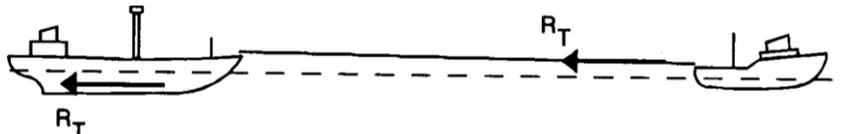


Teoría del remolque de alta mar

Cap. E. Gilardoni

Los principios teóricos en que se basa el remolque en alta mar son sencillos.

Un buque, al que denominaremos remolcador, arrastra por su popa, mediante un cabo o cable de remolque a otro buque, el remolcado; una vez alcanzada la velocidad de marcha, el buque remolcado ofrece una resistencia al movimiento de avance que debe ser contrarrestada por la potencia suministrada por el remolcador.

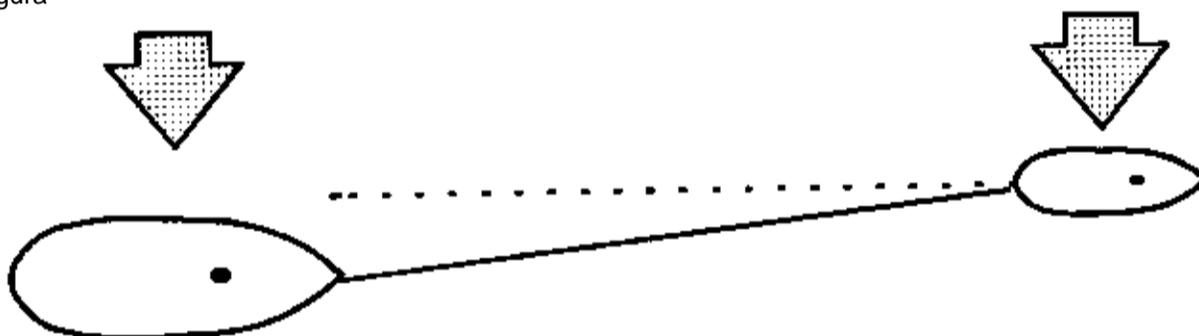


La resistencia a la marcha del buque remolcado se debe en general a los siguientes factores:

1. Resistencia hidrodinámica del casco del remolcado por fricción, remolinos y olas transversales.
2. Resistencia de la hélice del remolcado, cuyo efecto es mucho mayor si el porta hélice va frenado.
3. Golpes de mar sobre el casco, en especial las amuras.
4. Efectos del viento sobre la obra muerta.

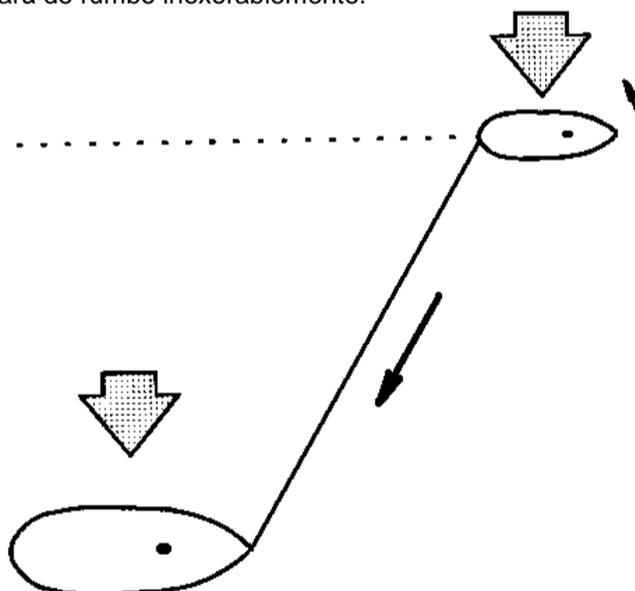
En circunstancias de viento y mar estables el conjunto remolcador / remolcado alcanzaran una posición de equilibrio que será mantenida mientras no varíe ninguno de los elementos intervinientes.

Por ejemplo, con viento del través posiblemente el convoy adopte una posición como la que muestra la figura



Puede presentarse el caso de que el remolcado por la acción del viento del través avance más que el remolcador.

