

# Efectos laterales indeseados de una hélice

Cap. Eduardo O. Gilardoni

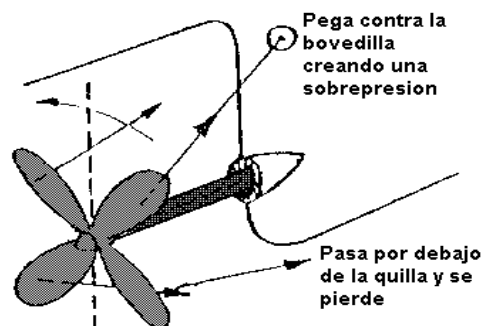
Las hélices marinas no sólo empujan o traccionan a un buque sino que además producen efectos laterales que el maniobrista debe conocer con el fin de aprovecharlos o minimizarlos según las circunstancias.

Dichos efectos son mucho más notables en los buques mono hélices cuando dan máquina atrás.

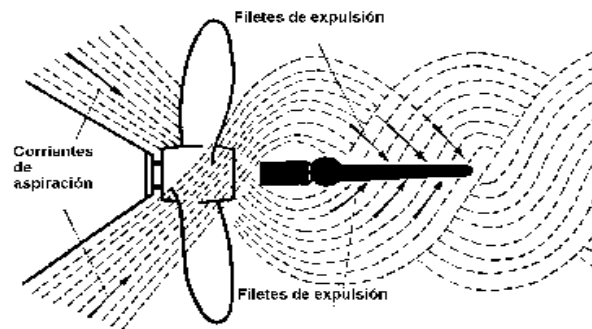
Todo maniobrista sabe lo incierto que resulta maniobrar un mono hélice dando máquina atrás y ello se debe a cuatro razones que expondré según su orden de importancia.

1. Sobre el timón actúa la corriente de aspiración la cual, contrariamente a la de expulsión, es débil. En consecuencia la presión que ejerce sobre la cara de popa del mismo es baja. Por supuesto ello depende de la estrepada atrás que tenga el buque, pero tengamos en cuenta que la popa de los buques no han sido diseñadas para abrir las aguas por lo que no es posible ni aconsejable tratar de adquirir velocidades altas.
2. Los filetes de la corriente de expulsión tienen una trayectoria helicoidal alargada y debemos analizarlos por separado: los originados por las palas de trayectoria ascendente pegan contra la bovedilla mientras que los provenientes de las palas descendentes pasan por debajo de la quilla no oponiéndose al empuje que efectúan los de la otra banda.
3. Cuando el buque está dando máquina atrás el punto pivote se desplaza hacia la popa, normalmente se ubica a  $\frac{1}{4}$  de la eslora contando desde el espejo dependiendo en gran medida de la forma de la popa. Ello reduce la longitud del brazo de palanca de la fuerza transversal que produce el timón.
4. El centro geométrico de la pala del timón, donde consideramos que se aplica la resultante de la presión del agua sobre el mismo, ( $P_n$ ) se desplaza ligeramente hacia la proa, lo que sumado a la cavitación que sobre el mismo se produce, disminuye aún más su momento evolutivo que debe provocar.

El grafico siguiente nos muestra el efecto de la corriente de expulsión en máquina atrás en un buque con hélice de pala fija dextrógiro dando atrás.



Veamos ahora cuales son las corrientes que se encuentran en la popa de un buque en movimiento avante.



### Corriente de aspiración

Consiste en filetes que en marcha avante llegan a la hélice lamiendo la bovedilla por los costados y por debajo del buque.

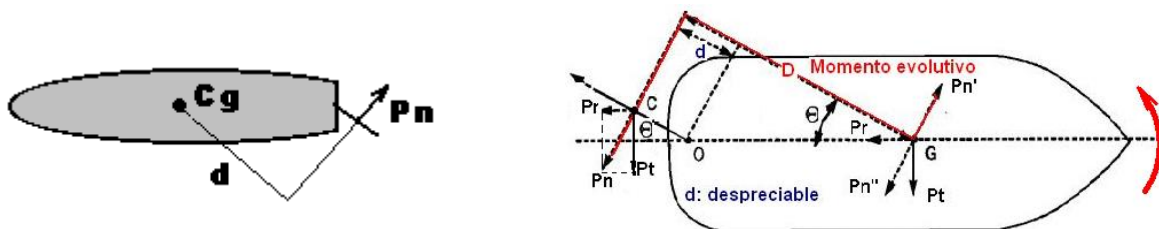
Cuando el buque navega en aguas profundas es un movimiento laminar pero cuando disminuye sensiblemente el margen de seguridad ese flujo se torna turbulento haciendo perder eficiencia al timón.

