

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

SECCION XII

CONDICIONES DE PERMANENCIA DE LA NAVE EN EL MUELLE

12.1 FACTORES DINAMICOS DEL MEDIO

Los factores dinámicos del medio en las aguas del litoral peruano, están determinados principalmente por el sistema de vientos del Anticiclón del Pacífico Sur Oriental (APSO), cuya ubicación y aumento de intensidad, trae como consecuencia en los meses de invierno, el fortalecimiento de los vientos superficiales del Sur, la persistencia de cielo cubierto y neblinas en áreas costeras; así como frecuentes oleajes anómalos en zonas costeras del Perú.

En condiciones normales de estado de mar los factores dinámicos del medio ambiente en el área de operaciones del Muelle de Carga Liquida, están constituidos por corrientes de marea con direcciones predominantes hacia el Sur y Sureste en pleamar y hacia el Noroeste en bajamar, con variaciones estacionales debidas a la variación de la termoclina.



Como se explica en la Sección II del presente Estudio, el oleaje, en el Muelle de Carga Liquida, que es el factor que genera mayores esfuerzos al dispositivo de amarre, tiene un comportamiento especial, determinado por la conformación del fondo marino y la dirección de incidencia del oleaje de mar de fondo sobre la Punta Rocallosa.

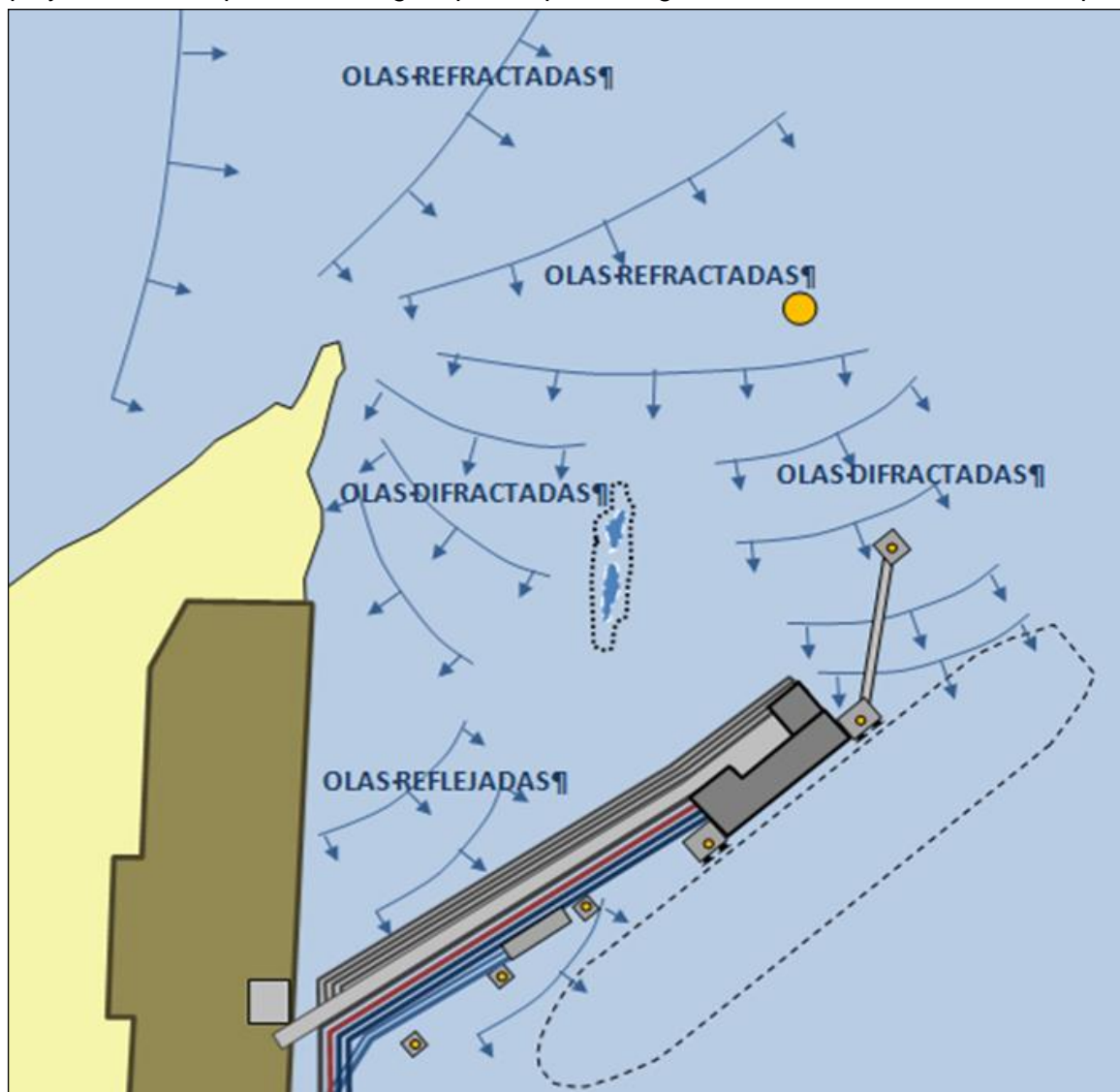
Las olas de mar de fondo, que llegan al MCLT, pasan frente a la playa Punta Arenas con una dirección NE, y al llegar a Punta Rocallosa se refractan, cambiando de dirección hacia el Este y luego al Sureste.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

Una parte de esas olas continúan su recorrido incidiendo sobre la popa del buque amarrado, mientras que la otra parte, que continua su proceso de refracción, inciden sobre el promontorio rocoso conocido como Isla Roca donde se difractan formando dos frentes de olas, uno que se dirige hacia el muro del terraplén ubicado en la parte posterior de la plataforma de carga donde se refleja para luego incidir sobre la proa del buque, y otro que incide sobre el centro del buque amarrado.

Este comportamiento del oleaje se acentúa en horas de marea alta y también tiene efectos durante la marea baja, cuando la zona frente al terraplén no se encuentra arenada, lo cual ocurre estacionalmente.

