

El chigre de remolque en las maniobras de altura y de escolta: propuesta de armonización en sus parámetros de diseño

Autores: Juan Carlos Carral-Couce de Carral y Durán Ingenieros
Luis Carral-Couce de la Escuela Politécnica Superior. Universidad de La Coruña.
José Ángel Fraguera-Formoso de la Escuela Politécnica Superior. Universidad de La Coruña.
José Luis Fernández-Soto de Germanischer Lloyd

1. INTRODUCCIÓN

Cada tipo de remolcador irá equipado con los elementos necesarios para desarrollar su trabajo. Parte de estos elementos corresponderá a equipos o dispositivos fijos a cubierta: chigre de remolque. Otros formarán parte del material necesario para efectuar el remolque: el tren de remolque. En cualquier caso los equipos anteriormente citados, al igual que el conjunto del proyecto del remolcador, estará condicionado por la potencia instalada a bordo, y por el tipo de utilización que se le quiera dar (tipo de servicio) [1].

llevará a pensar que existe una similitud importante entre ellos. Sin embargo en lo relativo a la consideración del chigre de remolque esta similitud no se presenta, ya que existen diferencias notables y silencios significativos que se pondrán de manifiesto en las tablas comparativas que se incluyen. En ellas se recogen los reglamentos correspondientes a las sociedades de clasificación siguientes: *American Bureau of Shipping-ABS*, *Bureau Veritas-Bv*, *Det Norske Veritas-DNV*, *Germanischer Lloyd-GL* y *LloydsRegister of Shipping-LR.*, a la *Organización Marítima Inter-*

permite a través de su estudio y comparación, la proposición de un criterio armonizado que permita desarrollar una regulación futura común.

2. EL CHIGRE DE REMOLQUE

La última generación de remolcadores, en sus diversas configuraciones de puerto o de altura, cuentan con un chigre o maquinilla de remolque dotada de un carretel con capacidad para contener la totalidad del cable de remolque. Este carretel se acciona con un motor eléctrico o hidráulico, cuyas revoluciones y par se adaptan a las requeridas velocidades de izada y tracción.

De resultados de la similitud en su operación se podrá establecer un paralelismo entre los parámetros de diseño a considerar en las maquinillas de pesca y el chigre de remolque. De la consideración de [3] [4] podremos establecer como parámetros de diseño de la maquinilla de pesca: la tracción dinámica, la velocidad de largado e izado, la geometría del carretel, la longitud de cable a emplear y la tracción estática o al freno. Adoptaremos para el chigre de remolque esos mismos parámetros.

Del proyecto del buque remolcador estableceremos que la potencia instalada a bordo determinará la tracción a punto fijo ó *bollard pull* [5]. La consideración del *bollard pull* del remolcador conducirá a la determinación de su línea de remolque y servirá para establecer algunos de los parámetros de diseño de su chigre (tracción estática al freno, tracción dinámica y la velocidad de largado y cobrado). De igual modo el tipo de servicio que presta el remolcador determinará el número y longitud de las líneas de remolque neces-

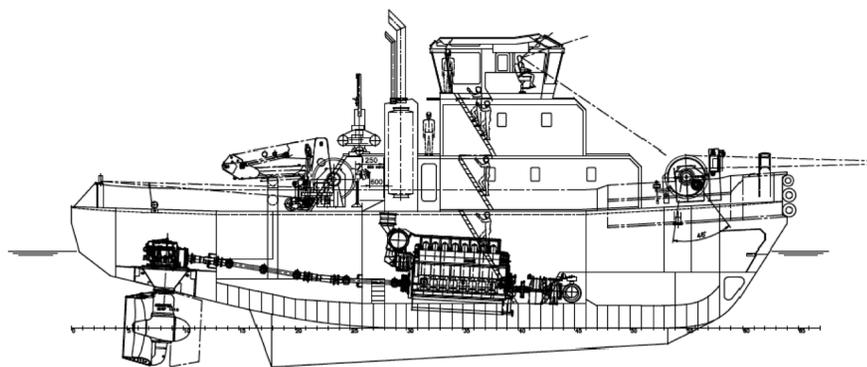


Fig. 1: Remolcador escolta con propulsión azimutal dotado de chigres de remolque en proa y popa

El diseñador en su proceso de diseño deberá adaptarse a lo establecido en el reglamento que corresponda a la sociedad de clasificación que elija el armador. El objetivo de preservar la seguridad del buque ha presidido el desarrollo de los reglamentos y el que haya existido un objetivo común nos

nacional – OMI y las Normas ISO.