### Corriente de expulsión

Como se dijo anteriormente es una descarga de agua que describe una trayectoria helicoidal alargada.

Pega directamente sobre la cara de proa del timón cuando este se encuentra aplicado a una banda produciendo una importante fuerza denominada presión normal ( $P_n$ ); aunque en realidad no actúa perpendicularmente al mismo sino que lo hace con un ligero ángulo hacia popa.

Esta fuerza, al descomponerla obtendremos una transversal que se denomina presión transversal ( $P_t$ ) y una longitudinal denominada presión retardatriz ( $P_r$ ) las que producen dos efectos; el primero es el que origina el rabeo de la popa generando el momento evolutivo que provoca el cambio del rumbo, mientras que el segundo crea una resistencia que es el hace, en primera instancia, perder velocidad al buque.



### Corriente de friccional, de arrastre o de estela

El buque cuando avanza, como todo móvil que se mueva dentro de un fluido, arrastra parte del mismo que lo rodea.

En este caso arrastra aire y agua.

Lógicamente, por diferencias de densidades, es mucho más importante el arrastre del agua que adquiere un valor muy importante, más aún cuando el buque se desplaza en aguas restringidas.

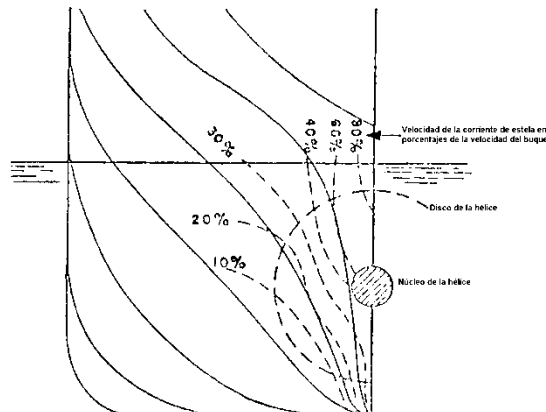
Esa masa de agua se la denomina “masa adicional” y puede alcanzar valores de masa iguales a la del buque cuando el margen de seguridad es muy pequeño y debe ser tenido muy en cuenta durante maniobras que requieran detener el buque, ya sea de movimientos longitudinales o transversales.

Para el cálculo del *bollardpull* necesario para la detención de dichas inercias existen fórmulas empíricas que permiten calcularlo y evitar sorpresas desagradables.

Pero esa masa de agua que acompaña al buque no es igual en velocidad a lo largo y a lo alto en toda la carena.

1. Podemos afirmar que es nula en proa y adquiere su máximo valor en la popa.
2. Es máxima en superficie disminuyendo a medida que se va profundizando.

El próximo gráfico nos muestra dichas diferencias referidas a la velocidad con que llegan los filetes líquidos de la corriente de aspiración al disco de la hélice expresados en porcentajes referidos a la velocidad del buque.

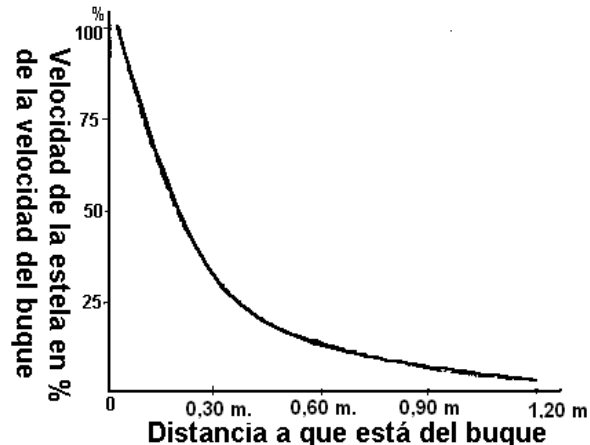


El mismo corresponde a un diagrama de formas de los finos de popa de un buque en donde se aprecian desde el espejo las siguientes cuadernas hacia proa hasta alcanzar el cuerpo prismático, por otro lado vemos el círculo que describe la hélice en su giro, el núcleo de la misma, la línea de flotación y por último, en líneas punteadas, la velocidad con que llegan los filetes líquidos al disco de la hélice.