El arenamiento de la zona frente al terraplén disminuye el efecto de las olas reflejadas ya que impide que estas alcancen el muro del terraplén, al correr sobre la pendiente de la playa de arena, que las amortigua, por lo que no llegan a rebotar en el muro del terraplén.





ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

En la ubicación del Muelle de Carga Líquida los factores dinámicos del medio que se describen en párrafos anteriores especialmente del oleaje generan esfuerzos en el dispositivo de amarre y en ocasiones en que se producen oleajes irregulares o braveza de mar, estos esfuerzos sobrepasan la capacidad de las espías las cuales terminan por romperse.

Las condiciones de oleaje irregular son anunciadas por la DHNM, para las zonas norte, centro y sur del litoral peruano con anticipación no menor de cuarenta y ocho (48) horas; sin embargo, dichas condiciones anunciadas no afectan del mismo modo a todos los puertos, ya que su efecto depende de la ubicación de la bahía, de los accidentes geográficos en el litoral cercano tales como puntas, islas, conformación del fondo marino etc. y de la dirección proveniente del oleaje.

Cuando existe la posibilidad de que las condiciones adversas de mar pongan en riesgo al buque amarrado o a las instalaciones del Muelle de Carga Líquida, la autoridad competente dispone el cierre del puerto; sin embargo, en repetidas ocasiones, ocurre que un buque ingresa en condiciones normales y de pronto las condiciones cambian drásticamente durante la permanencia del buque, generando situaciones de riesgo para el buque y la instalación.

Con el advenimiento del fenómeno de calentamiento global, las condiciones adversas de mar se hacen cada vez más frecuentes e intensas, por lo que es necesario tomar las precauciones necesarias para proteger a los buques y a las instalaciones portuarias.

Por tales razones, es necesario establecer parámetros que permitan tomar la decisión de retirar al buque o no permitir su ingreso aun cuando la autoridad no haya cerrado el puerto. A continuación se indican los parámetros que pueden servir:

Máxima altura de ola permisible (medida en el dolphin 6)

Hs = 1.00 metros cuando el frente de muro del terraplén queda cubierto por el agua.

Hs = 1.50 metros cuando el frente de muro del terraplén se encuentra arenado de modo que el oleaje no llega a rebotar el el muro del terralén.

Máxima velocidad permisible de viento

Cuando la velocidad del viento supera los 20 nudos se deberá proceder a desconectar brazos de carga y mangueras

Si el viento indica por la proa del buque o por la amura o por la cuadra de babor de babor, si el oleaje no alcanza el límite permisible es más seguro que el buque refuerce amarras y permanezca en el amarradero, pero si el oleaje supera el límite permisible y se producen fuertes movimientos de guiñada, apartamiento y balance por efecto de las olas, aun cuando el viento sople por babor el Capitán de la nave asesorado por el Practico deberá evaluar los riesgos de maniobra en las condiciones reinantes para planificar la salida o determinar si el buque deb permanecer en el muelle reforzando amarras.

Máxima velocidad permisible de corriente

La fuerza de la corriente es permanente oporl o que no influye directamente en los movimientos del buque, pero genera una tendencia del buque a pegarse o a apartse del muelle

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

La influencia de la corriente sobre el buque aumenta cuando el espacio bajo la quilla disminuye, por lo que en horas de bajamar el Practico evaluará si la suma de los efectos de viento y corriente pueden constituir riesgo para la permanencia o para la maniobra de salida del buque, y asesorará al capitán de la nave para determinar la acción mas apropiada y menos riesgosa.

12.2 MEDIOS PARA DETERMINAR CONDICIONES DE OPERACIÓN

En el Muelle de Carga Liquida aún no se han instalado medios para lectura de los parámetros ambientales viento, olas y corrientes, con los que se podría determinar las condiciones de operación del buque y el grado de riesgo para su ingreso o permanencia en el muelle.

Para la seguridad de las operaciones en el Muelle de Carga Liquida es necesario contar con información inmediata en tiempo real del comportamiento de los factores ambientales, y mantener un registro de datos vientos, olas y corrientes, contar información inmediata, que permita optimizar las condiciones de permanencia del buque, y prevenir incidentes, para lo cual es necesario será contar con una regla mareográfica un correntómetro portátil y un anemómetro, instalados en un lugar apropiado del dolphin N°6, donde no interfieran con las maniobras de ingreso y salida del buque-



12.3 TAMAÑO DE BUQUES QUE PUEDEN INGRESAR AL MCL

En el Muelle de Carga Liquida de Talara se ha dispuesto que solo pueden amarrar en condiciones seguras, buques desde 70 hasta 193 metros de eslora, debiendo adaptarse el dispositivo de amarre a la eslora de cada buque.

Asimismo, dentro de los requisitos que deben tener las naves que arriban al Muelle de Carga Liquida se encuentran las características, diámetros resistencia y cantidad de espías de amarre, los winches de amarre bitas y guías de cabos en proa y popa, que son los elementos con los que se amarra el buque al muelle.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

12.4 DISPOSITIVOS DE AMARRE EN EL MCLT

12.4.1 REQUISITOS DE UN DISPOSITIVO DE AMARRE

Un dispositivo de amarre, para ser adecuado y eficiente tiene que tener las siguientes características:

- Resistir esfuerzos del buque en todas las direcciones
- Los esfuerzos en cada dirección y en cada momento deben ser soportados por suficientes elementos.
- Las fuerzas que actúan sobre el dispositivo de amarre se distribuyen entre las espías de amarre según su dirección y sentido, debiendo las espías amarradas a un mismo dolphin distribuirse el esfuerzo lo más homogéneamente posible.
- El dispositivo de amarre debe resistir los esfuerzos producidos por fuerzas ambientales, aun en condiciones adversas de mar.
- El dispositivo de amarre debe adaptarse a los cambios de marea y calado.
- El dispositivo de amarre debe reducir al mínimo los movimientos del buque, principalmente los movimientos de guiñada, de apartamiento y de oscilación longitudinal.

