pozos petrolíferos perforados no sector do *offshore* do Reino Unido no 2020, significaron o ano cun nivel de perforación *offshore* máis baixo nos últimos 20 (John Snyder, 2020). Os AHTS e a súa operativa están amplamente ligados a estas operacións relacionadas co sector do petróleo e do gas, e, polo tanto, as variacións neste mercado afectan drasticamente á operatividade destes buques. Ademais, a transición cara fontes de enerxía renovables e máis respectuosas co medio ambiente é un proceso no cal os gobernos están incidindo de maneira notoria, o cal porá en compromiso o aumento das campañas de perforación *offshore*, polo menos, a niveis que se realizaban fai anos.

Con todo, o auxe das renovables *offshore* abre un panorama favorable para a actividade destes buques, con grandes proxectos de eólica flotante nos que os buques AHTS poden ter unha gran importancia en varias fases da súa instalación.

##### **4.1 Descrición eólica flotante mariña.**

A eólica flotante mariña trátase dun sector en expansión dentro da xeración de enerxía a través das renovables, ofrecendo a oportunidade de crear enerxía limpa en novas localizacións *offshore*. A natureza flotante das sub – estruturas permite o emprazamento de turbinas en localizacións con profundidades de auga elevadas (A. P. Crowle and Thies, 2021).

Nestas profundidades (a partir dos 60m.) unha estrutura fixada no fondo deixa de ser viable debido ás cargas que afectan á estrutura e o excesivo tamaño das partes e custos para levala a cabo. Nestes enclaves de máis de 60m. de profundidade as estruturas flotantes son consideradas as máis axeitadas (A. P. Crowle and Thies, 2021).

Existen diferentes conceptos de estruturas flotantes, aínda que principalmente se poden agrupar en 3 :

- *Spars*, Semi – Somerxibles e Pontonas, e *Tension Leg Platforms* (TLPs).

As fases das que se compón a posta en marcha dunha turbina non difiren en gran medida do proceso de comisión de calquera das MOUs que se empregan na industria do Petróleo e do Gas, existindo un proceso de *Pre – Lay*, remolque da unidade eólica flotante (xa ensamblada en porto) e unha operativa final de *Hook – Up* tanto do sistema de amarre coma do cable eléctrico.

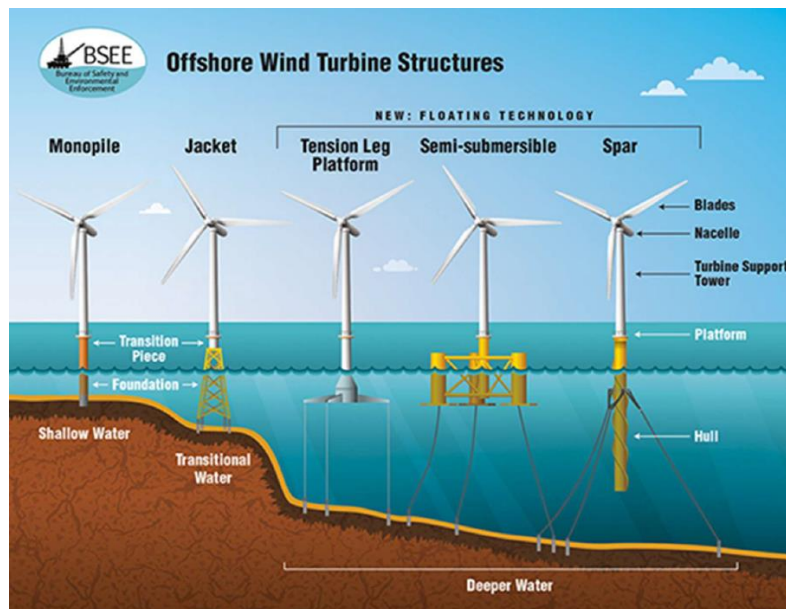


Figura 5.1.1: Tipos de estruturas eólicas mariñas (A. Crowle and Thies, 2021)

#### 4.2 Operación de Pre – Lay

Segundo o proceso xa explicado anteriormente, un ou varios buques AHTS terán que poñer en marcha a instalación do *Pre-Lay*. Isto débese a que a estrutura eólica flotante non conta cos medios para realizar o seu posicionamento. Deste xeito, un buque AHTS co suficiente *Bollard Pull* terá que ser despregado para instalar as áncoras e testalas en canto a mantemento da posición para poñer en marcha a turbina.