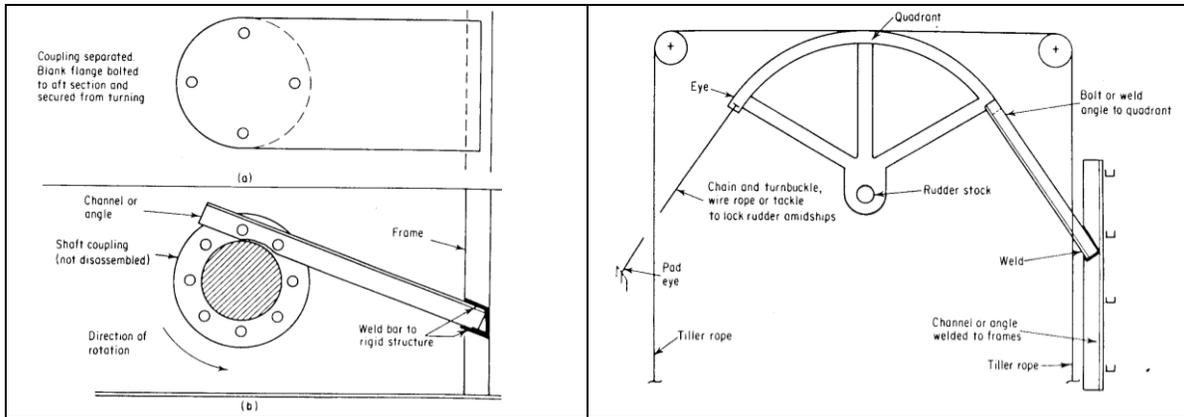
Esa situación puede alcanzar valores peligrosos, más aún si el remolcador no es un buque preparado para tal fin, ya que lo sacará de rumbo inexorablemente.



Este fenómeno es bastante similar al campaneó de un buque que está fondeado con fuerte viento.

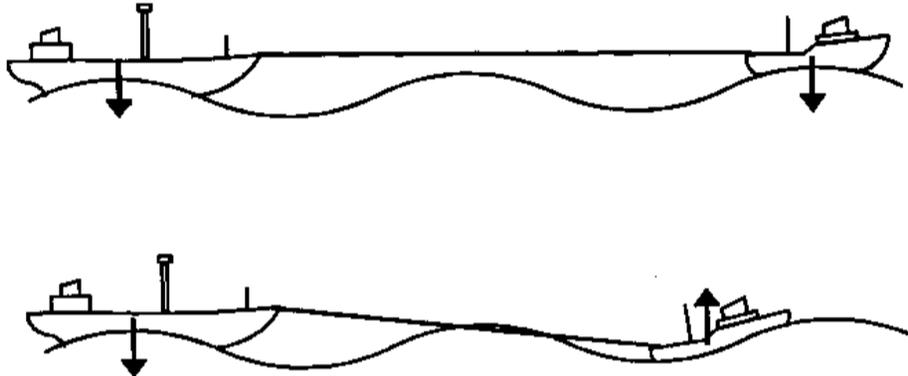
En este caso hay que tomar urgentemente alguna de las siguientes medidas:

1. Si el remolcado posee gobierno: ordenarle que coloque el timonee de forma tal que siga las aguas del remolcado. Si no tiene gobierno, realizar alguna maniobra en su servo para fijar el timón con un ángulo de metida necesario, (en el caso del ejemplo a babor), para contrarrestar el efecto de campaneó
2. Variar la longitud del remolque.
3. Variar la velocidad del convoy.
4. Arrastrar por popa del remolcado, cabos u otros objetos que aumenten la resistencia al avance.



Formas de fijar un timón en un buque sin gobierno

Con referencia al plano vertical es necesario lograr posiciones estables, es decir: es imprescindible que el conjunto adopte una longitud de remolque que sea múltiplo exacto de la longitud de la ola en el sentido de avance del convoy, ya que de esa forma remolcador y remolcado se encuentran ocupando posiciones similares en iguales instantes, no sufriendo el cable de remolque peligrosos estrechonzos.



Cálculo de la velocidad y tensión del remolque:

En ausencia de elementos exteriores, como viento y/o mar, la resistencia que ofrece el remolcado es la denominada resistencia total (**R_t**) y que depende sobre todo de la velocidad (**V_b**) y del área de la superficie mojada (**S**) relacionadas mediante la fórmula:

$$R_t = \frac{C_t \times d \times V_b^2 \times S}{2}$$

Donde:

- C_t Coeficiente de resistencia total
- d Densidad del agua
- V_b Velocidad del buque
- S Superficie de la carena mojada

El coeficiente de resistencia total **C_t** se obtiene de manera experimental en los ensayos de arrastre de modelos en los canales de experiencias hidrodinámicas para distintas velocidades, aumentando su valor con la velocidad desarrollada y alcanzando el máximo para velocidades próximas a la crítica (L = 2e).