Por ejemplo si el buque tiene una estrepada de 15 nudos, la línea de 80% significa que por allí corren los filetes a una velocidad de 13 nudos y en la de 10% lo hacen a 1,5 nudos.

Ello significa que las palas de la hélice cuando se mueven por el semicírculo superior de su trayectoria reciben una corriente a favor superior a cuando lo hacen por el semicírculo inferior y en consecuencia se rendimiento será mayor.

3. Es máxima contra el casco disminuyendo a medida que se aleja del mismo. En este último caso podemos calcular que la misma desaparece en aguas profundas a una distancia transversal de 1,20 m. para carenas limpias y cascos no remachados o con aditamentos importantes. El próximo gráfico nos muestra, a través de un diagrama cartesiano, dichas velocidades también expresadas en porcentajes de la velocidad del buque sobre agua.



Estas diferentes velocidades y direcciones con que llegan los filetes líquidos de la corriente de aspiración al disco de la hélice hace que el rendimiento de cada pala, según la posición puntual que estén ocupando, tenga una performance diferente lo que provoca que en marcha avante generen efectos laterales indeseados mucho menores y muy fácilmente de ser controlados a los efectos que se producen dando atrás. Esto es debido a que la corriente de expulsión actúa directamente sobre el timón.

Para analizar dichos efectos conviene que los clasifiquemos en dos categorías según su importancia:

#### 1. Principales

- Efecto por poco calado.
- Efecto por corriente de estela.

#### 2. Secundarios

- Efecto por la dirección con que llegan los filetes de la corriente de aspiración al disco de la hélice.
- Efecto producido por la corriente helicoidal de descarga sobre el timón.

Para analizar estos efectos consideremos un buque de superficie con propulsor dextrógiro con máquina avante y su hélice totalmente sumergida.

Las figuras siguientes muestran la hélice vista desde popa y las flechas gruesas negras indican la fuerza que se produce sobre el núcleo de la misma.

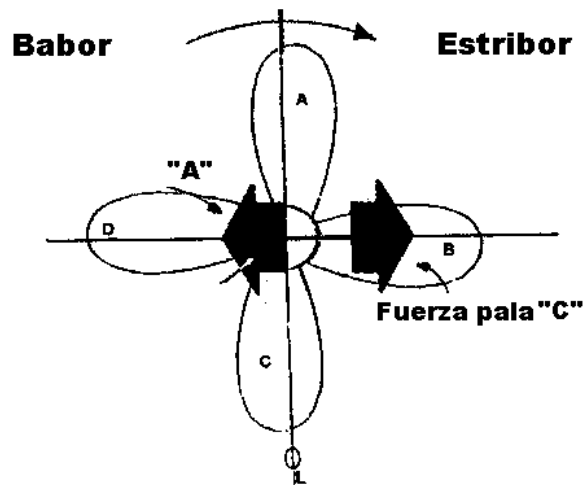
### Efecto producido por poco calado

La hélice de todo buque de superficie por más que se encuentre a máxima carga cuando gira a altas rotaciones hará ingresar burbujas de aire en el nivel de agua cercano a la superficie.

Dichas burbujas disminuirán la densidad del agua en dicha área.

Si dividimos el círculo de la hélice con un diámetro horizontal obtendremos dos semicírculos, uno superior y otro inferior. Las palas cuando se mueven por el superior trabajarán con un fluido menos denso del que encuentran cuando lo hacen en el inferior.

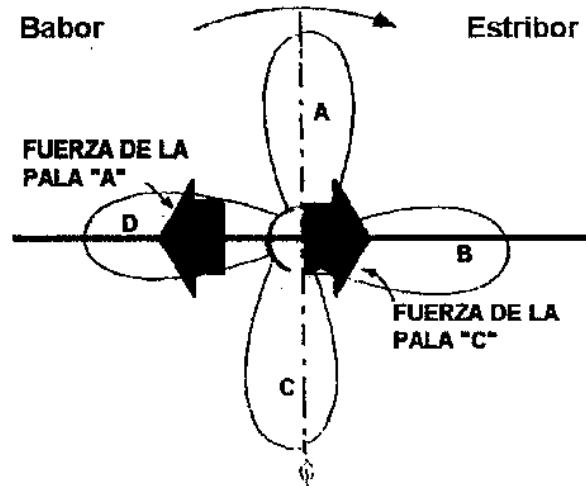
Esa diferencia de performances tiende a llevar el núcleo de la hélice hacia estribor como lo muestra el gráfico siguiente.



