NORMATIVA REFERENTE AL AMARRE DE BUQUES: COMPARATIVA DE LAS NORMAS ISO, LOS REGLAMENTOS DE LAS SOCIEDADES DE CLASIFICACIÓN Y LA NORMATIVA IMO

Villa Caro, Raúl[1]; Carral Couce, Luis Manuel[2]; Fraguela Formoso, José Ángel[3]; Álvarez Feal, José Carlos Juan[4] ; Rodríguez Guerreiro, María Jesús[5]

[1]Dr. Ing. Naval y Oceánico / Cap. Marina Mercante. Raúl Villa Caro. Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España. raul.villa@udc.es

[2]Dr. Ing. Naval. Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España. lcarral@udc.es

[3]Dr. Ing. Naval. Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España. jafraguela@udc.es

[4]Dr. Ing. Industrial. Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España. jcalvarez@udc.es

[5]Dra. en Biología. Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España. chus@udc.es

RESUMEN.

Los tres documentos más reseñables para analizar el campo del "amarre" son los siguientes: la circular 1175 de 2005 de la Organización Marítima Internacional (OMI) sobre los equipos de amarre y remolque en cubierta; los requerimientos de la IACS (Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación) en cuanto a amarre, fondeo y remolque, revisados en 2014; y la norma internacional ISO 3730 de 2012, sobre los chigres de amarre en buques y estructuras marinas. El objetivo perseguido en este trabajo será el identificar las analogías y diferencias existentes entre las características que cada entidad estipula para los chigres de amarre de buques en construcción, y a la vez pretende ser una síntesis de las normas y sugerencias establecidas por los tres entes con mayor autoridad en el ámbito naval, que son los ya mencionados con anterioridad, la O.M.I., los estándares ISO y las Sociedades de Clasificación.

Este artículo resume lo expuesto por cada organización en sus diferentes reglamentos, y analiza las diferencias entre los citados documentos. En general la estructura ofrecida por la OMI y la IACS va a ser muy similar, siendo la ISO la que más se va a distanciar en lo referente a forma y contenido.

Palabras clave: Chigre; amarre; norma; sociedad clasificación

1. INTRODUCCIÓN.

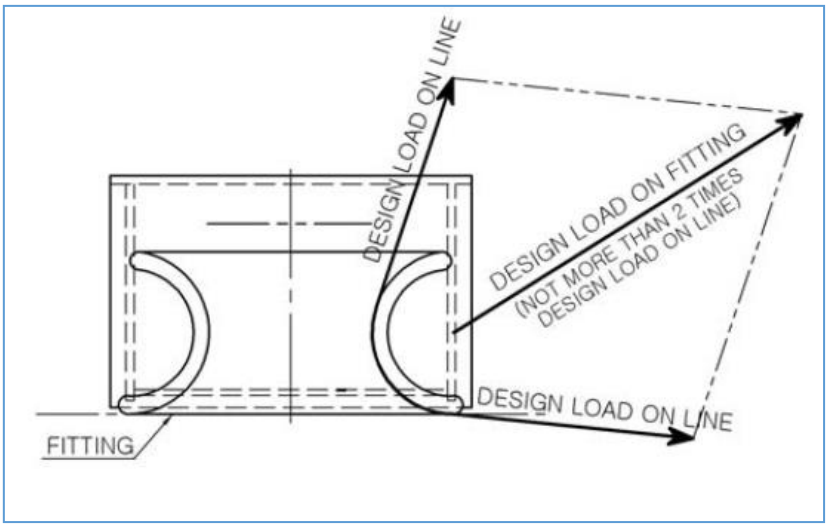
Los tres documentos más reseñables para analizar este campo del "amarre" son los siguientes: la circular 1175 de 2005 de la Organización Marítima Internacional (OMI) sobre los equipos de amarre y remolque en cubierta; los requerimientos de la IACS (Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación) en cuanto a amarre, fondeo y remolque, revisados en 2014; y la norma internacional ISO 3730 de 2012, sobre los chigres de amarre en buques y estructuras marinas.