12.4.2 DESCRIPCION DE LOS DISPOSITIVOS DE AMARRE EN EL MCLT

El Muelle de Carga Liquida está ubicada en el sector Sur Oeste de la bahía de Talara, posición en la cual cómo se explica en el numeral 7.1 está afectado por olas refractadas, difractadas y reflejadas.

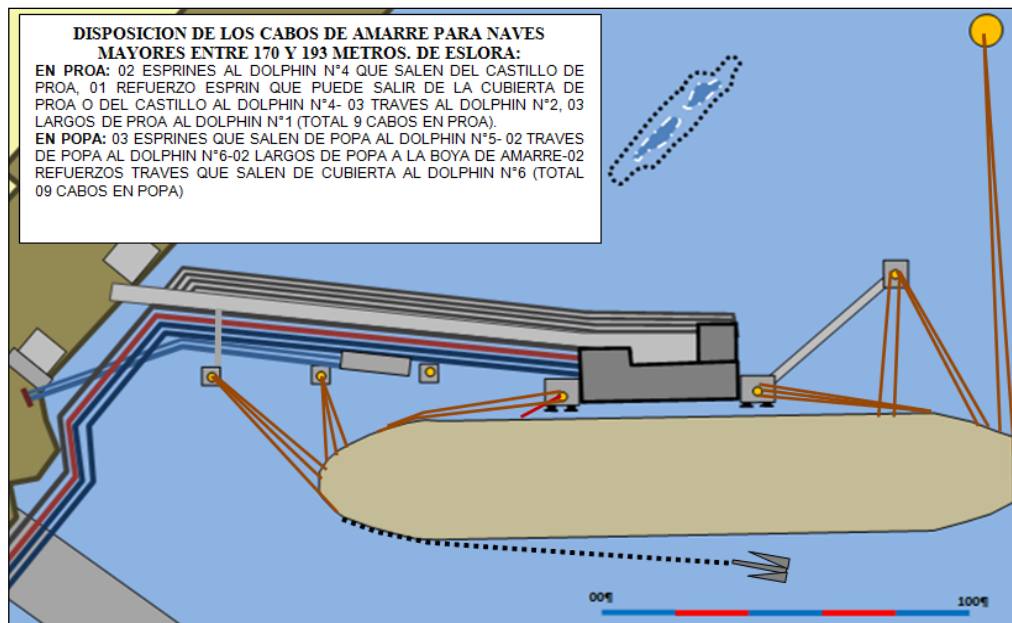
El frente de atraque del Muelle de Carga Liquida orientada en dirección 230° está dotado de dos pares de defensas instalados en los dolphins 4 y 5 a ambos lados de la plataforma de carga, los puntos de amarre en los que se sujetan las espías del buque son bitas cilíndricas con cruceta superior instaladas en el centro de cada uno de los 6 dolphins de amarra del muelle, en los que se incluyen los dolphins 4 y 5 que son dolphins de amarra y defensa.

El dispositivo de amarre de este muelle no es simétrico por lo que en condiciones adversas de mar se producen diferentes esfuerzos en las espías, dando lugar a que las espías que trabajan con mayor fuerza, debido a la incidencia por la banda de estribor del buque de olas refractadas, difractas y reflejadas, la distancia entre las defensas más cercanas de los dolphins es de 48 metros por lo que un buque menor de 70 mts. de eslora no podría acoderar al muelle debido a que las partes curvas del casco coincidirían con las defensas dando lugar a un mal funcionamiento de las defensas y posible deterioro del casco y de las defensas.

A continuación se muestran gráficos de los dispositivos de amarre en el Muelle de Carga Liquida correspondientes a los buques según su eslora:

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

DISPOSITIVO DE AMARRE PARA BUQUE ENTRE 170 Y 193 METROS DE ESLORA



El dispositivo de amarre para buques mayores de 170 metros es el más simétrico y está compuesto por los siguientes elementos; Tres largos de proa, que salen de las guías de cabos de proa babor y centro, para tener la mayor longitud posible.

Tres traveses de proa, que resultan con un ángulo pronunciado respecto al plano horizontal debido a la altura del castillo de proa y a la corta distancia de la proa al dolphin N°2, por lo que deben ser controlado permanentemente para ajustar los cabos según los cambios de marea y de calado del buque.

Los esprines de este tipo de buque, que son los que resisten los mayores esfuerzos son adecuados en longitud y ángulo de trabajo.

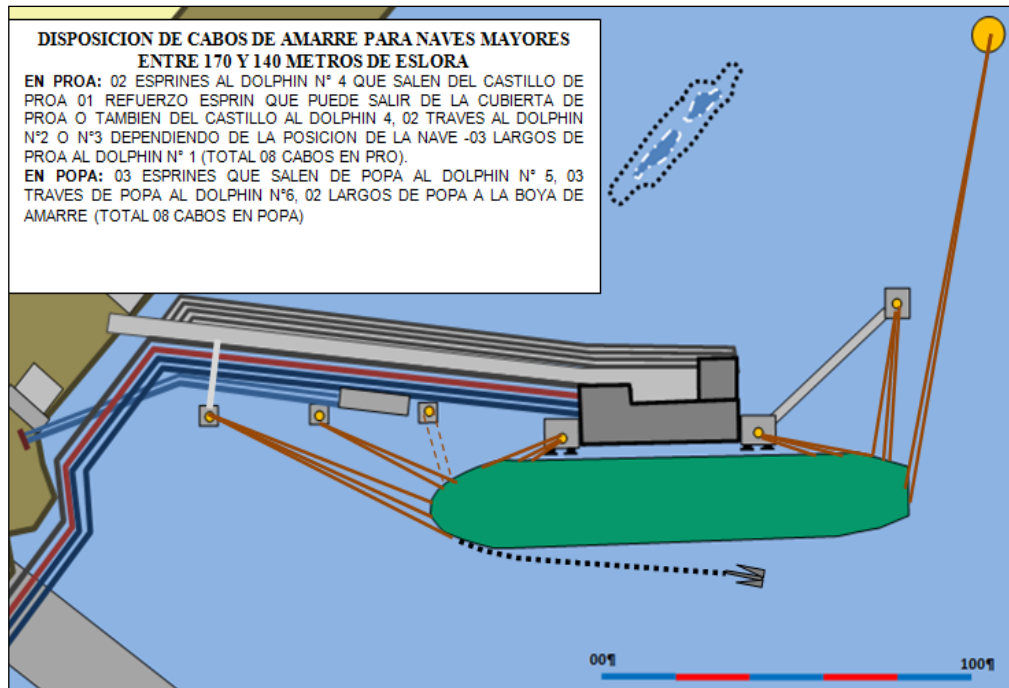
Dos traveses de popa al dolphin N°6 que salen de la guía de cabos de popa estribor del buque, para trabajar perpendicularmente al casco y dos espías de refuerzo, que van de la guía de cabos de popa estribor al dolphin N°6.

