

Paper 1207 - DISEÑO DE BOLARDOS Y GANCHOS DE DISPARO RÁPIDO. DEBATES GENERADOS EN EL MARCO DEL DESARROLLO DEL PIANC WG 231

Grau Figueredo, Jose María; Del Vecchio, Alberto
EsIPort SRL

Email: josegrauf@gmail.com; delvecchioalberto696@gmail.com

Los términos de referencia del PIANC WG 231 fueron elaborados por la comisión MarCom en mayo del año 2020. No obstante, no fue sino hasta octubre del 2021 que se dio el inicio oficial del WG a través de las reuniones de trabajo desarrolladas en dicho mes. El WG cuenta con más de 20 profesionales dedicados al sector, pero con escasa participación latinoamericana. Con el objeto de hacer partícipe a la comunidad portuaria argentina y regional, el presente trabajo busca exponer los debates que actualmente se están tratando en el marco del desarrollo del WG. Los principales temas por desarrollarse son los criterios de carga, diseño de nuevos bolardos, diseño de nuevos ganchos de disparo rápido, ensayos, monitoreo, inspección, mantenimiento, y consideraciones para bolardos y ganchos de disparo rápido existentes.

1 TÉRMINOS DE REFERENCIA

El objetivo del PIANC WG 231 (Mooring Bollards & Hooks: Selection, maintenance and testing) es producir un documento de referencia que brinde recomendaciones claras para especificar elementos de amarre en tierra (de 200 kN en adelante), incluyendo bolardos y ganchos de disparo rápido. Asimismo, se incluirá una lista de tipos y capacidades de elementos de amarre típicos para los diferentes tamaños de buques. También se tendrá en cuenta las pruebas durante el proceso de fabricación y posterior instalación de los elementos.

El grupo de trabajo desarrollará los temas que se enumeran a continuación:

- Hipótesis de carga que se utilizará para especificar bolardos
- Relación entre la carga total en los bolardos y el número de líneas de amarre que cada bolardo puede tomar
- Factores de seguridad y otros criterios que se utilizarán para la operación segura de elementos de amarre, incluyendo los ángulos de amarre verticales permitidos y los posibles ángulos horizontales
- Especificaciones de materiales, ensayos no destructivos y pruebas de carga.
- Procedimientos prácticos de inspección, monitoreo y mantenimiento de los elementos de amarre en servicio, incluyendo recomendaciones para la calibración regular de los sistemas de monitoreo de carga y criterios de sustitución de los elementos.

- Metodología de ensayo in situ de modo a simular operaciones reales de amarre.
- Consideraciones acerca de cómo se puede incorporar el monitoreo de carga en bolardos estándar, así como en ganchos de disparo rápido, incluyendo los requisitos ATEX (ATmosphères EXplosibles).
- Anclaje del equipo de amarre a la superestructura para transferir con seguridad las cargas que soportan los elementos de amarre a la estructura portante.

El cálculo de las cargas (magnitud y dirección) en las líneas de amarre está fuera del alcance de este WG.

2 PARTICIPACIÓN POR REGIONES

El WG cuenta con 31 participantes en todo el mundo.

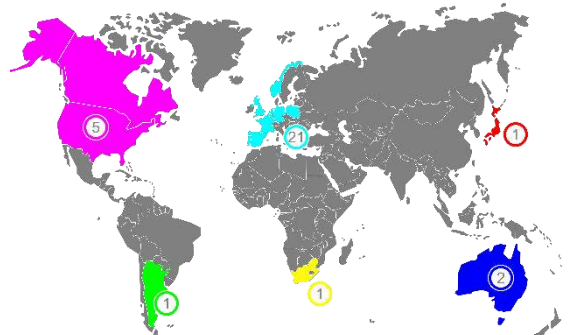


Figura 1: Participación en el PIANC WG según países

No obstante, la participación de Argentina y América Latina es muy escasa en comparación a otras regiones, por lo cual es de suma

importancia compartir los aspectos técnicos claves en discusión para aportar al documento la impronta regional referente al diseño de elementos de amarre.