Mediante sus documentos, las tres organizaciones definen su ámbito de aplicación. A excepción de la ISO, la información suministrada hace referencia al pertinente y correcto cumplimiento de la regla del SOLAS II-1/3.8 "Equipo de remolque y amarre". La ISO 3730 es muy breve en este aspecto, limitándose a definir su ámbito de aplicación y referenciando otras normas ISO para el cálculo de las magnitudes de los elementos relacionados. Los documentos de la IACS y la OMI establecen a qué buques han de ser aplicados, y definen los equipos que tratan. Se aplican a todos los buques con un desplazamiento superior a las 500 GT, excluyéndose buques de alta velocidad y unidades off-shore. Estos organismos también explican qué se debe entender por líneas de amarre, elementos estructurales del casco y estándares industriales vigentes. En general IACS y OMI establecen qué parámetros y condiciones de uso deben cumplir los equipos desde una perspectiva de la explotación de los mismos, mientras que la ISO establece las dimensiones y pruebas a las que se les debe someter, acercándose más al ámbito del fabricante.

2. ELEMENTOS DE REMOLQUE.

En lo referente a los elementos de remolque, se definen las especificaciones recomendadas para los elementos del sistema de remolque de emergencia, que consistirán en:

- *Distribución de los elementos:* IACS y OMI establecen que todos los elementos destinados a soportar la carga del remolque han de estar situados sobre refuerzos de cubierta, a fin de contar con la suficiente integridad estructural para realizar el remolque sin perjuicio para el buque. Se aceptan distribuciones alternativas, siempre y cuando esté garantizado que se pueda soportar el esfuerzo. La norma ISO no se pronuncia en este aspecto.
- *Carga a considerar:* Se establece la SWL que se ha de considerar en el equipo, siempre y cuando el armador no especifique nada al respecto en el contrato. IACS y OMI tienen sutiles, pero importantes diferencias. En el caso de un remolque típico, la MBL (según la IACS) o la carga de diseño (según la OMI) ha de ser 1.25 veces mayor que la carga máxima en la línea de remolque. En caso de otro tipo de remolque (Remolque de escolta, por ejemplo), la OMI establece que la carga de diseño será el esfuerzo nominal necesario para romper la línea, definido por el propio documento en función del número de equipo. La IACS establece que la MBL será el esfuerzo nominal de rotura según el número de equipo, aunque la tabla no está incluida en el propio documento y dirige a la 10º recomendación. En todo caso la tabla contiene los mismos parámetros que la adjunta por la OMI, y es más completa. La línea de aplicación del remolque ha de estar adecuadamente distribuida, a forma de que la carga no llegue a superar nunca el doble de lo previsto.
- Elementos de amarre: IACS y OMI establecen que han de ser acordes al estándar ISO 3913 admitido por la administración. En cualquier caso deben cumplir con la fuerza requerida en el apartado anterior.
- Refuerzos de cubierta: IACS y OMI establecen que deben estar preparados para cambios de orientación de la línea de remolque, el punto de aplicación de la fuerza ha de ser tomada en el amarre del remolque a popa o allá donde la línea cambie de ángulo. El esfuerzo de cizallamiento ha de ser el 60% del límite del material.
- SWL (Safe Working Load): IACS y OMI establecen que la SWL para remolques típicos no ha de sobrepasar el 80% de la que cada uno haya definido en el apartado de "Carga a considerar". En otras operaciones no podrán superarla. Dicho número ha de estar debidamente marcado en los elementos de amarre, con cordón de soldadura en la mayoría de los casos. Esta carga no contempla más de una vuelta alrededor de una bita o similar.



3. ELEMENTOS DE AMARRE Y FONDEO.

Se definen las especificaciones recomendadas para los citados elementos del sistema de amarre y fondeo:

- *Distribución de los elementos:* IACS y OMI establecen que todos los elementos destinados a soportar la carga han de estar situados sobre refuerzos de la cubierta, a fin de contar con la suficiente integridad estructural. Se aceptan distribuciones alternativas, siempre y cuando esté garantizado que se pueda soportar el esfuerzo sin problemas. La norma ISO no se pronuncia en este aspecto.