Dos cabos largos transversales a la boya de amarre como refuerzo para resistir los esfuerzos producidos por el oleaje que incide directamente por popa estribor

En este dispositivo de amarre los únicos elementos que contienen los movimientos del buque hacia proa son los espines de proa y la cadena del ancla de babor, que son elementos elásticos por lo que también se producen movimientos de retorno hacia popa que son contenidos por los esprines de popa y los largos de proa.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

DISPOSITIVO DE AMARRE PARA BUQUES ENTRE 140 Y 169 METROS DE ESLORA



El dispositivo de amarre para buque de eslora menor de 170 metros, permite colocar largos de proa adecuados pero el través de proa resulta muy corto por lo que se coloca solo en caso necesario para soportar el embate de las olas reflejada y requiere un estrecho control de cabos.

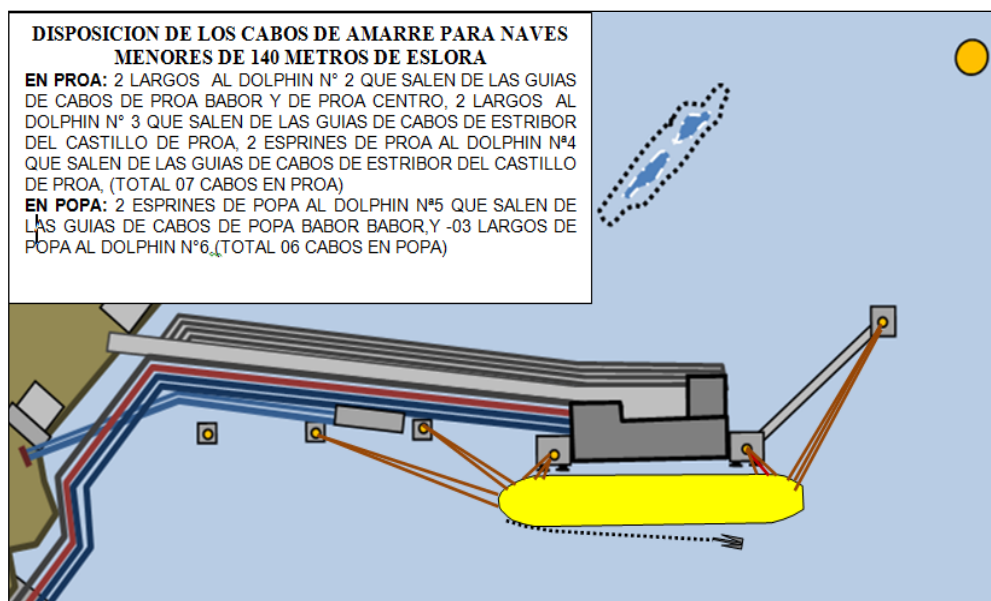
Igualmente por el tamaño el buque los esprines resultan cortos, por lo que su ángulo respecto al plano horizontal es pronunciado, siendo afectados por las variaciones de altura que generan los cambios de calado y la variación de marea.

Al igual que en los otros dispositivos de amarre, no se existen puntos de amarre para colocar largos de popa pero los traveses al dolphin 6 y a la boya de amarre de popa funcionan adecuadamente para soportar el embate del oleaje refractado que incide por popa estribor del buque.

En este caso los esfuerzos que generan los movimientos longitudinales del buque hacia proa son resistidos solamente por los esprines de proa y por la cadena del ancla de babor, pero por ser los esprines muy cortos tienen poca elasticidad, mientras que la cadena del ancla por su naturaleza tiene una gran elasticidad. Cuando se producen movimientos aproa de mayor amplitud, esta diferencia de elasticidad puede ocasionar la ruptura de los esprines de proa.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

DISPOSITIVO DE AMARRE PARA BUQUES MENORES DE 140 METROS



Los largos de proa trabajan bien por lo que los movimientos del buque hacia proa son bien controlados; sin embargo los esprines de proa y popa son muy cortos por lo que deben ser estrictamente controlados, los esprines de proa tiene especial relevancia porque son el único medio en estribor para contener la contención de los movimientos del buque hacia proa mientras que la cadena del ancla de babor comparte el esfuerzo por esta banda, por lo que la diferencia de elasticidad con la cadena del ancla puede ocasionar la ruptura de los esprines de proa.

12.4.3 TRABAJO DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO DE AMARRE

A continuación se describe el trabajo de cada uno de los elementos del dispositivo de amarre del Muelle de Carga Líquida en el dispositivo de amarre para buque mayores de 140 metros siendo el trabajo de las espías similar para las espías que corresponden a los buques de menor tamaño.

LARGO DE PROA

Esta espía genera componentes longitudinales y transversales que actúan simultáneamente resistiendo esfuerzos generados por el buque amarrado.

Los esfuerzos longitudinales del buque hacia popa, que son resistidos por la componente longitudinal del esfuerzo del largo de proa, son compartidos con los esprines de popa y la espía de popa del través de popa al dolphin 6 y contrarrestados por el esprín de proa y la componente longitudinal de la espía de popa del través popa que también va al dolphin N°6.