Localización Offshore	Hywind Scotland	Fukushima - MIRAI	Floatgen
Tipo de estrutura semi – somerxible (floater)	Spar	Semi – Sub	Concepto Damping Pool
Nº X Potencia da Turbinas	5 x 6MW (Siemens Gamesa)	1 X 2MW	1 X 2MW



<b>Profundidade</b>	99 – 129 m.	120 m.	33 m.
<b>Configuración do Pre – Lay</b>	Catenaria	Catenaria	Catenaria
<b>Número de amarres</b>	3	6	6
<b>Lonxitude dos amarres</b>	De 700 a 900 m.	450 a 480 m.	4 a popa de 400m. 2 a proa 850m.
<b>Tipo de áncora</b>	Succión	<i>Drag - embedded</i>	<i>Drag embedded</i>
<b>Materiais</b>	Aceiro de cadeas	Aceiro de cadeas avanzado	Fibra sintética e cadea
<b>Características das liñas de amarre</b>	Cadea 132mm – 148 mm	132 mm	132 mm

Táboa 4.2.1: Características dos Pre – Lays en diferentes localizacións. (COREWIND., 2020)

### 4.3 Preparación e remolque da turbina.

O emprego da eólica flotante pode simplificar o conxunto do proceso de instalación en comparación ca eólica fixa, dado que a montaxe da turbina sobre da estrutura semi somerxible pódese levar a cabo en porto, en contraposición a estruturas eólicas fixas no fondo mariño, onde deben ensamblarse na localización a través de plataformas auotelevables (*Jack – Up*) ou similar.

Centrándonos no modelo semi – somerxible, a base sobre da que se ensambla a turbina pode ter diferentes configuracións.



Figura 4.3.1: Diferentes configuracións para estruturas semi-somerxibles (Liu et al., 2016)

En porto, contando ca estrutura e ca turbina, farase o seu ensamblaxe mediante o emprego dunha grúa que poida levar a operativa de maneira adecuada.

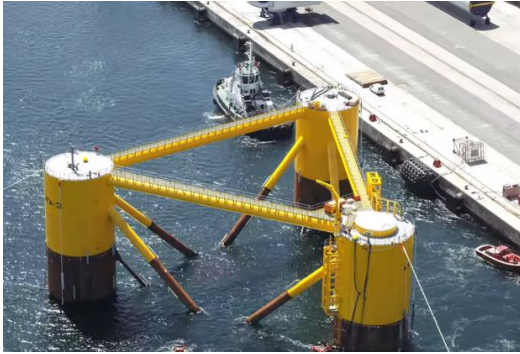


Figura 4.3.2 Estructura flotante chegada a porto e Figura 4.3.3, ca turbina ensamblada (NAVANTIA, 2021)

Unha vez ensamblada, levarase a cabo o remolque do conxunto da instalación, seguindo os criterios establecidos no apartado de Remolque da MOU ata o seu enclave operacional por 1 ou máis buques AHTS, tendo que participar polo menos 3 para manter a súa posición no proceso de *Hook – Up*.



Figura 4.3.4: Remolque da unidade ensamblada á localización offshor (NAVANTIA, 2021)

#### 4.4 Hook – Up: amarre e cable.

Neste caso, as operacións de Hook – Up para unha estrutura eólica semi – somerxible constará de dúas fases:

1. Conexión dos elementos de amarre da estrutura co sistema *Pre – Lay* instalado con anterioridade no fondo.
2. Conexión do cable instalado con anterioridade ca toma de enerxía da estrutura.

O proceso de *Hook – Up* do sistema *Pre – Lay* é análogo ao empregado para calquera MOU visto no apartado 3.3.7. Nestas estruturas, a única diferenza ven dada polo sistema empregado para acadar a tensión de traballo dos amarres.

Por unha banda, encóntrase o método tradicional de tensión a través dos *winches* situados na estrutura flotante da turbina, e por outro, o sistema

O proceso de *Hook – Up* do cable é específico desta nova operativa e consta das seguintes fases:

1. Dende a base da estrutura da turbina, envíase un mensaxeiro que, con asistencia ROV, é virado na cuberta do buque cableiro ou do buque AHTS preparado para largar cable.