- *Carga a considerar:* se establece cual es la SWL que se ha de considerar en el equipo, siempre y cuando el armador no especifique nada al respecto en el contrato. La OMI estipula que la carga de diseño sobre los elementos ha de ser 1.25 veces la carga de rotura de la línea de amarre correspondiente definida por la tabla adjunta al documento, como también debe ser para los refuerzos estructurales de la cubierta. La aplicación de esta fuerza no ha de ser tal como para que la resultante sea el doble.
  Por su parte, la IACS establece lo que ya mencionó la OMI, y adicionalmente indica que se tendrá en cuenta la superficie lateral de la posible carga respecto al viento. A la hora de distribuir la tensión de acuerdo a la recomendación 10 de la IACS, se establece una pequeña excepción en la regla, según la cual una línea de amarre que tenga que soportar más de 490 kN de carga podrá ser sustituida por un número mayor de líneas, siempre y cuando el valor combinado de todas ellas sea inferior al establecido por el

reglamento de obligado cumplimiento. No debe haber menos de 6 amarras y ninguna debe soportar menos de 490 kN. Esta excepción puede aplicarse de forma inversa.

La ISO se refiere con mayor detalle a este aspecto. En primer lugar, establece que el fabricante tiene la responsabilidad de calcular los requerimientos de carga de los elementos que suministra y finalmente trata y establece cada componente con precisión. Como resumen, se expone:

1. El par máximo que el elemento motriz y las maquinillas han de soportar ha de ser 0,9 veces el límite de fluencia del material, o en su defecto el 0.2% de la $R_{p0.2}$ del material.
2. La OCIMF (Oil Companies International Marine Forum) cuenta con la autoridad para establecer sus propias demandas respecto al equipo de amarre de los buques destinados al transporte de crudo.
3. El freno automático, además de cumplir otras características, debe de poder frenar el tambor aun si este se acelerara pero manteniendo una tensión en el cabo de al menos 1,25 veces la carga del tambor. El movimiento de la línea ha de estar controlado en un tiempo no superior al minuto por metro.
4. Dependiendo del material de la línea, se establece el dimensionamiento y carga del tambor. En caso de fibra sintética, el tambor ha de tener como mínimo un diámetro 6 veces superior al de la estacha. En caso de líneas con alto módulo, se hará de acuerdo al fabricante. La carga del tambor debe estar entre 0.22 y 0.33 veces la carga de rotura de la línea. La carga sostenida un 0.8. Al dar o cobrar la línea debe ser de 0.5.
5. La tensión en la línea en caso de frenado brusco no ha de ser superior al 50% de la carga de rotura.

- *Elementos de amarre:* IACS y OMI establecen que han de ser acordes al estándar ISO 3795 admitido por la administración. En cualquier caso deben cumplir con la fuerza requerida en el apartado anterior. El sentido en el que el equipo debe recoger las estachas ha de ser horario respecto al operario, si armador y astillero no establecen lo contrario de mutuo acuerdo. Este sentido debe estar debida y permanentemente marcado.

- *Refuerzos de cubierta:* IACS y OMI establecen que deben estar preparados para cambios de orientación de la línea, el punto de aplicación de la fuerza ha de ser tomada donde el amarre se haga fijo o allá donde la línea cambie de ángulo. El esfuerzo de cizallamiento ha de ser el 60% del límite del material.

- *SWL (Safe Working Load):* IACS y OMI establecen que la SWL no ha de sobrepasar el 80% de la que cada uno haya definido correspondientemente en el apartado de "Carga a considerar". En otras operaciones no podrán superarla. Dicho número ha de estar debidamente marcado en los elementos de amarre, con cordón de soldadura en la mayoría de los casos. Esta carga no contempla más de una vuelta alrededor de una bita o similar.

- *Tratamiento anti corrosivo:* Solo la IACS especifica la necesidad de proteger los elementos de amarre del ambiente marino corrosivo.

4. NORMAS ISO.

Como se ha mencionado antes, la norma ISO se centra en estandarizar los elementos y sus medidas, regulando su geometría, dimensionamiento y pruebas a las que son sometidos. En este apartado se resumen las reglas que no se han mencionado con anterioridad.