3 ESQUEMA PRELIMINAR DE LA TABLA DE CONTENIDOS

Aún no se ha establecido de manera definitiva la tabla de contenidos del documento, pero preliminarmente se ha propuesto los siguientes títulos:

- Introducción
- Tipos de bolardos, ganchos de disparo rápido y anclajes
- Criterios de carga (loading criteria)
- Nuevos bolardos
- Ensayos
- Monitoreo, inspección y mantenimiento
- Bolardos existentes

Asimismo, se encuentra en evaluación la posibilidad de incluir un título que describa el procedimiento de instalación de los elementos de amarre.

Se desarrollará a continuación, los aspectos técnicos y consideraciones que deben incluirse de manera prioritaria en los capítulos de “Criterios de carga” y “Nuevos bolardos”, de acuerdo con la opinión de los autores del presente trabajo.

4 ASPECTOS TÉCNICOS PARA CONSIDERAR EN EL TÍTULO “CRITERIOS DE CARGA”

Determinación de la carga de amarre

Si bien el cálculo en sí de las cargas sobre los elementos de amarre no forma parte del PIANC WG 231, es importante revisar las metodologías existentes para establecer un criterio unificado de cuantificación de cargas. A grandes rasgos se puede diferenciar la determinación de cargas de amarre en bolardos y ganchos de disparo rápido mediante el enfoque ingenieril y la determinación de cargas de acuerdo con el enfoque náutico.

En el diseño según el enfoque ingenieril se estudia las fuerzas que actúan sobre la embarcación, y a su vez, las cargas inducidas en los elementos de amarre. Podemos clasificar este enfoque en análisis estático y análisis dinámico, siendo este último mucho más ajustado a la realidad, pero que requiere de muchos datos para calibrar el modelo, que a la hora de desarrollar un anteproyecto no siempre se cuenta con los mismos.

En el diseño según el enfoque náutico se tiene en cuenta principalmente la cantidad y la carga

mínima de rotura de las amarras (MBL). Se incorpora, además, el concepto de la carga segura de trabajo (SWL) de los elementos de amarre, que son utilizados como base para la determinación de las cargas sobre la estructura.



Figura 2: Enfoque ingenieril versus enfoque náutico

Tanto el enfoque ingenieril como el enfoque náutico podrían contemplar 2 situaciones de carga en los amarres: una normal y una excepcional.

La condición normal en el enfoque ingenieril se aplica mediante la adopción de valores de corriente, vientos y oleaje en condiciones normales de operación. Asimismo, se adoptan valores de corriente, vientos y oleaje extremos en la condición excepcional de diseño.

Para el caso del enfoque náutico, según las principales referencias consultadas para el presente trabajo, (PIANC WG 153, 2016), (MOTEMS, 2019) y (OCIMF, 2018), las cargas de amarre son calculadas en función del MBL y el SWL. Sin embargo, sólo en (OCIMF, 2018) se hace distinción de una condición normal o excepcional. (Broos, 2018) presenta en el congreso de PIANC Panamá, una propuesta para el cálculo de cargas sobre las amarras, desde el enfoque náutico, que se encuentra alineada con la norma europea, que contempla una condición de servicio, una condición última, y una condición accidental.

Ciertamente es difícil, pero necesario, mancomunar ambos enfoques de manera de plantear una metodología unificada en el diseño de elementos de amarre. La cantidad y características de las amarras del buque, en general, son definidas según disposiciones de la (IMO, 2005), (IACS, 2016) y otras organizaciones. En (IACS, 2016) se indica que la fórmula del número de equipo (parámetro fundamental para determinar la cantidad y las características de las amarras) es desarrollado asumiendo una velocidad de viento de 25 m/s y

una velocidad de corriente de 2.5 m/s. No se indican datos acerca del oleaje. Si bien las amarras son definidas en función de dichas condiciones hidrometeorológicas genéricas en el enfoque náutico, la realidad es que el clima de viento, oleaje y corrientes es particular para cada puerto. Debido a esto sería razonable asumir que la metodología debería estar alineada con el enfoque ingenieril. No obstante, se reconoce que, a mayor cantidad de amarras asignadas a un mismo elemento de amarre, mayor carga podría ser transmitida al mismo, razón por lo cual el enfoque náutico no puede ser dejado de lado en el diseño.