Los esfuerzos transversales generados por el buque en proa, son resistidos por la componente transversal del largo de proa y compartidos con el través de proa, siendo contrarrestados por las defensas que soportan la presión del casco del buque generada por los esfuerzos transversales de las espías.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

Por otra parte, los movimientos de guiñada hacia estribor, que pueden ocasionar las olas que inciden por la amura de babor, son resistidos por la componente transversal del largo de proa son compartidos con el través de proa y contrarrestados por las defensas de popa.

TRAVÉS DE PROA

Esta espía genera solamente una componente transversal, que actúa resistiendo los esfuerzos transversales de apartamiento de la proa del buque, este esfuerzo resistente es compartido con la componente transversal del largo de proa, y contrarrestado por las defensas de proa. Los movimientos de guiñada a estribor, producen momentos de esfuerzo que son resistidos por la suma de los momentos de las fuerzas resistentes del través de proa, de la componente transversal del largo de proa y del empuje de las defensas de proa.

ESPRINES

El esprín de proa tiene una componente transversal insignificante, por lo que no se toma en cuenta, mientras que su componente longitudinal, es el principal elemento de resistencia a los esfuerzos producidos por los movimientos de retorno del buque hacia adelante, producido por el oleaje y la elasticidad del dispositivo de amarre.

ESPRÍN DE POPA

El esprín de proa tiene una componente transversal insignificante por lo que no se toma en cuenta. La componente longitudinal de esta espía, actúa soportando los esfuerzos producidos por los movimientos del buque hacia atrás, que en este caso son producidos por el movimiento de retorno del buque después del paso de las olas y por la corriente y el viento cuando actúan por proa.

TRAVERSESES DE POPA

Estas espías generan solamente una componente transversal, que actúa resistiendo los esfuerzos transversales de apartamiento de la popa del buque, este esfuerzo resistente, es compartido con la componente transversal del largo de popa, y contrarrestado por las defensas de popa.

Los movimientos de guiñada a babor, producen momentos de esfuerzo que son resistidos por la suma de los momentos de las fuerzas resistentes del través de popa, de la componente transversal del largo de popa y del empuje de las defensas de proa.

En este caso, no se considera espías colocadas como Largo de Popa, porque debido a la poca eslora del buque, las espías tendidas desde la popa del buque al dolphin N°6 cumplen la función de través y de largo de popa, lo cual es aceptable debido al poco tamaño y peso del buque.

12.4.4 TRABAJO DE LAS DEFENSAS

El Muelle de Carga Líquida está dotado de 4 paneles de defensas, tipo V-Fender, ubicadas en las plataformas de amarre 4, y 5, dos en cada plataforma de atraque a ambos lados de la plataforma de carga, estando la amortiguación de cada defensa constituido por tres bloques MV de caucho sintético de alta resistencia, las cuales tienen alta capacidad de acumulación de energía por lo que pueden soportar cualquier esfuerzo del buque amarrado contra el muelle, por lo que constituyen elementos de soporte para esfuerzos transversales del buque.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

En condiciones normales, con las espías trabajando correctamente, el casco del buque apoya simultáneamente en las cuatro defensas por lo que la fuerza transversal que ejerce el casco del buque sobre las defensas se reparte proporcionalmente entre las cuatro defensas, con pequeñas variaciones.

12.5 FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL BUQUE AMARRADO

12.5.1 FUERZAS DEMANDANTES Y FUERZAS RESISTENTES

Un buque amarrado en un muelle constituye un sistema elástico, sobre el que actúan permanentemente las fuerzas ambientales, produciendo movimientos y fuerzas sobre el buque, las cuales se transmiten al dispositivo de amarre. Si los esfuerzos producidos superan la resistencia de los elementos del dispositivo de amarre, se podría producir la ruptura de una o varias espías de amarre, situación en la que tanto el buque, como las instalaciones portuarias y el medio ambiente estarían en peligro.

Lo expuesto, determina la necesidad de controlar que la resistencia individual de todos y cada uno de los cabos utilizados como espías de amarre, sea suficiente para resistir en conjunto las fuerzas demandantes, generadas por los factores ambientales al actuar sobre el buque

La magnitud de los esfuerzos que se generan, dependen principalmente del tamaño del buque, de sus condiciones de carga así como de la magnitud y dirección de las fuerzas ambientales; mientras que la resistencia del dispositivo de amarre, depende de las características de elasticidad y resistencia de los cabos de amarre, así como de la conformación geométrica de dicho dispositivo, la cual determina los ángulos de aplicación de las fuerzas resistentes

12.5.2 RESISTENCIA DE LAS ESPÍAS DE AMARRE

Las características elásticas y plásticas de los cabos de amarre varían en función del material del que están fabricados.

Los cabos más utilizados como espías de amarre son:

- **Cabos de polipropileno**, que tiene un menor costo, son más livianos y flotan en el agua, y sus filásticas se funden a razonables temperaturas, por lo que pueden sellarse las puntas, pero se deterioran mucho cuando se exponen a la radiación solar.
- **Cabos de nylon** son más elásticos y resistentes que otras fibras comúnmente usadas, no flotan en el agua, y sus filásticas se funden a razonables temperaturas, por lo que pueden sellarse las puntas, y también se deterioran pero en menor grado cuando se exponen a la radiación solar.
- **Cabos de poliéster**, conocidos como Trevira, son de menor resistencia que el nylon y más pesados que este, ligeramente más costosos que los de polipropileno también flotan en el agua, pero son menos elásticos que los otros dos.
- **Cables de acero** para poder ser utilizados como espías de amarre, se les acopla colas de nylon en ambos extremos, constituyendo espías de gran resistencia pero rígidas, las cuales van unidas a winches de tensión constante, Este tipo de espías tiene la ventaja de un costo relativamente bajo, una larga vida útil si se les da un buen mantenimiento, sin embargo tienen las desventajas de que son pesados, no flotan y no tienen elasticidad, y precisando un número elevado de personas para su manejo.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