### Efecto producido por la corriente de estela

Como en el caso anterior volvamos a dividir el disco de la hélice en dos semicírculos mediante un diámetro horizontal.

Si nos remitimos al gráfico correspondiente a las velocidades con que llegan los filetes de la corriente de aspiración podemos observar que lo hacen a menor velocidad relativa en el semicírculo superior que en el inferior. Eso puede comprenderse como que sobre el mismo estuviese actuando una corriente a favor ( $\approx 12$  ns. en el caso de una estrepada de 15 ns.) que le está aportando una devolución de la energía que por resistencia de la carena le había quitado. En cambio en el semicírculo inferior dicha devolución es significativamente menor (1,5 ns para igual velocidad).



Resulta fácil deducir que el rendimiento del superior es mayor, lo que produce una fuerza que tiende a llevar la popa hacia babor.

La combinación de estos dos efectos puede ser bien apreciada si efectuamos la siguiente prueba:

En un buque mono hélice dextrógiro, con asiento normal y hélice totalmente sumergida, sin efectos perturbadores externos como ser viento, oleaje, corrientes variables o geografía de fondo; si aplicamos toda fuerza avante manteniendo el timón a la vía observaremos como el buque tiene en principio una marcada de tendencia a su babor pero a medida que va tomando estrepada veremos como la misma va disminuyendo hasta prácticamente desaparecer.

Que es lo que lo ha producido?

En un primer momento la diferencia de densidad por gran ingreso de burbujas de aire en el agua ha disminuido sensiblemente la densidad de la misma donde trabajan las palas que recorren el semicírculo superior; en consecuencia las que lo hacen por el inferior las superan en rendimiento llevando la popa a estribor.

Pero a medida que el buque va tomando estrepada comienza a aparecer la corriente de estela y a disminuir la cantidad de burbujas que ingresan al agua aumentando en consecuencia el rendimiento de las superiores hasta que ambas anulen.

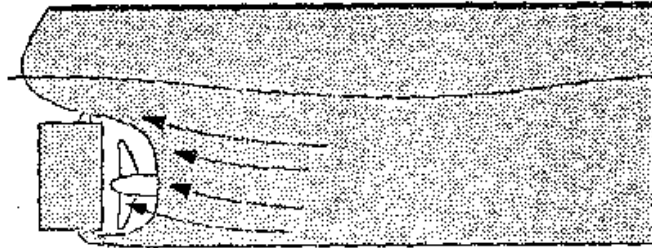
De todas formas los buques con hélices dextrógiros mantienen una muy pequeña tendencia de caída a babor en marcha avante la que se ve claramente reflejada por la disminución de los parámetros de la curva evolutiva hacia dicha banda.

Los buques modernos advierten de dicha tendencia en las *pilotscards* con la leyenda: "*Ruder angle for neutral effect*". Dichos valores son muy pequeños, entre 0,5° y 1,5°.

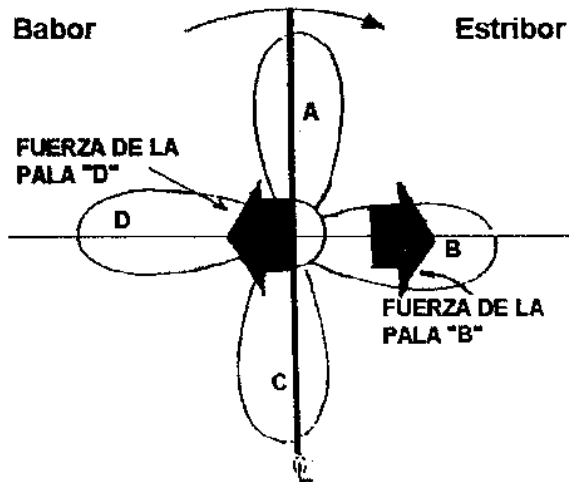
Los efectos secundarios son mucho menos percibidos que los primarios

Efecto producido por la dirección de los filetes de la corriente de aspiración

Los filetes líquidos de la corriente de aspiración en marcha avante llegan a la hélice lamiendo la bovedilla hacia arriba y hacia cruzía.