Según lo expresado anteriormente, es muy claro que la problemática reside en resolver la relación entre un diseño en base a un enfoque ingenieril y un enfoque náutico. Esto debería ser consistente como una única unidad.

Tablas simplificadas

En etapas preliminares de desarrollo de ingeniería de una estructura de amarre, no es usual contar con suficiente información para determinar de manera acabada las cargas de amarre según fue descrito en la sección anterior. Debido a esto, en la práctica es usual recurrir a las tablas simplificadas de cargas. Dichas tablas relacionan las características del buque (Δ , DWT, GT) con las cargas aplicadas en los elementos de amarre. A grandes rasgos podemos resaltar las siguientes:

- (BS6349-4, 2014): Cargas de amarre en función del desplazamiento del buque
- (EAU, 2012): Cargas de amarre en función del desplazamiento del buque
- (OCDI, 2002): Cargas de amarre en función del tonelaje bruto del buque
- (ROM 2.0, 2011): Cargas de amarre en función del desplazamiento del buque

Si asumimos $\Delta=2TRB$ (ROM 2.0, 2011) para los valores de la (OCDI, 2002), se tiene la siguiente tabla:

| Δ (toneladas) | Carga de amarre (KN) | | | |
|-------------------------|----------------------|-------|-------|-------|
| | OCDI | EAU | BS | ROM |
| 10.000 | 500 | 300 | | 350 |
| 20.000 | 700 | 600 | | 600 |
| 40.000 | 1.000 | | | |
| 50.000 | | 800 | 800 | 800 |
| 100.000 | 1.500 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 200.000 | 2.000 | 2.000 | 1.500 | 1.500 |
| 250.000 | | 2.500 | 2.000 | 2.000 |

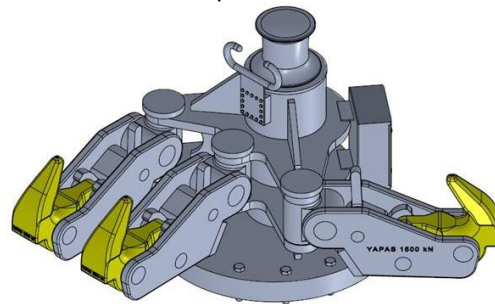
Tabla 1: Resumen de tablas simplificadas de cargas de amarre de acuerdo a las normativas indicadas

5 ASPECTOS TÉCNICOS PARA CONSIDERAR EN EL TÍTULO “NUEVOS BOLARDOS”

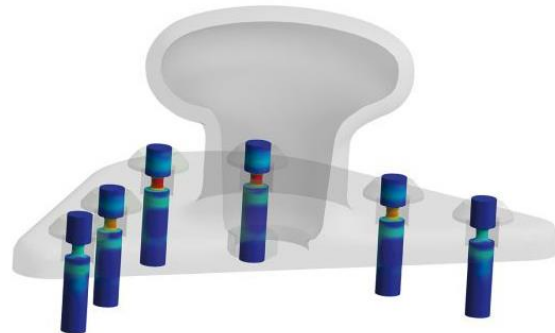
Metodologías de control de carga de diseño

Con el objeto de controlar la carga máxima de diseño en los elementos de amarre, los diseñadores y proveedores han desarrollado soluciones que logran evitar la superación de las mismas. Se enumeran y describen a continuación algunos diseños de elementos de amarre que no permiten la superación de la carga de diseño:

Ganchos de disparo rápido: Los ganchos de disparo rápido presenta un diseño moderno que incorpora “ganchos” en los cuales se colocan los extremos de las amarras. Dichos ganchos no son fijos, y los mismos pueden liberar las amarras de manera manual local o remota, y también puede liberarse de forma automática. De esta forma se garantiza que la carga máxima de diseño no se supere.