Figura 4.4.1. : Mensaxeiro da estrutura eólica para ser conectado ao cable eléctrico (MAERSK, 2020)



Figura 4.4.2. : Conexión do mensaxeiro co cable eléctrico a bordo do AHTS adaptado para o largado do cable (MAERSK, 2020).

2. Unha vez conectado o mensaxeiro co cable eléctrico, e vírse a bordo O proceso de conexión do cable complétase por persoal presente na turbina. O cable submariño téndese de antemán e posteriormente vírse a bordo da estrutura. Isto require persoal na turbina cualificado en canto a traballos eléctricos e un buque de transferencia de persoal para proporcionar o acceso á estrutura.

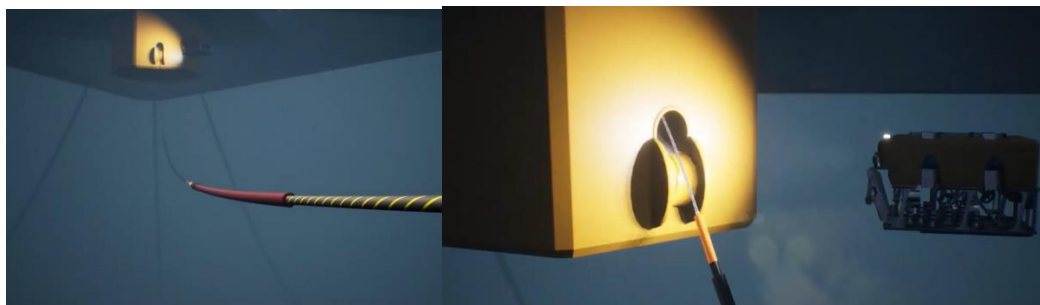


Figura 4.4.3 e Figura 4.4.4 Virado do mensaxeiro conectado ao cable eléctrico cara a estrutura (MAERSK, 2020)

## CONCLUSIONES

Os AHTS son barcos tan versátiles que teñen un campo de operacións perfectamente transferible do sector do petróleo e do gas ao sector de renovables, como ben se puido expoñer anteriormente.

Dende o punto de vista do mariño español, unha vez aprobada a chegada das instalacións *Offshore* de eólica mariña, pódese dicir que se deixará de atribuír o concepto de *Offshore* a países estranxeiros e se poderá comezar a tratalo como un sector estratéxico para os mariños do país.

Pola contra, semella que a preparación e divulgación da chegada deste ámbito operacional é precaria.

A flota das compañías españolas que poderían levar a cabo calquera tipo de operación relacionada ca posta en marcha e mantemento destas instalacións *Offshore* é mínima. Como consecuencia, o persoal nacional cualificado e con experiencia neste tipo de operacións é escaso.

As operacións de *Pre – Lay*, Remolque e *Hook – Up* destas instalacións é complexo e perigoso, debido ás grandes tensións ás que está suxeito o equipamento durante as operacións. Estas operacións deben estar comandadas por persoal con basta experiencia para asegurar unha operativa sen accidentes.

Polo tanto, de cara aos mariños na busca de postos Júnior, a orientación cara este tipo de operativas e buques podería ser moi interesante:

- O comezo en rangos máis baixos permite a consecución de experiencia nas operacións sen un nivel de responsabilidade elevado, que permite paulatinamente a promoción a rangos superiores conforme se demostre a competencia no posto.
- Acadado un nivel de experiencia, empresas españolas na busca de persoal con bagaxe nestas operacións, poden retornar os mariños españois formados nestas operacións como oficiais xa Sénior que formen oficiais Júnior directamente dende o marco da empresa española.

Este proceso non poderá levarse a cabo se as compañías españolas non aumentan a flota operativa relacionada co sector *Offshore*.

É por iso polo que, se non se comeza cun proceso de divulgación e formación dos profesionais do mar nestes campos, poidamos ver como un proxecto enriquecedor como o da eólica *Offshore* mariña en augas nacionais poida ser acaparada practicamente na súa totalidade por persoal e empresas estranxeiras, quedando ao marxe do que podería supoñer unha revitalización da Mariña Mercante Española.