- *Chigres, maquinillas y cabrestantes:* Además de definirlas atendiendo a la posición del elemento motriz, y referir a otras normas ISO directamente relacionadas con la maquinaria de cubierta, se determinan una serie de parámetros de operación. Los requerimientos de carga y los privilegios de la OCIMF ya han sido descritos en el anterior apartado.
- En caso de usar cable trenzado como línea de amarre, el tambor ha de ser, como mínimo, 16 veces la sección del cable.
- Se definen dos capacidades de almacenaje en el tambor, "estándar" y "elevada". La elevada será el doble que la estándar. La capacidad de almacenamiento, en metros, se da en una tabla inscrita en la norma.

La longitud del tambor ha de ser tal que pueda acomodar la capacidad de almacenamiento especificada en menos de cinco capas, ocho si es de elevada capacidad. Sin embargo, no se deben ejercer tensiones elevadas con más de 4 vueltas.

Su longitud será tal que permita acomodar al menos hasta 5 vueltas. 10 en caso de cable.

Los flancos del tambor, en caso de alojar cable, deben sobresalir vuelta de cable y medio sobre su capacidad máxima. En fibras sintéticas será una vuelta. A la hora de hacer los cálculos, se tomará que la línea se solape perfectamente encima de sí misma, sumando los diámetros.

El embrague debe estar debidamente colocado entre el tambor y el elemento motriz.

- *Equipo auxiliar:* Estarán de acuerdo con todas las normas ISO relacionadas, como la ISO 6482, de cabirones.

- *Equipo motriz: Los equipos de control y automatismos* cumplirán con la IEC 60092 y la IEC 60529 IP56. Los equipos hidráulicos cumplirán la ISO 4413. Los elementos motrices han de ser individuales, a fin de poder controlar velocidad y potencia de cada máquina con precisión. Podrán moverse sin problemas a plena carga durante media hora. Tendrá la debida protección eléctrica en el guardacalor.

Todas las velocidades operativas se establecen en la tabla adjunta a la regla.

© ISO 2012 – All rights reserved

Table 2 — Performance specifications

1	2	3 [a]	4 [a]	5 [a]	6 [b]	7 [b]	8	9 [c]	10 [c]	11 [d]	12	
Nominal size	Drum load	Nominal mooring speed min.	Light line speed min.	Creep speed max.	Design rope diameter	Minimum breaking strength of rope	Holding load min.	Recovery load min.	Rendering load max.	Minimum diameter of drum and warping-ends	Drum capacity	
											normal	high
	see 5.1	see 5.5.1	see 5.5.2	see 5.5.3	see 4.6.1	see 4.6.1	see 5.2	see 5.3	see 5.4	see 4.6.2/ 4.7.2	see 4.6.3	
	kN	m/s	m/s	m/s	mm	kN	kN	kN	kN	mm	m	m
5	50	0,25	0,5	0,125	18	204	163	25	100	288	180	360
6.3	63	0,25	0,5	0,125	20	252	200	31,5	126	320	180	360
8	80	0,25	0,5	0,125	22	305	240	40	150	352	200	400
10	100	0,25	0,5	0,125	24	363	290	50	180	384	200	400
12	125	0,2	0,5	0,1	26	426	341	62,5	210	416	200	400
16	160	0,2	0,5	0,1	32	645	516	80	320	512	250	500
20	200	0,16	0,5	0,08	36	817	654	100	408	576	250	500
25	250	0,16	0,5	0,08	40	1 010	808	125	500	640	250	500
32	315	0,13	0,5	0,065	44	1 220	976	157,5	610	704	250	500
40	400	0,13	0,5	0,065	48	1 450	1 160	200	720	768	250	500

[a] Only applicable to manually controlled winches.

[b] The selection of design rope diameter and minimum breaking strength is based on 6×36WS-IWRC or 6×41WS-IWRC in C.9 of ISO 2408; the selection of other types of ropes shall meet the requirements of 5.2.

[c] Only applicable to automatically controlled winches.

[d] The values in the table are applicable to steel wire ropes, and the minimum drum diameter of fibre mooring lines is 6 times the rope diameter. The diameter of warping-ends using fibre mooring lines is selected according to ISO 6482.