Bulones fusibles: Esta metodología de control de carga máxima se encuentra muy difundida en Argentina. En este caso, el bolardo es una única pieza moldeada en fundición gris, donde los bulones de fijación del bolardo cuentan con un diseño en el cual presentan una zona donde la sección cuenta con una reducción intencional.



El cálculo de la capacidad de los bulones en dicha sección reducida es tal que soporte la carga máxima de diseño con un factor de seguridad igual a 1. Esto implica que, superada la carga máxima, los bulones fusibles se cortan

en la sección reducida y el bolardo se desprende de la estructura del muelle.

Las dos desventajas de este diseño es que al desprenderse el bolardo podría generar daños a la embarcación o a los marineros, y que la cabeza del bolardo debe ser reemplazada en su totalidad, así como también los bulones fusibles cortados.

Cordones de soldadura: Esta metodología es similar a la de los bulones fusibles, con la diferencia que el elemento diseñado a rotura es un cordón de soldadura que une la base del bolardo con la cabeza del mismo. Si bien en esta solución no hay bulones fusibles, igualmente cuando se produce la rotura deben ser reemplazados tanto la cabeza como la base del bolardo.

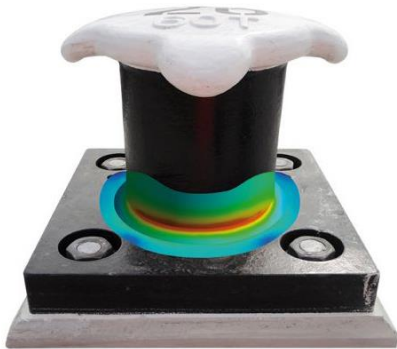


Figura 5: Cordon de soldadura fusible
Pandeo local de la placa de base: Esta metodología está indicada en (Broos, 2018), y se refiere al criterio de diseño utilizado en el Puerto de Rotterdam. No se especifica con detalle la solución, pero se indica que el pandeo de la placa de base del bolardo debe presentar una deformación evidente antes que los anclajes en el hormigón presenten falla.

Prelación de rotura

En la filosofía de diseño de los elementos de amarre, referencias como (PIANC WG 153, 2016) y (Broos, 2018) indican que la prelación de rotura en un sistema de amarres debe ser la siguiente:

Structural design philosophy

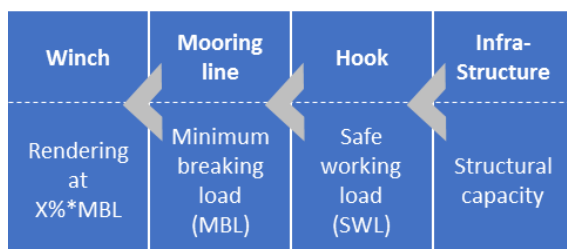


Figura 6: Prelación de rotura de acuerdo con (PIANC WG 153, 2016)

- 1er elemento: soltado parcial de los cabos de amarre por parte de los cabrestantes
- 2do elemento: Carga de rotura mínima de los cabos (MBL) alcanzada
- 3er elemento: Carga de trabajo segura de los bolardos/ganchos alcanzada (SWL)
- 4to elemento: Capacidad de la estructura alcanzada

Es indiscutible que los proyectistas diseñan estructuras de amarre suponiendo que las mismas no deben presentar falla ante las cargas de diseño, por lo cual es razonable asumir que dicho elemento sea el último en fallar. No obstante, para las amarras y los elementos de amarre, se debe mencionar los aspectos a desarrollarse a continuación.

En la sección anterior se presentó las distintas metodologías de control de carga de amarre. Se debe diferenciar los bolardos de los ganchos de disparo rápido, en vista que los bolardos presentan elementos fusibles que controlan la carga de amarre total que es transmitida al elemento, y los ganchos de disparo rápido controlan la carga transmitida en cada una de las amarras.