Las diferencias señaladas harán que el proyectista deba plantear su proceso de diseño del equipo supeditado a la sociedad que clasifique el remolcador [2]. La convivencia de las reglas de clasificación con la regulación de la OMI y la normativa UNE-EN-ISO nos

rias, y de ese modo las dimensiones del elemento destinado a contenerlo: el carretel. [7]



Fig. 2: Chigre de remolque para remolcador convencional

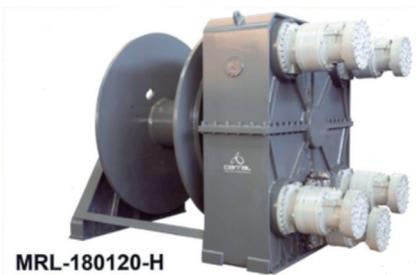


Fig. 3: Chigre de remolque mixto para remolcador escolta de 75 Tn de BP



Fig. 4: Chigre de remolque para remolcador de puerto

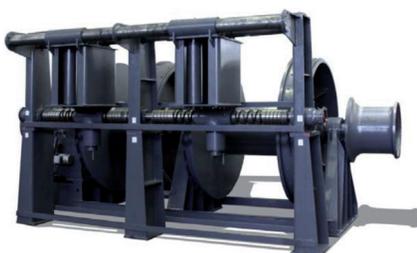


Fig. 5: Chigre de remolque de altura



Fig. 6: Gancho de remolque

3. REGLAMENTACIÓN EXISTENTE

La cobertura del riesgo del buque durante su actividad por parte de la aseguradora, está supeditada a la po-

sesión del certificado de clase. Este obliga al armador a que la construcción del buque y equipos asociados, así como su mantenimiento posterior, se realice de acuerdo con los reglamentos de las conocidas como sociedades de clasificación. Será potestativo del armador del remolcador determinar la sociedad que se encargue de emitir el certificado de clase. De igual modo el país de bandera del buque determina el cumplimiento con las normas que considere de aplicación. A continuación se analizan los reglamentos que afectan al diseño del chigre de remolque.

	Exigencias de la Organización Marítima Internacional- OMI	Exigencias de las sociedades de clasificación	NORMA ISO 7365-1983
<i>Carga de rotura del cable</i>	Función del BP, establece 3 escalones sin distinguir entre las categorías de remolque	Interviene el concepto de carga de diseño. Consideración de criterios diferenciados por cada sociedad de clasificación para el remolque convencional y escolta	Función del BP, establece 3 escalones sin distinguir entre las categorías de remolque
<i>Capacidad de cable</i>	Menciona una longitud mínima para todas las categorías	No se menciona	No se menciona
<i>Geometría del carretel</i>	No se menciona	No se menciona	Referencias a la 1ª capa, al diámetro del tubo interior y al diámetro máximo
<i>Tracción nominal</i>	No se menciona	No se menciona	Lo relaciona con el BP para cada valor nominal de la tracción
<i>Tracción al freno</i>	Igual al MBL del cable	Es función del BP, pero no existe coincidencia en el valor	2.5 veces el MBP
<i>Velocidades de largado y cobrado</i>	Mención al largado de emergencia	Mención al largado de emergencia	Propuesta numérica de dos velocidades con diferenciación en 400 Kn

Tabla 1: Análisis comparativo de los distintos reglamentos en su consideración de los parámetros de diseño del Chigre

Las *Guidelines for Safe Ocean Towing* [6] de la OMI, se refieren a distintos aspectos de los buques remolcadores y su operación. En su capítulo 12, se analiza el chigre de remolque.

Siempre resultará de interés el conocimiento de los contenidos de los reglamentos de las sociedades de clasificación que determinan los componentes del chigre y el tren de remolque. En esa línea resultará sorprendente, a pesar de compartir un objetivo común, el diferente tratamiento que realizan los reglamentos: bien por sus diferentes prescripciones o bien por el silencio que mantienen en ciertos aspectos. En [2] se ha tratado en profundidad el alcance de cada reglamento y del análisis de cada uno de ellos se puede deducir que las indicaciones se refieren a los aspectos operacionales, y poco o nada se regula respecto a aquellos parámetros que nos conducen a la definición del chigre.

En relación con el diseño de la línea de remolque, los reglamentos de las sociedades de clasificación determinan la utilización del concepto de la *mínima carga de rotura* (MBL) de este elemento. El MBL se calculará como una función de las *cargas de diseño* (DF) intervinientes, considerando como parámetro el valor de la *tracción a punto fijo* (BP). Sin embargo se proponen criterios diferenciados a la hora de la determinación del BP [2].