El dato del área de la superficie mojada (**S**) se puede obtener de las curvas de Bonjean.

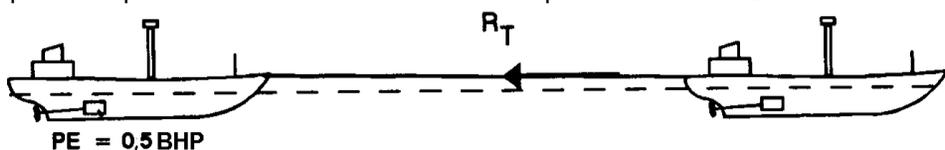
La resistencia total (**R_t**) será la fuerza que soporta el cabo o cable de remolque, por lo cual es imprescindible conocerla antes de inicial la operación para determinar si la velocidad prevista no superará la carga de rotura del cable.

Se debe tener presente que el valor de **R_t** obtenido corresponde a hélice ó hélices desmontadas.

Si, como es habitual, el propulsor está instalado dicha resistencia no aumentará en exceso si se la deja girar libremente. Sin embargo cuando la hélice ó hélices están trincadas, la resistencia a la marcha llega a duplicarse en buques de una sola hélice ó a multiplicarse por 2,5 cuando es un bi hélice.

Como en una emergencia posiblemente se desconozca el valor de **C_t**, una fórmula práctica de calcular esfuerzos y potencias en los remolques es por medio de la potencia efectiva **P_e** que es la que genera las caras activas de la hélice (la menor de todas las potencias) ó también podemos decir que es la potencia necesaria para vencer la resistencia total **R_t**.

A los efectos prácticos puede tomarse como la mitad de la potencia al freno **BHP**.



Veamos el siguiente ejemplo:

Se debe realizar un remolque entre dos buques de similar tonelaje y potencia.

Las potencias al freno para 5 y 10 nudos en estos buques son de 2.000 y 8.000 HP respectivamente.

Si aplicamos un factor de conversión de ½ tendremos que las potencias efectivas serán de 1.000 y 4.000 HP respectivamente.

$$Pe = \frac{Rt(Kg) \times V(Ns)}{146}$$

Haciendo pasaje de términos, la fórmula que nos permite obtener la resistencia total:
Para 5 nudos:

$$Rt(kg) = \frac{1000 \times 146}{5} = 29.200kg$$

Y para 10 nudos

$$= \frac{4000 \times 146}{10} = 58.400kg$$

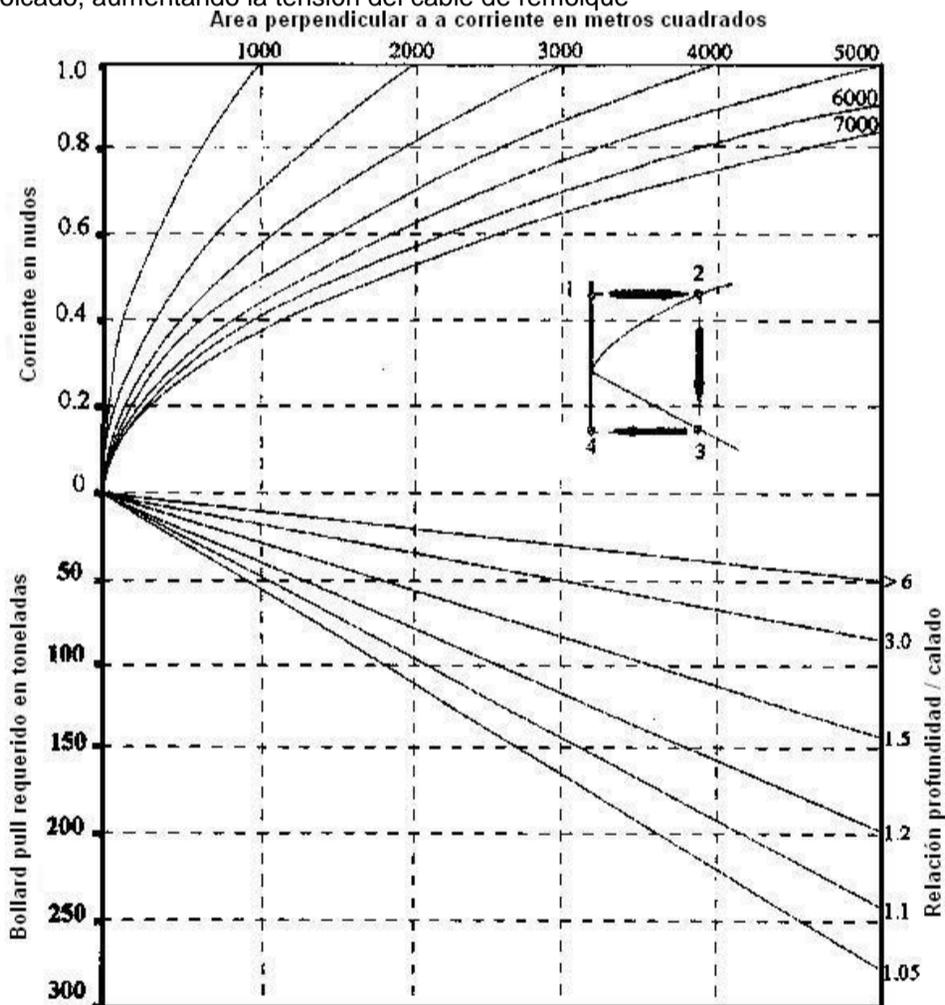
Esto nos servirá para determinar si el cable que utilizaremos es el realmente adecuado, debiendo tener en cuenta que estos valores son absolutamente teóricos.

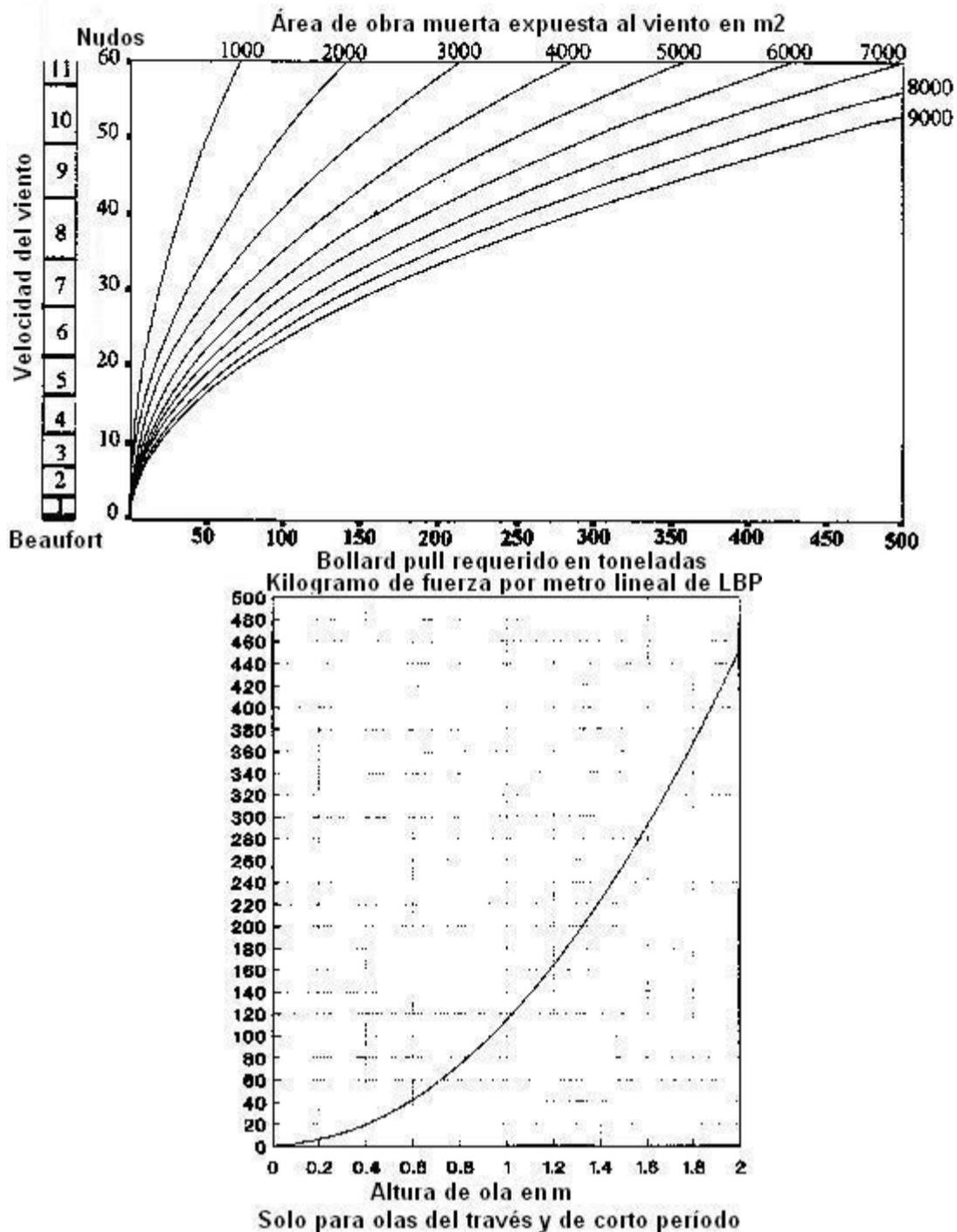
En la práctica deberemos sumar los efectos producidos por el viento y el mar imperantes, más los golpes de mar y rachas de viento ocasionales que actúen sobre el remolcado que pueden provocar estrechonzos que el cable de remolque debe estar en condiciones de absorber.