Bolardos

Para el caso de los bolardos, al ser la carga total sobre el bolardo la que debe ser controlada, es muy probable que se alcance primero la carga de diseño del elemento de amarre en tierra antes que el MBL de las amarras. Se afirma esto debido a lo siguiente:

- Para sitios de atraque que reciben buques de distinto porte, las amarras de los mismos presentan igualmente distintas características, por lo cual sería muy conservador diseñar un bolardo para el MBL del buque de mayor porte que podría llegar a amarrar en el sitio, bajo las peores condiciones hidrometeorológicas. Usualmente los elementos de amarre se diseñan para un buque de diseño representativo de la flota. En contrapartida, si se presenta el caso en el cual buques de mayor porte amarran en el sitio, el buque podría permanecer amarrado bajo condiciones hidrometeorológicas menos críticas que para el buque de diseño, con lo cual es improbable que se alcance el MBL de las amarras (del buque de mayor porte).
- Para buques del mismo porte, en muchos casos se disponen de amarras de distintos materiales y en algunos casos de distintos MBL, por lo cual es difícil definir de manera acabada en una

etapa de anteproyecto las características de las amarras de un buque de una terminal nueva.

- En muchas terminales, principalmente en América Latina, no es usual limitar el número de amarras por bolardo, ya que es una responsabilidad usualmente otorgada a los capitanes.

Debido a esto, es conveniente para el caso de los bolardos asumir que primero falla el elemento de amarre antes que las amarras, ya que se puede ejercer un mayor control sobre el mismo respecto a las características y la cantidad de amarras que se encuentran vinculadas al bolardo. *Nota: En terminales muy especializadas (como por ejemplo combustibles), la dispersión en las características de los elementos de amarre es acotado, razón por la cual este punto no es muy crítico para dichos casos.*

Respecto al elemento fusible de los bolardos, existe mucha crítica respecto a los diseños que involucran bulones fusibles y cordones de soldadura fusibles, ya que se indica que, al salir disparado el bolardo, el mismo podría aumentar el riesgo de daños a la vida humana. No obstante, al romperse las amarras, igualmente se produce un “latigazo” de la amarra, que implica un altísimo riesgo para la vida humana tanto para el personal a bordo como personal en muelle.

Ganchos de disparo rápido

El diseño de los ganchos de disparo rápido es más complejo que el de los bolardos, ya que los mismos tienen una carga de diseño por gancho, y una carga de diseño total transmitida a la estructura.

La carga de diseño por gancho (SWL) no debe ser menor al MBL de la amarra (PIANC WG 153, 2016), de modo que el gancho tenga una capacidad superior a la carga de rotura de la amarra. Como no es posible conocer cuál de los ganchos alcanza primero el SWL, todos los ganchos deben tener la misma capacidad. No obstante, si bien todos los ganchos tienen la misma capacidad, similar al MBL, es muy improbable que se alcance simultáneamente la capacidad en todos los ganchos del elemento de amarre. Debido a esto se introduce el concepto de carga sobre la estructura de soporte, que contempla que el SWL no se alcanza en todos los ganchos del elemento de amarre. Algunas recomendaciones sugieren que uno de los ganchos alcanza el SWL y los ganchos restantes presentan un 60% del SWL (PIANC WG 153, 2016). Independientemente del valor del SWL, en el caso de los ganchos de disparo rápido, es muy probable que se cumpla la

prelación de rotura indicada en el (PIANC WG 153, 2016), en el cual se indica que primero se desarrolla el MBL de las amarras, y luego se supera el SWL de los ganchos, ya que los mismos soportan únicamente una amarra.

Conceptualmente los ganchos de disparo rápido tienen un diseño moderno en el cual ningún elemento del “lado tierra” termina siendo lanzado ante una sobrecarga. No obstante, si bien los ganchos de disparo rápido se disponen con frecuencia en terminales de combustibles, es difícil que sean difundidos en el corto plazo de manera extensiva a terminales que manejan otro tipo de cargas en Argentina.

Metodología de cálculo para bolardos (propuesta)

En base a lo analizado previamente según las normativas y recomendaciones vigentes, respecto al diseño de estructuras de amarre, se presenta a continuación una propuesta de diseño para bolardos.