La norma ISO 7365-1983 relativa a chigres de remolque –“*shipbuilding and marine structures-deck machinery-towing winch for deep sea use*”. analizada en último lugar, es la que presta mayor atención a los parámetros de diseño del chigre.

La siguiente tabla recoge de forma resumida las aportaciones de los

MBP (kN)	CARGA MÍNIMA DE ROTURA: MBL
<300	3.5 * MBP
300 - 800	2.75 * MBP
>800	2.25 * MBP

Tabla 2: Relación entre la carga de rotura del cable y el MBP

reglamentos enunciados en lo relativo al cálculo de los parámetros de diseño.

4. PROPUESTA DE ARMONIZACIÓN REGLAMENTARIA. PROPUESTA DE CÁLCULO

4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL CHIGRE-CÁLCULO PREVIO DE LA CARGA DE ROTURA DEL CABLE

Conforme a lo indicado en el punto 2, los parámetros que debemos considerar para definir un chigre de remolque son los siguientes: dimensiones del carretel (capacidad de cable y geometría del carretel); tracciones del chigre (nominal y al freno); velocidades de largado y virado. Como cálculo previo deberemos considerar el diámetro del cable de remolque a utilizar, lo que nos obliga a la consideración de un criterio para la obtención del MBL.

A pesar de la coincidencia en la dependencia del MBL respecto al BP, la Tabla 1 recoge planteamientos bien diferentes: la OMI y la norma ISO establecen tres escalones para el cálculo pero sin que intervengan las categorías de remolque. Las sociedades de clasificación hacen intervenir el concepto “carga de diseño” a la vez que distinguen entre el remolque convencional y escolta. Sin embargo sus propuestas de cálculo resultan diferentes.

La propuesta armonizadora consistirá en adoptar el criterio de la norma ISO. Resultando la más conservadora de todas las propuestas su cumplimiento permitirá cubrir las demás.

TIPO DE REMOLCADOR	NÚMERO DE CARRETELES	LONG. DE CABLE (m)	VALOR MÍNIMO(m)
ST	2	2000*BP/MBL	800
U	1	1800*BP/MBL	650
R1	1	1800*BP/MBL	650
R2	1	1200*BP/MBL	500
R3	1	1200*BP/MBL	500

Tabla 3: Mínima capacidad de cable del carretel, según la categoría de remolque y el BP del buque

4.2. DIMENSIONES DEL CARRETEL

4.2.1. Capacidad de cable

En la tabla 1 se recoge la única aportación al respeto; la de la OMI, en la que únicamente se indica una longitud de cable mínima y común para todas las categorías. Como la longitud de cable a utilizar será función de las circunstancias particulares de cada buque concreto, dependiendo de dos factores: de su BP y del tipo de servicio que el remolcador realice, se ha aplicado el contenido de [7] en la que se mantiene el acertado criterio de relacionar la longitud del cable con el tipo de servicio. (en la práctica obtendremos el factor MBL contenido en la Tabla 2 para después aplicarlo particularizarlo para cada modalidad de remolque, tal y como nos propone la Tabla 3 y obtener el valor de la longitud).

Se incluyen en la Tabla 3 las cinco categorías de remolcadores definidas en [2].

4.2.2. Geometría del carretel

La geometría del carretel vendrá definida por tres parámetros: diámetro mínimo, diámetro máximo y anchura. Una vez fijados dos de ellos, el tercero vendrá impuesto por la longitud de cable a almacenar.

El diámetro mínimo depende directamente del tipo y diámetro de cable o estacha a emplear. Para evitar que este elemento sufra es recomendable mantener una relación mínima entre el diámetro del cable o estacha y el diámetro del tubo sobre el que se arrolla, así para un cable de acero esta relación es de 17 [8].

El diámetro máximo del carretel vendrá impuesto por la variación admisible entre la velocidad en primera capa y en la última. En [8] se establece la formulación adecuada para el cálculo del valor del diámetro máximo estableciendo una restricción en el 25% de variación de la velocidad nominal, de igual modo se propone la expresión a emplear para la obtención del tercer parámetro: la longitud del carretel. Recordar que la norma ISO establece una holgura entre la última capa y el exterior del carretel de al menos 1,5 veces el diámetro del cable. La fórmula de [8] ha sido modificada para tener en cuenta este último extremo.

$$L_{\text{carretel}} = \frac{1520 \cdot d_{\text{cable}}^2 \cdot C_{\text{cable}}}{\left((D_{\text{max}} - 2,6 \cdot d_{\text{cable}})^2 - d_{\text{min}}^2 \right) \cdot K_{\text{est}}} \quad (1)$$