**BIBLIOGRAFÍA, REFERENCIAS, DISPOSICIÓNS LEGAIS E NORMAS DE REFERENCIA****APLICADAS.**

*Anchor-handling Tug Supply AHTS vessel crew preparing vessel towing wire for static tow tanker lifting. Ocean tug job. AB or Bosun at work Stock Photo - Alamy* (no date).  
Dispoñible en: <https://www.alamy.com/anchor-handling-tug-supply-ahts-vessel-crew-preparing-vessel-towing-wire-for-static-tow-tanker-lifting-ocean-tug-job-ab-or-bosun-at-work-image184846991.html> (Accedido: 6 Xuño 2023).

Andreas, L. and Wenersberg, L. (2009) 'Master of Science in Engineering Cybernetics Modeling and Simulation of Anchor Handling Vessels'.

ARNE MYKLEBUST, T. and ALF KÅRE, Å. (no date) 'ABB Generations\_24 Parallel hybrid propulsion for AHTS'. Dispoñible en:  
[https://library.e.abb.com/public/d4355c6a83641884c1257a8a003c5ada/ABB%20Generations\\_24%20Parallel%20hybrid%20propulsion%20for%20AHTS.pdf](https://library.e.abb.com/public/d4355c6a83641884c1257a8a003c5ada/ABB%20Generations_24%20Parallel%20hybrid%20propulsion%20for%20AHTS.pdf) (Accedido: 25 Maio 2023).

Ashraf, M. *et al.* (2015) 'International Journal of Multidisciplinary and Current Research Theoretical and Experimental Measurements of Bollard Pull with Emphasis on Propeller Dimensions', *J. of Multidisciplinary and Current research*, 3. Dispoñible en:  
<http://ijmcr.com>.

Babicz, J. (2015) *Wärtsilä encyclopedia of ship technology*. Wärtsilä Corporation.

COREWIND. (2020) *Review of the state of the art of mooring and anchoring designs*.

Crowle, A. and Thies, P.R. (2021) *CELTIC SEA-INSTALLATION OF FLOATING OFFSHORE WIND TURBINES*.

Crowle, A.P. and Thies, P.R. (2021) *CHALLENGES DURING INSTALLATION OF FLOATING WIND TURBINES*.

*Damen Unveils Beastly 200T Bollard Pull Anchor Handler* (no date). Dispoñible en:  
<https://gcaptain.com/damen-unveils-beastly-200t-bollard/> (Accedido: 6 Xuño 2023).

DOCK90 (2021) *INSTALLING FLOATING WIND - EPISODE 2: MOORING LINES PRE-LAY OPERATION - YouTube*. Dispoñible en: [https://www.youtube.com/watch?v=0wCyVTg\\_eA](https://www.youtube.com/watch?v=0wCyVTg_eA) (Accedido: 13 Xuño 2023).

E - Motion Marine (2023) *Parallel Hybrid Marine Yacht Propulsion*. Dispoñible en:  
<https://www.e-motion-hybrid.com/parallel-hybrid-functions> (Accedido: 12 Xuño 2023).

*El naufragio del Bourbon Dolphin | LinkedIn* (no date). Dispoñible en:  
<https://www.linkedin.com/pulse/el-naufragio-del-bourbon-dolphin-david-cisneros-ardura/?originalSubdomain=es> (Accedido: 7 Xuño 2023).

Fairmount Marine (no date) *Fairmount Marine - Offshore Technology*. Dispoñible en:  
<https://www.offshore-technology.com/contractors/logistics/fairmountmarine/> (Accedido: 12 Xuño 2023).

GOMO (2023) *GOMO | Guidelines for Offshore Marine Operations (GOMO)*. Disponible en: [https://g-omo.info/?page\\_id=2](https://g-omo.info/?page_id=2) (Accedido: 5 Xuño 2023).