Antes de evaluar las cargas de amarre se debe establecer las condiciones hidrometeorológicas de diseño. Si bien (MOTEMS, 2019) está orientado a terminales de combustibles, en el mismo se indica un concepto interesante a replicar en otros tipos de terminales. Dicho concepto indica que las terminales deben establecer 2 límites hidrometeorológicos, que divide el amarre del buque en 3 condiciones bien identificadas.

El primer límite hidrometeorológico separa lo que es la operación normal de carga y descarga del buque, de lo que sería un amarre del buque en una condición de tormenta, en la cual, debido a los movimientos de este, no es posible la carga o descarga. Este primer límite es denominado el límite operativo de la terminal, y es muy común que se presente en varias ocasiones durante la vida de servicio de la estructura.

El segundo límite hidrometeorológico separa la condición en la cual el buque puede permanecer amarrado a la terminal y la condición en la cual, por seguridad de las estructuras y del buque, debe abandonar la terminal y fondear en la rada previo acceso al puerto. (MOTEMS, 2019) establece que este límite se corresponde con vientos de recurrencia de 25 años (TR:25). No obstante, dependiendo del tipo de terminal, la recurrencia del evento podría ser evaluado en función del riesgo, de modo que dicho valor no sea un valor único sino variable según la terminal.

Estos dos límites mencionados previamente no son nada más ni nada menos que una condición normal y excepcional de diseño. Sea cual fuere la norma de diseño a aplicar, el coeficiente de

seguridad en una condición excepcional debería ser inferior a la de una condición normal, en vista que la probabilidad de que la condición excepcional se presente en la vida útil del elemento es significativamente menor.

Ahora teniendo en cuenta las cargas de amarre, se puede afirmar que tanto para una condición normal como excepcional, se debe ejecutar un análisis estático o dinámico, ya que es necesario tener en cuenta las condiciones hidrometeorológicas. Este criterio es acorde al enfoque ingenieril mencionado en la sección “Determinación de la carga de amarre” del presente documento, pero no debemos olvidar el enfoque náutico.

Para garantizar que en condiciones normales no se presenten sobrecargas en ningún cabo de amarre, se deben disponer un número de cabos suficientes de modo que en ningún caso se presenten cargas superiores al 60% de su MBL. Se establece, entonces, que el número mínimo de cabos asignados a un punto de amarre se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\text{número mínimo de cabos} = \frac{\text{Carga de amarre en condiciones normales}}{0.6 * \text{MBL}}$$

Nota: el valor obtenido de la fórmula deberá ser redondeado al entero superior

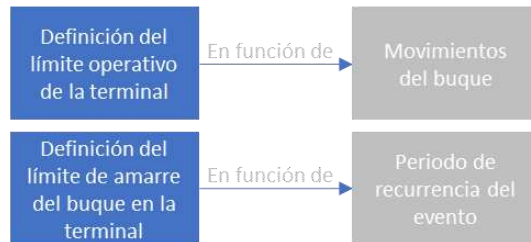
Se debe verificar, además, que ningún cabo iguale su MBL mientras el buque se encuentre amarrado a las estructuras. Consideramos que la rotura de uno de los cabos es una condición accidental, ya que el buque debería abandonar la terminal antes de dicho límite. El valor de carga de amarre para esta condición accidental podría ser calculada según la fórmula de (Broos, 2018), que establece que dos de los cabos se rompen y los restantes presentan una carga igual al 60% de su MBL.

$$\text{Carga de amarre accidental} = \text{MBL} * (2 + 0.60 * (n - 2))$$

Debe verificarse que esta carga de amarre accidental sea superior a la carga de amarre determinada para una condición excepcional, ya que, si esto no se cumpliera, implicaría que las amarras se rompen antes de que el buque tenga la oportunidad de abandonar la terminal. Ante esto se puede proponer, como primera alternativa de solución, asignar más cabos al punto de amarre.

A modo de ilustrar claramente la metodología de determinación de cargas de amarre, se muestra a continuación el siguiente esquema.