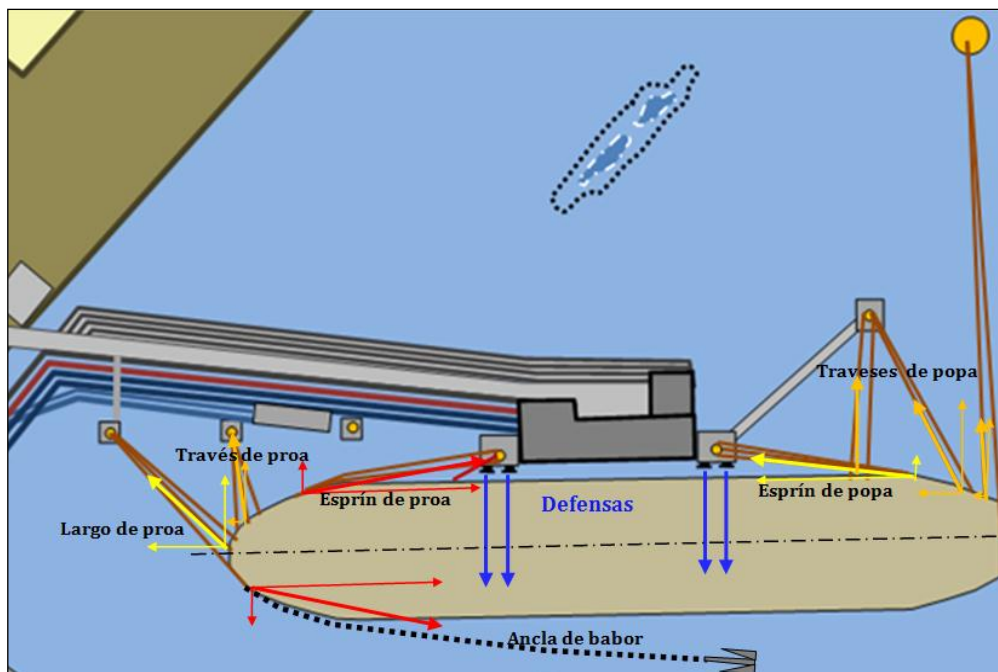
El uso de cables de acero, sin colas de nylon en terminales que operan con productos altamente inflamables, constituye una condición de riesgo debido a que producen microchispas por rozamiento metálico en la entrega y recepción. Por lo tanto en el Muelle de Carga Líquida esta prohíbo el uso de estos cables.

12.5.3 COMPONENTES LONGITUDINALES (X) Y TRANSVERSALES (Y) DE LOS ESFUERZOS RESISTENTES EN LAS ESPÍAS DE AMARRE

La posición de los postes de amarre con relación a la posición de las guías de cabos de proa y popa del buque amarrado, depende del tamaño del buque, por lo tanto existe un dispositivo de amarre para cada tamaño de buque, en cada uno de ellos, las espías forman un ángulo con respecto al plano de crujía del buque, lo que determina la magnitud y dirección de las componentes longitudinales y transversales de las fuerzas de tensión de los cabos de amarre.

En el presente caso se ha establecido un dispositivo de amarre típico para cada uno de los tres buques escogidos, que incluyen el buque más grande que ha arribado al terminal, el buque mediano que arriba con mayor frecuencia y el buque más pequeño. Cada una de las fuerzas resultantes calculadas independientemente se aplica en el centro de carena del buque y se descompone en sus vectores longitudinal y transversal, mientras que los esfuerzos se aplican respecto del centro geométrico del buque.

A continuación se muestran los diagramas de vectores de esfuerzo de las espías del dispositivo de amarre de un buque de 190 metros de eslora:



La suma de los vectores de esfuerzo en el eje de las abscisas y en el eje de las ordenadas debe ser igualmente cero, para que el sistema se mantenga en equilibrio, pudiendo observarse que la distribución de esfuerzos de las espías no es uniforme.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA



12.5.4 FUERZAS QUE ACTUAN SOBRE EL BUQUE AMARRADO

Un buque amarrado al Muelle de Carga Líquida, es afectado por diversas fuerzas que se transmiten a las estructuras del muelle a través de la tensión de las espías de amarre y de la presión del casco del buque contra las defensas del muelles, ocasionando esfuerzos considerables sobre dichas estructuras.

Los principales factores que ocasionan esfuerzos sobre el muelle de carga líquida son:

- Viento
- Corrientes
- Mareas
- Olas
- Cambios de altura de la cubierta (cuando las espías son cortas) calado.

12.5.5 ESFUERZOS DE DISPOSITIVO DE AMARRE

La posición de los puntos de amarre respecto al buque determina diferentes dispositivos de amarre para cada eslora de buque.

Dispositivo de amarre del buque de mayor tamaño

En el caso del buque de mayor tamaño, se puede observar que los esfuerzos longitudinales generados por los movimientos del buque hacia adelante son resistidos solamente por el esprin de proa y por la cadena del ancla, mientras que los esfuerzos longitudinales hacia popa opuestos a los primeros, son resistidos por el esprin de popa y por las componentes longitudinales de los largos y traveses.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

Asimismo, los movimientos de apartamiento son resistidos por las componentes transversales de los largos, los traveses y los esprines.

El Muelle de Carga Líquida, por su posición en el extremo suroeste de la bahía de Talara, está expuesto a los efectos de oleaje irregular, que ocasiona esfuerzos considerables sobre las espías de amarre, que pueden llegar a ser críticos en caso de bravesas de mar, poniendo en peligro a las instalaciones y al buque.

12.5.6 EVALUACIÓN DE ESFUERZOS DEL DISPOSITIVO DE AMARRE

Los esfuerzos producidos por el oleaje son muy difíciles de evaluar, excepto por el desarrollo de modelos de prueba a escala o por el análisis dinámico efectuado por una computadora que recibe, en tiempo real, información de los esfuerzos que se producen en cada punto de amarre, utilizando un software que calcula instantáneamente a resultante de los vectores de esfuerzo y genera alarmas cuando estos se acercan al límite permisible.