Google (no date) *ahts swivel - Busca de Google*. Disponible en: [https://www.google.com/search?q=ahts+swivel&ei=B\\_uBZJyIJLyDkdUPjJWD6Ak&ved=0ahUKEwjcp6LFhbT\\_AhW8QaQEHYzKAJ0Q4dUDCA8&uact=5&oq=ahts+swivel&gs\\_lcp=Cgxnd3Mtd2l6LXNlcnAQAzoKCAAQRxDWBBCwAzoKCAAQigUQsAMQQzoFCAAQogRKB AhBGABQzwVY1wlgug1oAXABeACAAaoBiAHhBJIBAzAuNZgBAKABAcABAcbBCQ&scclient=gws-wiz-serp#imgrc=5kqv9falGPHmxM](https://www.google.com/search?q=ahts+swivel&ei=B_uBZJyIJLyDkdUPjJWD6Ak&ved=0ahUKEwjcp6LFhbT_AhW8QaQEHYzKAJ0Q4dUDCA8&uact=5&oq=ahts+swivel&gs_lcp=Cgxnd3Mtd2l6LXNlcnAQAzoKCAAQRxDWBBCwAzoKCAAQigUQsAMQQzoFCAAQogRKB AhBGABQzwVY1wlgug1oAXABeACAAaoBiAHhBJIBAzAuNZgBAKABAcABAcbBCQ&scclient=gws-wiz-serp#imgrc=5kqv9falGPHmxM) (Accedido: 8 Xuño 2023).

Green Pin Tycan (no date) *Green Pin Tycan® Sling Hook CL GR10 - Green Pin*. Disponible en: <https://www.greenpin.com/en/product/green-pin-tycanr-sling-hook-cl-gr10> (Accedido: 12 Xuño 2023).

Holvik, J. and Simrad Basics of, K.D. (1998) *BASICS OF DP Basics of Dynamic Positioning*.

IMAT (2019) 'Student Manual Basic DP Induciton Course Rev6.2'.

IMCA (1994) *International Maritime Organization Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems*. Disponible en: [www.imca-int.com/AB](http://www.imca-int.com/AB).

IMCA (2017) *Guidelines for The Design and Operation of Dynamically Positioned Vessels IMCA M 103 Rev. 3*. Disponible en: [www.imca-int.com/marine](http://www.imca-int.com/marine).

*International Maritime Organization* (2023). Disponible en: <https://www.imo.org/> (Accedido: 31 Maio 2023).

Johanis W V Karundeng (2019) *PCP (permanent Chasing Pennant) - YouTube*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=wU1feqclYaU> (Accedido: 13 Xuño 2023).

John Snyder (2020) *Riviera - News Content Hub - Low drilling activity in UK North Sea impacts AHTS spot market*. Disponible en: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/low-drilling-activity-in-uk-north-sea-impacts-ahts-spot-market-62489> (Accedido: 13 Xuño 2023).

Kongsberg (2023) *Kongsberg AHTS Shark Jaws*. Disponible en: <https://www.kongsberg.com/zh-hans/maritime/products/deck-machinery-and-cranes/deck-machinery/anchor-handling-vessels/shark-jaws-ahts/> (Accedido: 5 Xuño 2023).

Kongsberg Maritime (2009) *Introduction to DP*.

Liu, Y. *et al.* (2016) 'Developments in semi-submersible floating foundations supporting wind turbines: A comprehensive review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, pp. 433–449. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.109>.

MAERSK (2020) *Floating wind turbine installation - YouTube*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=ZNy9F3j-Yyw> (Accedido: 20 Xuño 2023).

MAERSK SUPPLY SERVICE (2021) *FPSO Towing and Mooring Installation - MAERSK*.  
Dispoñible en: <https://www.youtube.com/watch?v=zdgkL3Urv1c> (Accedido: 31 Maio 2023).

MAERSK TRAINING (2003) *Anchor Handling Simulation Course*.

Minchev, A., Ring Nielsen, J. and Lundgren, E. (2009) *Ducted Propeller Design and Verification for Contemporary Offshore Support Vessels*.

NAVANTIA (2021) *NAVANTIA WindFloat Project - YouTube*. Dispoñible en:  
[https://www.youtube.com/watch?v=bekqd3z\\_tws](https://www.youtube.com/watch?v=bekqd3z_tws) (Accedido: 13 Xuño 2023).

Norway Maritime (2023) *Massive Norwegian AHTS Ship in Action! The life of a Sailor! Operation and accommodation! - YouTube*. Dispoñible en:  
<https://www.youtube.com/watch?v=KM0x5m0pdpk> (Accedido: 21 Xuño 2023).