PASO 1: Determinación de límites de la terminal



PASO 2: Determinación de las cargas de amarre

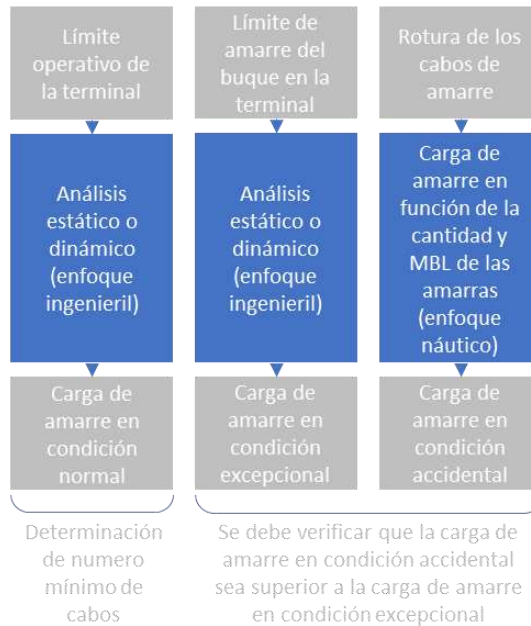


Figura 7: Metodología propuesta para el cálculo de cargas de amarre para bolardos. Con las cargas cuantificadas, debemos aplicar una normativa para el diseño estructural. Teniendo en cuenta la norma (BS6349-1, 2017), se considera los coeficientes de mayoración parciales indicados en la Tabla 2. Como se puede apreciar, se presentan 4 condiciones y 2 series de valores propuestos para los coeficientes de seguridad de las cargas. La primera y segunda condición presentan los mismos valores para el coeficiente de seguridad, pese a que las condiciones hidrometeorológicas en el segundo caso siempre serán más críticas que en el primero (buque amarrado y operando). Debido a esto, no contrastaremos la metodología propuesta en el presente documento con la primera condición. Asimismo, se sugiere para el diseño estructural, aplicar el valor de 1.5 para la carga de amarre en condiciones normales (límite operativo de la terminal), 1.3 para la carga de amarre en condiciones excepcionales (límite de estadía en la terminal), y 1.18 para condición accidental (rotura de los cabos de amarre).

| Condición operativa | Método de evaluación de cargas | Coefficientes parciales para acciones (γ_Q) EQU, Set A y STR/GEO Set B | Coefficientes parciales para acciones (γ_Q) STR/GEO Set C |
|---|---|---|--|
| Condiciones normales de operación (Buque amarrado y operando) | Condiciones ambientales normales (en combinación con cargas principales y/u otras cargas operativas cuando corresponda) | 1.5 | 1.3 |
| Condiciones operativas extremas (buque amarrado) | Condiciones ambientales de operación extremas (en combinación con cargas principales en caso de que sean aplicables) | 1.5 | 1.3 |
| Condiciones operativas extremas (buque amarrado) | Condiciones operativas extremas: la carga se basa en capacidad nominal del equipo de amarre del buque, o elemento de amarre en el muelle, siempre que pueda ser identificado en la etapa de diseño y cuando el mismo sea conforme a los requerimientos operacionales | 1.3 | 1.15 |
| Condición accidental (buque amarrado) | Evaluación de la carga total máxima en elementos de amarre para escenarios accidentales basados en: <ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de riesgos para operaciones específicas y condiciones ambientales prevalecientes • La capacidad límite del equipo de amarre del buque, las amarras utilizadas, y el equipo de amarre del atraque multiplicadas por no menos de 1,18 | - | - |

Tabla 2: Cargas en estructuras de amarre con el uso de coeficientes de mayoración parciales. Fuente: Elaboración propia en base a (BS6349-1, 2017)

Si para la estructura tendríamos que utilizar la norma (CIRSOC 201, 2005), por una cuestión reglamentaria, la carga L (Live load) a considerar en las combinaciones de cargas expuestas en dicha norma, es la carga de amarre en condiciones normales. La misma es mayorada por un coeficiente igual a 1.6 en una de las combinaciones a verificar según la norma. Se asume la carga de amarre en condiciones normales en vista que el coeficiente de mayoración (1.6) se asemeja al coeficiente de mayoración asumido para condiciones operativas extremas según la (BS6349-1, 2017) (1.5).