12.6 NECESIDAD DE INSTALAR UN SISTEMA AUTOMATICO DE CONTROL

El Muelle de Carga Líquida constituye un caso especial, que no puede ser analizado directamente por programas computarizados, debido a que, a diferencia de otras instalaciones portuarias, sobre el buque amarrado a este muelle actúan el forma asincrónica o simultánea, olas refractadas que inciden directamente sobre popa babor del buque, olas difractadas que actúan sobre el centro del buque, y olas reflejadas que actúan sobre la proa del buque.

Todas estas formaciones de olas inciden sobre el buque en diferentes tiempos que pueden o no coincidir ocasionando un complejo sistema de movimiento oscilatorio al que no se pueden aplicar los programas computarizados existentes salvo que se creara un programa especial, lo cual sería tanto o más costoso que construir un modelo a escala.

En el presente caso lo más recomendable es instalar el muelle un sistema de monitoreo de esfuerzos de las espías, a partir de ganchos dotados de dinamómetros, instalados en cada punto de amarre que envían información a una computadora del sistema de control, en la cual se calculan en tiempo real los vectores de esfuerzo, comparándolos con las resistencias de los cabos de amarre, se almacenan datos para uso estadístico y se generan alarmas preventivas pudiendo largarse las espías desde la central de control en caso necesario.

Asimismo, considerando que los esfuerzos son directamente proporcionales a la amplitud de movimientos el buque en el amarradero, es también necesario contar con un sistema de cámaras de monitoreo con puntos de referencia, para controlar los movimientos longitudinales, de apartamiento y guiñada del buque mientras se encuentra amarrado.

12.7 EMPEORAMIENTO ESTACIONAL DE CONDICIONES DE ESTADÍA

Una característica especial del Muelle de Carga Líquida es que, cuando no hay arena acumulada frente al muro del terraplén, ubicado en la parte posterior de la plataforma de carga, se forman en marea alta olas reflejadas, que inciden sobre proa estribor del buque y cuando se presentan oleajes irregulares, los esfuerzos producidos por las olas reflejadas pueden exceder la resistencia de las espías del dispositivo de amarre.

ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

En tales condiciones y mientras no existan los mencionados sistemas de seguridad, cuando se anuncien condiciones de oleaje irregular, los buques que arriban al Muelle de Carga Líquida, deben ser advertidos de que las condiciones de amarre del buque podrían exceder la resistencia nominal de los cabos de amarre u ocasionar movimientos que superen los rangos de alcance de los brazos de carga, y al presentarse signos de oleaje irregular deben desconectarse brazos de carga mangueras como medida de precaución y evaluar la situación para decidir si el buque sale a fondeadero o permanece amarrado al muelle.

12.8 ESFUERZOS EN ESPÍAS CORTAS

Los esfuerzos que se producen en las espías de amarre cortas del dispositivo de amarre del Muelle de Carga Líquida, aumentan por la elevación de la cubierta del buque respecto al nivel de la plataforma de carga, que se produce, por aumento de la altura de marea o marea a la hora de pleamar, o por disminución del calado durante la descarga, lo que, puede ocasionar la ruptura de cabos de amarre.

Por lo expuesto, es necesario efectuar un estricto y permanente control de tensión en las espías cortas, para asegurar que las espías tendidas a una misma bita trabajan en forma uniforme, y que no se produzcan rozamientos que puedan debilitarlas.

12.9 FUERZAS PRODUCIDAS EN EL MUELLE POR FACTORES AMBIENTALES

FUERZAS PRODUCIDAS POR EL VIENTO

Estando el buque amarrado, el viento incide por proa durante la noche hasta media mañana, y por la amura de babor entre la media mañana y el ocaso.

En ambos casos, la influencia del viento es favorable para la estabilidad del dispositivo de amarre, porque compensa las fuerzas que inciden por popa y tiende a pegar al buque a las defensas del muelle.

FUERZAS PRODUCIDAS POR LA CORRIENTE

Las corrientes en el área en que se encuentra el Muelle de Carga Líquida, presentan velocidades menores de 0.3 nudos, y su dirección cambia con las mareas (cada 5 o 6 horas), por lo que se considera, que para el movimiento del buque es un factor que ejerce una fuerza constante hacia uno u otro sentido.

Tales características determinan que la corriente no tenga normalmente mucha influencia sobre el buque amarrado; sin embargo, cuando el buque está cargado y el espacio bajo la quilla es mínimo, puede ser notoria la tendencia del buque a apartarse del muelle en horas de marea creciente cuando la corriente incide por estribor del buque amarrado o a pegarse al muelle en horas de marea vaciante, cuando la corriente incide por la banda de estribor, lo cual debe tenerse en cuenta para el control y regulación de las espías durante la permanencia del buque en el muelle.

En las maniobras de entrada y salida el Práctico tendrá en cuenta la tendencia de la corriente, a fin de evitar que el buque presione con fuerza excesiva las defensas, cuando la tendencia es a pegar al muelle, o que salga de posición, por la demora en pegar al muelle cuando la tendencia es a apartarse de este.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

FUERZAS PRODUCIDAS POR LAS OLAS

En el Muelle de Carga Liquida, en condiciones de tiempo normales la influencia de las olas no afectan al buque amarrado; sin embargo, cuando se presentan condiciones anómalas de oleaje de ligera a fuerte intensidad, el buque amarrado puede verse afectado por el oleaje, especialmente en horas de pleamar cuando se intensifica el efecto de las olas reflejadas.

Normalmente los esfuerzos producidos por las olas responden a un sistema armónico de frecuencias variables. Las instalaciones portuarias en áreas parcialmente protegidas de las olas, son diseñadas de modo que el frente ortogonal de olas incide por la proa del buque, en tales condiciones la componente longitudinal de la fuerza producida por las olas sobre el buque amarrado, siempre es mayor que la componente transversal, produciéndose esfuerzos transversales en el dispositivo de amarre que presionan al buque contra las defensa, generados por las componentes transversales de los vectores de esfuerzo de las espías del dispositivo de amarre.