OMI (2021) *Sub-Committee on Navigation, Communications and Search and Rescue (NCSR), 8th session, 19-23 April 2021*. Dispoñible en:  
<https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/NCSR-8th-session.aspx> (Accedido: 6 Xuño 2023).

SAFETY4SEA (no date) *Bourbon Dolphin: A tragic example of ISM non-compliance - SAFETY4SEA*. Dispoñible en: <https://safety4sea.com/cm-bourbon-dolphin-a-tragic-example-of-ism-non-compliance/> (Accedido: 7 Xuño 2023).

SIEM Offshore (2009) *AHTS VS491 CD*.

*Stern Rollers | PALFINGER MARINE* (no date). Dispoñible en:  
<https://www.palfingermarine.com/en/deck-equipment/lifting-and-handling-equipment/stern-rollers> (Accedido: 6 Xuño 2023).

Thor I. Fossen (2002) 'Lecture Notes: TTK 4190 Guidance, Navigation and Control of Vehicles'.

*Towing pins - Damen Marine Components* (no date). Dispoñible en:  
<https://www.damenmc.com/towing-pins/> (Accedido: 6 Xuño 2023).

Wärtsilä (2009) *AHTS SIEM PEARL*. Dispoñible en:  
<https://www.wartsila.com/encyclopedia/term/ahts-siem-pearl> (Accedido: 25 Maio 2023).

## DEFINICIÓNS E ABREVIATURAS

*Anchor Handling*: Manexo de áncoras.

*Chaser Chain*: Terminación do PCP en forma de anel que permite correr a través da cadea da áncora ata o comezo da mesma.

*COLREGs*: Código de prevención de abordaxes.

*Hook – Up*: Conexión do sistema *Pre – Lay* instalado nunha localización específica, ca chegada da MOU remolcada polos AHTSs a devandita posición.

*Jack Up*: Unidade autoelevada da industria offshore.

*Kentle Shackle*: Tipo de enlace desmontable nunha cadea.

*Nozzle*: Tobera

*Offshore*: Mar a dentro.

*Pear Link*: Tipo de enlace desmontable nunha cadea.

*Pre – Lay*: Instalación de áncoras e cadea asociada no fondo mariño antes da chegada da MOU á localización

*Semi – Sub*: Semi – Submersible.

*Sharkjaw*: Elemento sobre do que se fixan cables de traballo e cadeas para a súa operativa segura na cuberta dos AHTS.

*Socket*: Terminación do cable de traballo, o cal permite a conexión cos elementos a virar ou largar polo buque AHTS.

*TAS/RAS*: Tipo de enlace desmontable nunha cadea.

*Tow Master*: Responsable da MOU durante a operación de remolque, previa delegación do OIM na súa persoa.

*Winch House*: Localización do conxunto dos winches.

*Winch*: Sistema de virado dos cables de traballo/cadeas dos AHTS.

AHTS: Anchor Handling Tug Supply.

DP: Dynamic Positioning.

FPSO: Floating Production Storage Offshore.

FSO: Floating Storage Offshore.

HSE: Health Safety Environmental.

MOU: Mobile Offshore Unit.

OIM: *Offshore Installation Manager*. Homólogo ao Capitán dun buque a bordo dunha MOU.



PCP: Permanent Chaser Pendant.

PSV: Platform Supply Vessel.

ROV: Remotely Operated Underwater Vehicles.