- *Tests:* La presente norma obliga a que los equipos superen una serie de pruebas prestablecidas, normalmente a cuenta del fabricante, al salir de la cadena de montaje. Deben ser capaces de poder funcionar con continuidad sin carga durante media hora, un cuarto en cada sentido. Con carga también.

- Los frenos serán debida y detalladamente probados: Se probará a aplicar carga a un tambor suelto, y este no deberá moverse en dos minutos. Adicionalmente se comprobarán perdidas de aceite, presión, temperaturas, ruidos y consumos.

- *Nomenclatura:* Un código describirá al equipo, en este formato: "denominación" "norma ISO" "tipo" "especificación" "subtipo" "capacidad".

Así: Mooring winch ISO 3730 H 70/0,35 RP N, será un chigre regido por el estándar ISO 3730, de accionamiento hidráulico, con una carga de 70 kN y una velocidad nominal de 0,35 metros por segundo. Tendrá múltiples tambores a la derecha con una capacidad normal.

- *Identificación:* La placa del equipo deberá mostrar todos estos datos, además del nombre del fabricante y la fecha de fabricación.

5. CONCLUSIONES DE LA EVOLUCIÓN FUTURA DE LOS REGLAMENTOS DE LAS SSCC Y NORMAS ISO.

La primera y más evidente analogía se da entre la circular de la OMI 1175 y el documento de la IACS. Todo lo que la OMI estipula sobre los elementos estructurales de amarre está recogido palabra por palabra por las sociedades de clasificación en sus requerimientos. No obstante, sí difieren en algo: la IACS añade dos apartados más, uno sobre la corrosión de los elementos y otro sobre las revisiones de los mismos tras la construcción del buque. Son incisos breves pero al fin y al cabo testigos de la diferencia de edad entre las dos regulaciones. Además, la IACS no añade al final la tabla de valores por número de equipo, ausencia que suple refiriéndose en el texto a otra recomendación de la asociación en la que sí se encontraría dicha tabla. En cuanto al método de cálculo del número de equipo, es exactamente idéntico en ambos documentos.

Dicho esto, resta comparar los contenidos de estos dos documentos con la norma ISO. La norma ISO es mucho más completa y específica que las otras, de modo que a priori es de suponer que muchos de sus contenidos carecen de equivalente para la OMI y la IACS. Estos son algunos de los apartados que son tratados en exclusiva en la norma ISO 3730:

- Tipos de chigres según la posición y el número de cabirones
- Diseño y requerimientos mecánicos de los cabirones
- Características de los frenos del chigre
- Requisitos del motor eléctrico o hidráulico del chigre
- Velocidades de la línea de amarre
- Test sin carga, test con carga, test de frenos y otras pruebas
- Sistema de designación y marcado de chigres

En lo que sí cabe establecer comparación es en lo referente a las consideraciones sobre cargas de trabajo de los elementos de amarre. La OMI (y la IACS), por tener un carácter más general, se refieren a términos como carga de diseño, carga de rotura o carga de seguridad para cualquier tipo de equipo de amarre, haciendo ciertas precisiones. Por ejemplo, estipula que en los chigres la carga de diseño debe ser 1,25 veces la fuerza de rotura de la línea de amarre, y a su vez la carga de trabajo de seguridad (SWL) no debe exceder el 80% de la de diseño.

Mientras tanto, la norma ISO utiliza otros términos: puesto que es específica de los chigres de amarre, contiene relaciones más ajustadas, como que la carga del tambor no puede superar 0,4 veces el límite elástico superior de la línea de amarra, y a su vez debe situarse entre 0,22 y 0,33 veces la carga de rotura de la estacha.

Al margen de esto, resulta interesante comparar las tablas que incluyen los dos documentos. La tabla de la circular de la OMI relaciona la carga de rotura mínima de las líneas de amarre y de las de remolque con el número de equipo; por su parte, la tabla de la norma ISO especifica muchas propiedades físicas (carga del cabirón, velocidad de izada, diámetro de estacha, varios tipos de cargas y metros de capacidad del tambor, entre otras) para cada diámetro nominal del chigre. Las tablas son bien distintas, pero permiten obtener, combinadas, cierta información.