Siendo: d_{cable} = diámetro del cable (mm); C_{cable} = capacidad de cable (m); D_{max} = diámetro máximo del carretel (mm); d_{min} = diámetro mínimo del carretel (mm); k_{est} = coeficiente de estiba

4.3. TRACCIÓN DEL CHIGRE

4.3.1. Tracción nominal

Nada se considera al respecto en los reglamentos estudiados, excepción hecha de la norma ISO. En esta se encuentran tabulados diversos valores de tracción y su correspondencia con un BP propuesto. Sin embargo, la práctica nos indica que el proceso de cálculo a seguir es precisamente el contrario: se parte del BP del remolcador y en el astillero se determina la tracción nominal del chigre. De esta experiencia, y contando con la base de datos proporcionada por las recientes entregas de buques remolcadores producidas en astilleros españoles, se ha obtenido la Tabla 4 que recoge la propuesta de

BP DEL REMOLCADOR	TRACCIÓN MAX
BP ≤ 500	0,5 X BP
BP > 500	0,4 X BP

Tabla 4: Relación entre la tracción máxima y el BP del buque

relación entre el BP del buque y la tracción de su chigre.

4.3.2. Tracción al freno

Esta tracción es la que tiene que ser capaz de mantener el chigre en condiciones estáticas, es decir actuando con los frenos accionados, por lo que se denomina también tracción a punto fijo o capacidad de frenado. Al igual que la tracción nominal dinámica se suele especificar en la primera capa de cable. Es un valor claramente definido por todas las sociedades clasificadoras en función del BP del remolcador, pero no todas coinciden en el mismo valor.

La regulación de la OMI propone un valor igual al MBL, mientras que la norma ISO lo sitúa en un valor constante igual a 2.5 MBP. Sin embargo resulta razonable considerar que la capacidad de frenado debe ser superior al BP del remolcador e inferior a la carga de rotura del cable o de la estacha (ver Tabla 2), pues de otro modo, por un error humano, se podría romper el cable y perder el remolque. De igual modo resulta razonable que la tracción al freno se escale, al igual que lo hace la MBL en la norma ISO, para los distintos intervalos del BP. De la aplicación de este criterio se propone considerar el 80% de la carga de rotura del cable.

Max BP DEL REMOLCADOR	TRACCIÓN AL FRENO
BP < 300	2.8xBp
300 ≤ BP < 800	2.2xBp
800 ≤ BP	1.8xBp

Tabla 5: Relación entre la tracción al freno y el Bp del remolcador

4.4. VELOCIDAD DE COBRADO Y LARGADO

La OMI y las sociedades de clasificación mencionan la existencia de una seguridad que consiste en un largado de emergencia, sin consignar valores numéricos para la operativa de cobrado y largado. La norma ISO indica valores numéricos diferenciados para la velo-

cidad en carga y la velocidad en vacío, estableciendo un escalón a partir de 400 Kn. Al referirse a la existencia de la capacidad de largado rápido, la menciona sin cuantificar su valor.

Se deben establecer los valores correspondientes a la velocidad en carga y en vacío para el cobrado y el largado, al mismo tiempo se deberá consignar un valor para el largado rápido. En [3] y [8] se establecen como habituales velocidades muy superiores a las consignadas en la norma ISO: sin duda el tiempo transcurrido desde la publicación de la Norma, con el consiguiente avance habido en los accionamientos, ha propiciado este desfase.

La realidad representada por las entregas de remolcadores en los últimos años contrastada por los autores conduce a valores como los tabulados, en donde la velocidad en vacío duplica a la de carga y se establece un largado rápido en el entorno de los 50 m/min. De igual modo se establece un punto de diferenciación que estaría aproximadamente en 500 kN.

TRACCIÓN (KN)	VELOCIDAD DE COBRADO (m/min.)		VELOCIDAD de LARGADO (m/min.)	
	Carga	Vacío	Vacío	Rápida
≤ 500	15	30	30	50
>500	10	20	20	40

Tabla 6: Relación entre tracción y velocidad de largado y de cobrado

5. CONCLUSIONES

La reglamentación marítima que puede ser de aplicación en el diseño de los chigres de remolque no ofrece suficientes criterios para el cálculo de sus parámetros de diseño. Las normas consideradas prestan más atención a los aspectos operacionales y a los interfaces entre el buque y el equipo, que a definir las características del chigre. La única excepción al planteamiento anterior lo constituyen las normas ISO, sin embargo de la comparación entre sus

exigencias y la realidad de los remolcadores de última generación salidos de nuestros astilleros, se deduce que el tiempo transcurrido desde su publicación se evidencia en unos parámetros calculados distanciados de la realidad.