Para analizar sus efectos dividiremos ahora el disco de la hélice mediante un diámetro vertical quedando entonces un semicírculo a estribor y otro a babor.



Vemos que en el de estribor las palas descenden mientras que en babor ascienden.

En consecuencia las palas de estribor se dirigen en sentido contraria a la de los filetes líquidos mientras que en babor lo hacen en el mismo sentido. Por lo tanto el trabajo del semicírculo de estribor será más efectivo que el de babor generando un efecto de torque.

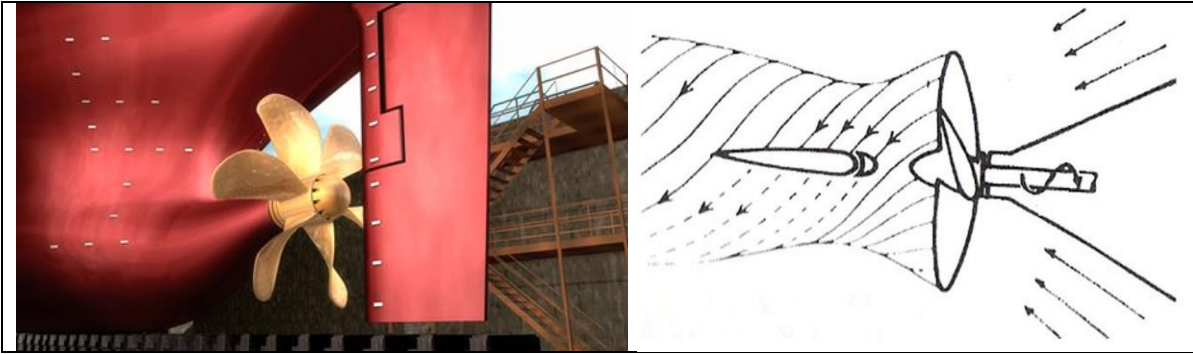
Este efecto se suele notar más en buques de hélices de gran diámetro y poco revolucionadas.

#### Efecto producido por la corriente helicoidal de descarga

Las caras activas de una hélice son superficies helicoidales, por lo tanto producen corrientes de descarga helicoidales alargadas.

Para analizar este último efecto dividiremos al disco de la hélice en cuatro cuadrantes por medio de dos diámetros perpendiculares numerándolos en el sentido horario del 1 al 4.

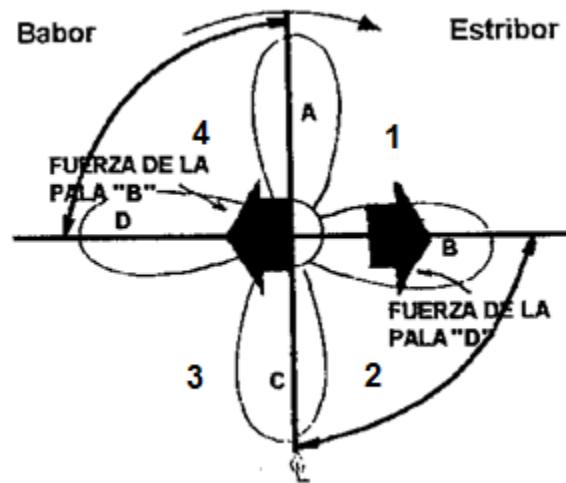
Imaginemos ahora el timón a popa de la hélice.



Las moléculas de agua expulsadas por la pala "A" en su trayecto hacia "B" recorren una trayectoria en principio hacia afuera y cuando cruzan la prolongación del plano de crujía hacia popa ya el timón ha pasado. Lo mismo sucede con las despedidas por la pala "C" en su trayectoria hacia "D". En consecuencia ambas no producen ninguna fuerza sobre el mismo.

Las que si actúan sobre una y otra cara son las trayectorias de los filetes provenientes de la pala "B" hacia "C" y de la pala "D" hacia "A" ya que sus trayectorias son hacia adentro.

Cabría entonces que nos preguntemos: Cuál tendrá mayor efecto ya que ambas son opuestas?



Si nos remitimos al análisis del efecto de la corriente de estela veremos que el cuadrante 4 tiene un mejor rendimiento que el 2, en consecuencia la popa del buque tenderá a ir hacia estribor pero en este caso la fuerza es aplicada sobre la mecha de su timón.

*Julio 2017*