De ahí se desprende la segunda recomendación:

El elemento de remolque debe de estar en condiciones de absorber intensas y variables tensiones longitudinales.

Los siguientes diagramas nos permite calcular el efecto que corriente, viento y olas, pueden generar sobre el remolcado, aumentando la tensión del cable de remolque



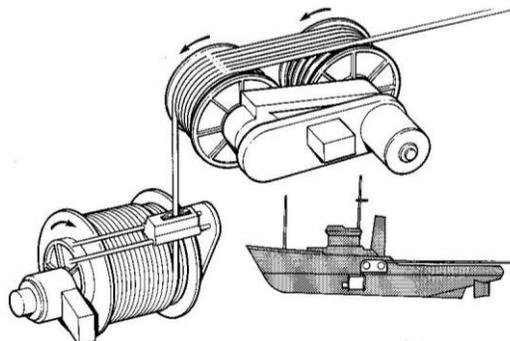


Sistemas de remolque por largo:

Existen tres sistemas básicos de remolque por largo que se diferencian en la manera de solucionar el problema de la absorción de los estrechonzos.

Estos métodos son:

1. Cable de acero de suficiente longitud.
2. Cabo sintético.
3. Guinche de tensión variable.



Guinche de fricción o tensión variable

Una característica común a los tres métodos es que, cuanto mayor sea la longitud del remolque, mejor será la absorción de los estrechonzos ya que aunque la elasticidad del cable o cabo sean mínimas, si es muy largo la catenaria formada por el mismo peso del cable o cabo también sirve de amortiguador de estrechonzos. Además tengamos presente que los cables o cabos son "recipientes de energía". O sea que cuantos más largos sean, mayor elongación, o sea acumulación de energía, podrán lograr.

La mayoría de los buques cuentan con instalaciones y elementos de remolque, entre ellos se destaca un grueso cable que, estibado en un carretel a proa, se dedica solo para tal fin.

Remolque con cable de acero:

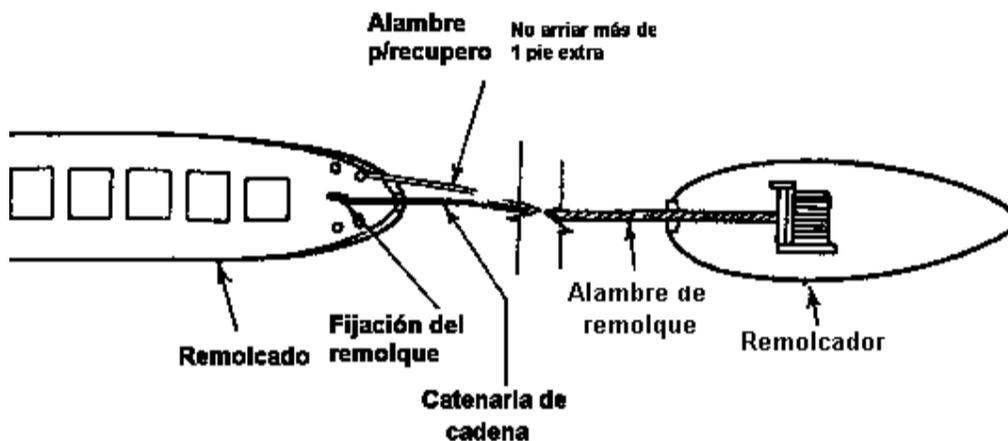
Tradicionalmente, debido a la superior resistencia respecto a los cabos a igual diámetro, es el cable de acero el que se utiliza como elemento de tracción en las operaciones de remolque de mar.