La propuesta de armonización reglamentaria se basará en la determinación de los parámetros que debemos considerar para definir un chigre de remolque: dimensiones del carretel (capacidad de cable y geometría del carretel); tracciones del chigre (nominal y al freno); velocidades de largado y virado.

Para la determinación de esos parámetros se han combinado las normas ISO, las consideraciones de la *Organización Marítima Internacional* (OMI) y el contraste con el análisis estadístico correspondiente a los remolcadores construidos en nuestros astilleros en los últimos años. Todo ello se ha combinado de acuerdo con el contenido de las referencias bibliográficas que han considerado el tema. Se han obtenido expresiones y tablas que permitirán la

obtención de los parámetros de diseño indicados para el caso de remolcadores que operen en diferentes servicios y con distintas capacidades de tracción.

PARA SABER MÁS

- [1] Carral-Couce L, Carral-Couce JC., Alvarez-Feal C et al. "Sistema automático de maniobra para remolcadores del tipo escolta- Actas del XXII Congreso Internacional Copinaval", Buenos Aires, Instituto Panamericano de Ingeniería Naval, 2011, ISBN 978-987-27394-0-9
- [2] TerHaar J, "Towing Manual", The Netherlands, STC Group, 2011, - ISBN 978 - 90 - 810900-2-5
- [3] Carral-Couce L, Carral-Couce JC. "Diseño de maquinillas de pesca de arrastre pr popa: su influencia en el proyecto del buque de pesca destinado a caladeros comunitarios", Revista de Ingeniería Naval, nº 769, 316- 326, 2000.
- [4] Carral-Couce L. "Influencia de la maquinilla de pesca en el buque de arrastre por popa- Actas del XIX Congreso Internacional Copinaval" , Guayaquil, Instituto Panamericano de Ingeniería Naval, 2005.
- [5] Hancox M. "Towing -The Oilfield Seamanship Series -Volume 4", London, Oilfield Publications Limited, 1998, ISBN 1870945 492.
- [6] OMI, "Guidelines for Safe Ocean Towing - MSC/ Circ. 884", London, Organización Marítima Internacional, 2001.
- [7] Noble D. "Guidelines for the approval of towing vessels - 0021 /NO rev. 8", London, GL Group Noble Denton Tools , 2010.
- [8] Carral-Couce L, Carral-Couce JC. "Normas prácticas para el diseño de chigres de carga y maniobra", Revista de Ingeniería Naval, nº 761, 698- 702, 1999.

Presentación oficial de IPR, la certificación de los ingenieros Único certificado del mercado basado en el modelo por competencias

Fuente: Agencia



La necesidad de hacer más competitivos y dar mayor visibilidad tanto a los profesionales como a las empresas y el aumento de la demanda de ingenieros españoles por parte de otros países, ha impulsado la

puesta en marcha de la acreditación IPr (Ingeniero Profesional), desarrollada por la Asociación de Ingenieros Profesionales de España (AIPE*).

Con la colaboración y confianza de AMIC y de Caja de Ingenieros, el próximo 26 de junio tendrá lugar el lanzamiento del Certificado IPr en el Instituto de la Ingeniería de España en Madrid, calle General Arrando 38, a las 18:00h., momento a partir del cual todo ingeniero que desee ser IPr podrá llevar a cabo el proceso a través de su Colegio o Asociación profesional de referencia. Estas serán las instituciones que por su cercanía y contacto directo

con el ingeniero, le asesoraran en su carrera profesional, y en todo el proceso de certificación y registro.

¿Por qué una certificación ahora?

Ante la cantidad y diversidad de titulaciones cuya denominación contiene la palabra ingeniero, creadas con el Plan Bolonia, las organizaciones profesionales consideran fundamental clarificar y ordenar este marco ante los profesionales, empresas y administraciones, tanto a nivel nacional como internacional. ■

*AIPE está integrado por los siguientes socios:

Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales de Álava, Albacete, Andalucía Occidental, Andalucía Oriental, Aragón y La Rioja, Asturias y León, Bizkaia, Santa Cruz de Tenerife, Canarias, Extremadura, Galicia, Gipuzkoa, Madrid y Navarra; Asociaciones de Ingenieros Industriales de Andalucía Occidental, Burgos y Palencia, Cantabria, Comunidad Valenciana y Región de Murcia; Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Agrónomos; Asociación Nacional de Ingenieros de ICAI; Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas; Colegio de Ingenieros de Montes; Colegio Oficial de Ingenieros Navales.