## ÍNDICE DE TÁBOAS

Táboa 3.3.9.1: Relación entre tipo de cadea e tensión máxima a aplicar en función dos tipos de fondo (MAERSK TRAINING, 2003).....	46
Táboa 4.2.1: Características dos Pre – Lays en diferentes localizacións. (COREWIND., 2020).....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.1.:Diagrama de propulsión mecánica directa (ARNE MYKLEBUST and ALF KÅRE, no date) .....	8
Figura 1.1.2.: Diagrama de propulsión diésel eléctrica(ARNE MYKLEBUST and ALF KÅRE, no date)) .....	8
Figura 1.1.3.: Diagrama de propulsión híbrido - paralela (combinación diésel - mecánica e eléctrica) (ARNE MYKLEBUST and ALF KÅRE, no date) .....	9
Figura 1.1.4. : Configuración Híbrido paralela para aforro de combustible (E - Motion Marine, 2023). .....	9
Figura 1.1.5.: Configuración híbrido paralela para máxima potencia (E - Motion Marine, 2023).....	10
Figura 1.2.1 : Disposición ideal de hélices Principais, túneles e acimutais retráctiles dun buque con DP (Thor I. Fossen, 2002).....	11
Figura 1.3.1.1: Graos de liberdade de movemento do buque (Kongsberg Maritime, 2009).....	12
Figura 1.3.1.2 funcionamento sinal GNSS e DGNSS (IMAT, 2019) .....	13
Figura 1.3.1.3: Compoñentes do sistema Cyscan (IMAT, 2019).....	14
Figura 1.3.1.4: Variacións da posición do receptor de posición con respecto á posición real do buque (IMAT, 2019) .....	14
Figura 1.3.1.5: Forzas que desprazan o buque da posición de referencia e graos de liberdade do buque (Holvik and Simrad Basics of, 1998) .....	15
Buque AHTS, Operacións Clásicas e Perspectiva de Futuro	57

Figura 1.4.1 Tripulación preparando o Cable de Traballo a bordo dun AHTS (Anchor-handling Tug Supply AHTS vessel crew preparing vessel towing wire for static tow tanker lifting. Ocean tug job. AB or Bosun at work Stock Photo - Alamy, no date).....	17
Figura 1.4.2: AHTS winch, da fabricante DAMEN e situación a bordo (Damen Unveils Beastly 200T Bollard Pull Anchor Handler, no date).....	18
Figura 1.4.3 e 1.4.4 : Rodillo de popa e Pins de Guía dun AHTS (Stern Rollers   PALFINGER MARINE, no date)(Towing pins - Damen Marine Components, no date)....	18
Figura 1.4.1: Operativa de Shark Jaws retráctiles a bordo dun AHTS (Kongsberg, 2023) .....	19
Figura 1.5.1: Hook - Up realizado por un ROV no proceso de comisión dunha FPSO (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021) .....	19
Figura: 1.6.1: Winches e cables de traballo Siem Pearl ((SIEM Offshore, 2009) .....	20
Figura 1.6.2: Equipo de anchor handling e grúas Siem Pearl (SIEM Offshore, 2009)....	21
Figura1.6.3: Almacenamento de cadea para anchor handling do Siem Pearl (SIEM Offshore, 2009).....	21
Figura 3.1 : Imaxes do AHTS Bourbon Dolphin en operacións, e tras a súa zozobra o 12 de Abril do 2007 (SAFETY4SEA, no date; El naufragio del Bourbon Dolphin   LinkedIn, no date) .....	24
Figura 3.1.1: Exemplo da relación entre Compañía Explotadora dos Recursos e Compañía Operadora da MOU. ....	24
Figura 3.1.3.1: Carga de áncoras a bordo dun AHTS (DOCK90, 2021).....	31
Figura 3.3.5.1: Sistema Pre - Lay, empregado para a posterior conexión a unha FPSO (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021). ....	32
Figura 3.3.5.2: Áncora posicionada no rodillo de popa.      26	Figura 3.3.5.3: Comezo do filado de cadea nun Pre-lay .....
Figura 3.3.5.4: Supervisión ROV do posicionamento da áncora sobre o fondo (DOCK90, 2021).....	33
Figura 3.3.5.6 e Figura 3.3.5.7: Cadea fixada en cuberta nun Sharkyaw e apertura dun Kentle Shackle (Norway Maritime, 2023).....	34
Figura 3.3.5.8 : Correcta instalación dun xiratorio no cable de traballo acorde ás GOMO Guidelines (GOMO, 2023).....	34