Sus principales desventajas, sin embargo son:

- Las dificultades que presenta su manejo.
- Su falta de elasticidad.

Este último es el más grave de los problemas que puede llevar fácilmente a la rotura del mismo y la forma de minimizar dicho riesgo es provocándole una gran catenaria capaz de absorber los cambios bruscos de tensión.

En buques relativamente pequeños o que no poseen grandes longitudes de alambres, en donde no se pueden lograr adecuadas catenarias se puede colocar uno o dos grilletes de cadena entre ambos buques intercalado entre los alambres de remolque ó empalmando el alambre de remolque a uno o dos grilletes de cadena de fondeo a partir de la proa del remolcado.



Como es de suponer, cuando la tensión sobre el cable disminuye, la flecha de la catenaria aumenta (curva punteada 2).

Esta particularidad debe de ser muy tenida en cuenta cuando se navega en aguas someras, ya que entonces el seno puede ir rozando el fondo deteriorándose o incluso enrocarse cortándose.

Si por el contrario la tracción aumenta la catenaria se hará menos pronunciada perdiendo poder de absorción de estrechazos. (línea punteada 3)

Como regla general se debe de evitar que la misma quede casi horizontal (fuera del agua)

Por todo ello se deberá tener presente que para cada régimen de velocidad es preciso regular la longitud del cable y/o ramal de cadena (en caso de estar utilizando ésta).

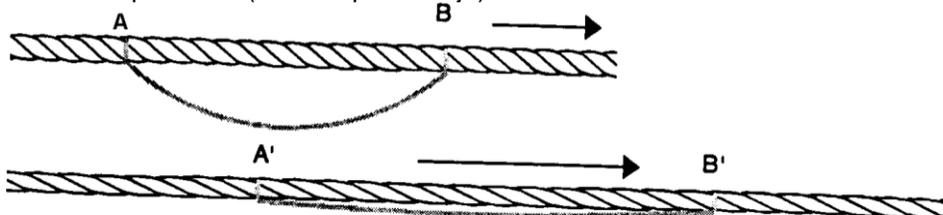
Como es de suponer una mayor velocidad exige una mayor potencia y por lo tanto aumentará la tensión sobre el cable de remolque por lo que será necesario darle mayor longitud con el fin de que la catenaria no se rectifique.

Remolque con cabo sintético:

Con la aparición de las fibras sintéticas de poco peso, gran mena y de bastante fácil manejo se las ha comenzado a utilizar en algunos remolques de mar. Su elevado coeficiente de elasticidad que alcanza a valores de hasta un 50% en los nylon y poliamidas sin deformación permanente, no es necesario la provocación de la catenaria, ya que el propio cabo se elonga y encoge absorbiendo las diferentes tensiones.

De hecho, en este caso, es conveniente llevar el cabo por encima de la superficie del agua ya que con ello se reduce el rozamiento del mismo con el líquido.

Hay un método práctico de conocer el grado de estiramiento de la estacha con el fin de evitar sobrecargas que pueden provocar su rotura. Consiste en amarrar un cabo de mucha menor mena tal como lo muestra la figura. La longitud del mismo estará acorde con el coeficiente de estiramiento de la estacha de remolque. Por ejemplo, si dicho coeficiente es de 50% se sujetaran las extremos del cabo testigo a un metro de distancia con una longitud de 1,4 metros con el fin de que cuando lo veamos teso sepamos que estamos próximos (un 10% por debajo) a alcanzar el valor máximo.



En cualquiera de los sistemas empleado hay una precaución que debe de ser tomada:

Si el cable o cabo de remolque debe de pasar a través de un portaespías, allí deberá intercalarse un tramo de cadena de dimensiones adecuadas, para evitar que el continuo rozamiento corte hilos o filásticas.

Esa cadena suele denominarse cadena de sacrificio.