Por ejemplo, si estudiamos un buque con un número de equipo de 1100, según la tabla de la OMI la carga de rotura mínima de sus estachas es de 250 kN. A su vez, mediante la tabla de la norma ISO podemos relacionar un diámetro nominal de 6,3 con una carga de rotura mínima de 252 kN para la estacha. Combinando estas dos observaciones, podemos determinar que el buque necesitará un chigre con un tamaño nominal de 6,3. No es más que un caso particular de las sinergias que podemos obtener a partir de dos tablas elaboradas por diferentes instituciones.

En cualquier caso, la conclusión es que los documentos son considerablemente distintos, lo suficiente para ser poco contradictorios, y ello permite hacer uso de ellos a la vez. De hecho, da la impresión de que así debe ser: la OMI y la IACS parecen más enfocadas hacia la construcción naval, entendida como una industria de síntesis; las normas ISO, y ésta en particular, deberán ser tenidas más en cuenta por los propios fabricantes de equipos, los equipos que, con arreglo a las recomendaciones de las anteriores organizaciones, deberán ser implementadas en los buques.

Como proceso previo deberemos considerar el cálculo del número de equipo (equipment number) y a través de los valores tabulados por la IACS relativos al diámetro, longitud de cadena y la masa del ancla, determinar el tren de amarre y fondeo que el chigre/molinete deberá maniobrar. De la consideración de la regulación armonizada y de las hipótesis de partida, podremos determinar las características principales del chigre/molinete de acuerdo con los datos suministrados por el cliente. Siendo en general necesarios unos datos mínimos de partida.

Realizando un estudio de lo especificado por las Sociedades de Clasificación, se puede observar que estas no arrojan datos referentes a la fabricación de los elementos de los equipos de amarre. Para encontrarlos debemos dirigirnos a la norma ISO 3730.

Los resultados se pueden observar en la tabla siguiente, que confirma que se debe tender hacia una estandarización de los equipos de amarre, así como de los elementos que los conforman. Las Sociedades de Clasificación abordan muchos aspectos referentes al amarre, pero dejan de lado aspectos muy importantes de la fabricación de esos elementos y de sus equipos.

Características especificadas en la norma ISO 3730

Carretel	Fijados los diámetros
Freno	Definido
Separador/Estibador	Definido como opcional
Frenado de emergencia	Exigido
Embrague	Exigido
Carga de trabajo	0.33·MBL del cabo
Carga máxima	0.80·MBL del cabo
Carga para largado	0.50·MBL del cabo
Carga para cobrado	0.50·MBL del cabo
Velocidad nominal	Definida
Capacidad de frenado del carretel	Definido como 0.8·MBL del cabo
Capacidad del carretel	Definido

6. BIBLIOGRAFÍA.

[1] Carral, J., Carral, L., Villa Caro, R., & Fraguela, J. (2015). Anchor windlasses, a design proposal to harmonise regulations. *International Journal of Maritime Engineering*, Vol 157: Part A2. ISSN: 1479-8751.

[2] International Association of Classification S. (2007). Requirements concerning mooring, anchoring and towing. IACS.

[3] ISO 3730. (2012). Shipbuilding – Mooring winches.

[4] Oil Companies International Marine Forum. (2008). Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition. Great Britain: OCIMF.

[5] OMI 1175. (2005). Guidance on shipboard towing and mooring equipment. OMI.

[6] Villa Caro, R. (Diciembre de 2014). Equipos de amarre de los buques. Cargas de diseño, resistencia y factores de seguridad. Boletín Técnico de Ingeniería de la Armada, 60-62. DOI:10.13140/2.1.5040.2880

[7] Villa Caro, R., Carral, L., & Fraguela, J. (2013). Selección del equipo de amarre y fondeo de un remolcador. XXIII Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, Ingeniería Portuaria (págs. 461-481). Isla Margarita: IPIN. ISBN: 978-980-7629-00-3

[8] Villa Caro, R. (Julio de 2015). Sistemas de amarre en buques: situación actual y evolución futura. TESIS DOCTORAL.