Figura 3.3.5.9: Sistema recomendado para realizar a tensión dun Pre -Lay acorde ás GOMO Guidelines (Google, no date).....	34
Figura 3.3.6.1 : Remolque dunha MOU por parte de varios AHTS.(Fairmount Marine, no date).....	35
Figura 3.3.7.1: Remolque dunha FPSO por varios AHTS (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021) .....	37
Figura 3.3.7.2: Posicionamento da FPSO sobre o sistema Pre-Lay (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021).....	38
Figura 3.3.7.3: Posicionamento do buque AHTS que realizará o Hook – Up (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021) .....	38
Figura 3.3.7.4: ROV a punto de realizar o Hook Up do Sling Hook ca eslinga da boia de marca. (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021) .....	39
Figura 3.3.7.5 : Cable de traballo de estribor largado, coa lonxitude de cadea final conectada ao gancho para posterior virado da cadea Pre – Lay (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021).....	39
Figura 3.3.7.6: Gancho tipo Hook Sling (Green Pin Tycan, no date) e Figura 3.3.7.7: Enganche da eslinga da boia de marca co Sling Hook (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021) .....	40
Figura 3.3.7.8: Cadea do Pre – Lay virada e feita firme en cuberta. Na banda de babor atópase xa largado o segundo cable de traballo para enganchar e virar posteriormente a catenaria da FPSO (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021). .....	40
Figura 3.3.7.9: Catenaria largada pola FPSO 42 Figura 3.3.7.10: Conexión cable de traballo e catenaria da FPSO (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021).....	41
Figura 3.3.7.11: Catenaria da FPSO virada en cuberta e cadea do Pre – Lay fixada nos Sharkyaws de estribor.(MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021).....	41
Figura 3.3.7.12: Cadea de Pre – Lay e catenaria da FPSO fixadas en cuberta e unidas a través dun enlace acorde á especificación de traballo. Cable de traballo central en tensión para liberar os Sharkyaws. (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021) .....	41
Figura 3.3.7.13 Liberación de Sharkyaws e Guide Pins , 46Figura 3.3.7.14: Largado de cable de traballo central (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021) .....	42
Figura 3.3.7.15: Desconexión final por parte do ROV (MAERSK SUPPLY SERVICE, 2021). .....	42
Buque AHTS, Operacións Clásicas e Perspectiva de Futuro	59

Figura 3.3.8.1 : Chaser pendants e Figura 3.3.8.2: Áncora e Chaser Pendant a bordo dun AHTS (Johanis W V Karundeng, 2019) .....	43
Figura 3.3.8.3: Estrutura dun PCP acorde ás GOMO Guidelines (GOMO, 2023).....	43
Figura 3.3.8.4: Buque aproximando Semi-Sub para recoller o PCP (Norway Maritime, 2023) .....	43
Figura 3.3.8.5: Posicionamento da áncora no rolín e comezo de filado de cadea por parte da Semi-Sub e avance do AHTS (MAERSK TRAINING, 2003).....	44
Figura 3.3.8.6: Filado de toda a cadea e largado de 500m adicionais de cable da Semi – Sub, e avance do AHTS mantendo tensión (MAERSK TRAINING, 2003).....	44
Figura 3.3.8.7: Largado de 500m de cable de traballo por parte do AHTS mantendo tensión, e largado de 1.3 veces a sonda, liberando tensión(MAERSK TRAINING, 2003). .....	45
Figura 3.3.8.8 Aplicación de tensión para estender a cadea, para posteriormente reducir dita tensión e deixar establecida a áncora no fondo (MAERSK TRAINING, 2003). .....	45
Figura 3.3.8.9: Chain chaser a través da cadea no seu retorno á Semi-Sub e Figura 3.3.8.10 Chain Chaser na Semi-Sub (MAERSK TRAINING, 2003).....	46
Figura 5.1.1: Tipos de estruturas eólicas mariñas (A. Crowle and Thies, 2021).....	48
Figura 4.3.1: Diferentes configuracións para estruturas semi-somexibles (Liu et al., 2016).....	49
Figura 4.3.2 Estrutura flotante chegada a porto e Figura 4.3.3, ca turbina ensaamlada (NAVANTIA, 2021)61.....	50
Figura 4.3.4: Remolque da unidade ensamblada á localización offshor (NAVANTIA, 2021).....	50
Figura 4.4.1. : Mensaxeiro da estrutura eólica para ser conectado ao cable eléctrico (MAERSK, 2020) .....	51
Figura 4.4.2. : Conexión do mensaxeiro co cable eléctrico a bordo do AHTS adaptado para o largado do cable (MAERSK, 2020). .....	51
Figura 4.4.3 e Figura 4.4.4 Virado do mensaxeiro conectado ao cable eléctrico cara a estrutura (MAERSK, 2020) .....	51