Independientemente de la norma de cálculo estructural a utilizar, cabe destacar que, para el diseño de los bolardos, los coeficientes deben ser menores a los asumidos para la estructura, de manera que se cumpla la relación de rotura indicado en “*Bolardos*”.

6 COMENTARIOS FINALES

En el marco de Desarrollo del PIANC WG 231 “Mooring Bollards & Hooks: Selection, maintenance and testing”, se realizó una revisión de la bibliografía existente y, adicionando experiencias locales, se ha podido identificar los siguientes puntos centrales a ser incluidos en los capítulos de “criterios de carga” y “nuevos bolardos” del WG en cuestión:

- En la determinación de cargas de amarre, existe un enfoque de diseño ingenieril y un enfoque de diseño náutico, que debe ser compatibilizado para obtener cargas similares de acuerdo con ambos enfoques.
- Las tablas simplificadas de cargas de amarre, en función del porte del buque, presentan una buena aproximación preliminar de la carga de amarre, pero

la magnitud varía según la bibliografía utilizada.

- Los ganchos de disparo rápido ofrecen una solución confiable para el control de carga de amarre, pero es difícil que sean implementados en el corto plazo de manera extensiva en terminales de Argentina (exceptuando las terminales de combustibles)
- Los bulones fusibles, ampliamente difundidos en Argentina, presentan igual riesgo para la vida humana que la rotura de amarras.
- Para la prelación de rotura en bolardos, se sugiere que la rotura se dé primero en el bolardo, y posteriormente la rotura de la amarra.
- Como metodología de diseño, se sugiere que previo análisis de las cargas de amarre, se debe establecer para cada nueva terminal un límite operativo y un límite de amarre del buque en la terminal.
- Condición normal de diseño: se propone que las cargas de amarre en el límite operativo sean calculadas con el enfoque ingenieril (análisis dinámico o estático de acciones sobre el buque, traducidos a cargas de amarre).
- Condición excepcional de diseño: se propone que las cargas de amarre en el límite de estadía del buque en el muelle sean calculadas con el enfoque ingenieril (análisis dinámico o estático de acciones sobre el buque, traducidos a cargas de amarre)
- Condición accidental: se asume como condición accidental la rotura de amarras. Asimismo, dicha carga accidental debe ser superior a la carga de amarre bajo una condición excepcional.
- Se propone que el límite operativo defina el mínimo número de amarras que debe soportar un bolardo para evitar la rotura de las mismas previa rotura del bolardo.
- Se propone una adopción de coeficiente de seguridad de 1.5 para condiciones la carga de amarre en condiciones normales (límite operativo de la terminal)
- Se propone una adopción de coeficiente de seguridad de 1.3 para la carga de amarre en condiciones excepcionales (límite de estadía en la terminal)
- Se propone una adopción de coeficiente de seguridad de 1.18 para condición

accidental, asumida como la rotura de los cabos de amarre.

7 REFERENCIAS

- Broos, E. (2018). Bollard loads on new port infrastructure, Port of Rotterdam Authority policy. *PIANC World Congress Panama City*.
- BS6349-1. (2017). *Maritime Works - Part 1-2: General - Code of practice for assessment of actions*.
- BS6349-4. (2014). *Maritime Works - Part 4: Code of practice for design of fendering and mooring systems*.
- CIRSOC 201. (2005). *Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: INTI.
- EAU. (2012). *Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways*.
- IACS. (2016). No.10 - Anchoring, Mooring and Towing Equipment.
- IMO. (2005). MSC/Circ. 1175 - Guidance on shipboard towing and mooring equipment.
- MOTEMS. (2019). *California Building Code. Chapter 31F - Marine Oil Terminals*.
- OCDI. (2002). *Technical standards and commentaries for port and harbour facilities in Japan*.
- OCIMF. (2018). *Mooring Equipment Guidelines 4th Edition (MEG 4)*.
- PIANC WG 153. (2016). *Recommendations for the design and assessment of marine oil and petrochemical terminals*.
- ROM 2.0. (2011). *Recomendaciones para el proyecto y ejecución en Obras de Atraque y Amarre*.