En tal caso la interacción entre las olas y el buque amarrado produce fuerzas el dispositivo de amarre, que pueden ser divididas en tres categorías:

- Fuerzas de primer orden que oscilan a la misma frecuencia de las olas y que inducen movimientos de primer orden los cuales son conocidos como movimientos de alta frecuencia.
- Fuerzas de segundo orden por debajo de la frecuencia de las olas que inducen movimiento de segundo orden conocido como movimientos de baja frecuencia.
- Componente permanente de las fuerzas de segundo orden conocidas como la fuerza media de arrastre de la ola promedio.

En el caso del Muelle de Carga Liquida, especialmente en horas de pleamar y cuando el sector frente al muro del terraplén no está arenado, las olas que ingresan por el lado norte de la Punta Rocallosa se refractan por lo que una parte de estas incide sobre la popa del buque, mientras el resto se difracta al alcanzar el promontorio conocido como Isla roca generando una fracción de ola que incide sobre el centro del buque y otra que incide sobre la proa del buque.

El comportamiento del Oleaje en el área en que se ubica el Muelle de Carga Liquida, determina esfuerzos asimétricos con tiempos diversos. Como se explica a continuación:

- La fracción de oleaje que incide por la proa del buque, genera movimientos de guiñada a babor y de apartamiento.
- La fracción de oleaje que incide por el centro estribor genera en el buque movimientos de apartamiento y de balance.
- La fracción de oleaje que incide por la popa genera en el buque movimientos de guiñada a estribor y de apartamiento.

Cuando se presentan oleajes anómalos de moderada a fuerte intensidad, las características del comportamiento del oleaje descritas, producen en diferentes instantes, esfuerzos irregulares en el dispositivo de amarre, debido a que las olas refractadas, difractadas y reflejadas, coinciden sobre el buque en momentos diferentes, y los esfuerzos sumados pueden alcanzar valores críticos.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

Esta condición determina la necesidad de un estricto y permanente control sobre el dispositivo de amarre, siendo recomendable la instalación de un sistema automático de control el dispositivo de amarre del buque, compuesto por ganchos de amarre dotados con dinamómetros, que transmiten la información de la tensión de las espías a un monitor central donde se calculan los esfuerzos producidos sobre el dispositivo de amarre y se comparan con la resistencia de las espías del buque para generar alarmas preventivas, que permiten desconectar oportunamente los brazos de carga y tomar precauciones para evitar riesgos, para el personal, las instalaciones y el medio ambiente.

12.10 DETERMINACION DE CONDICIONES LIMITE DE OPERACIÓN

Las condiciones límites de operación en el Muelle de Carga Liquida, están referidas principalmente a viento y oleaje, teniendo en cuenta que las corrientes solo tienen influencia como factor adicional, cuando el buque amarrado se encuentra cargado.

El viento no tiene un efecto significativo sobre el buque amarrado, porque incide por la proa o por la amura de babor del buque, pero es importante tenerlo en cuenta para tomar la decisión de salir del muelle, especialmente si el buque está cargado, ya que el canal de salida es estrecho y el viento podría hacer derivar al buque hacia los bancos de arena del lado este del canal, por lo que se ha establecido como restricción que los buque no deben transitar por el canal cuando se presenten vientos con velocidades de 25 nudos o más.

En el Muelle de Carga Liquida, el oleaje es el factor que tiene mayor influencia sobre las condiciones límite de operación, debido a que genera en el buque, movimientos que podrían alcanzar el rango límite de operación de los brazos de carga o de las mangueras, y porque los esfuerzos que genera, podrían ocasionar la ruptura de espías de amarre.

La determinación de condiciones límite de operación está a cargo del Inspector de Embarque y del Capitán del buque, y se lleva a cabo por la simple observación de varios factores, tales como, los movimientos del buque con relación al rango de alcance de los brazos de carga, el comportamiento del dispositivo de amarre y defensas, la resistencia y elasticidad de las espías, los pronósticos de estado de mar etc. Actualmente no se cuentan en el muelle con instrumentos de medición de olas y vientos.

La observación directa del comportamiento del buque en el Terminal debe ser complementada con el conocimiento de los valores correspondientes a los factores ambientales por lo que es necesario contar con instrumentos de medición de olas y vientos.

Por tales motivo se recomienda instalar en el Muelle de Carga Liquida un anemómetro, una regla mareográfica y un holómetro, y que la información de estos instrumentos sea puesta a disposición del Inspector de embarque que permanece a bordo del buque así como del Capitán de la Nave y del Práctico, para complementar el conocimiento que estos deben de tener sobre las condiciones de mar reinantes en el área de operaciones.



ESTUDIO DE MANIOBRAS DEL MUELLE DE CARGA LÍQUIDA DE TALARA

12.11 CONVENIENCIA DE MEDICION DIRECTA DE ESFUERZOS

Cuando se presentan condiciones adversas de mar, se genera un complicado sistema de olas refractadas, difractadas y reflejadas, que inciden por proa centro y popa del buque, generando movimientos de avance y retroceso, apartamiento, guiñada, arfada balance y cabeceo que generan esfuerzos asimétricos que pueden romper las espías generan do condiciones de riesgo.

La tecnología actual permite medir directamente dichos esfuerzos, mediante la instalación de un sistema de ganchos de amarre dotados de dinamómetros, los cuales envían información a un sistema computarizado de monitoreo de espías, el cual determinar automáticamente la fuerza permisible para cada espía y emiten alarmas sónicas y luminosas cuando la resistencia de uno o varias espías se acercan al límite permisible.

Asimismo, es necesario conocer el comportamiento de los buques en el amarradero para poder prevenir accidentes, lo cual puede lograrse directamente si se instalan cámaras de video para observar los movimientos ,longitudinales, de apartamiento y de guiñada.,

Se recomienda instalar un sistema automático de monitoreo de esfuerzos en los dolphins de amarre para optimizar las condiciones de operación del Muelle de Carga Liquida, y cámaras de vigilancia para observar los movimientos longitudinales, de apartamiento y de guiñada del buque.


Jorge O. FILINICH
CONSULTOR MARITIMO