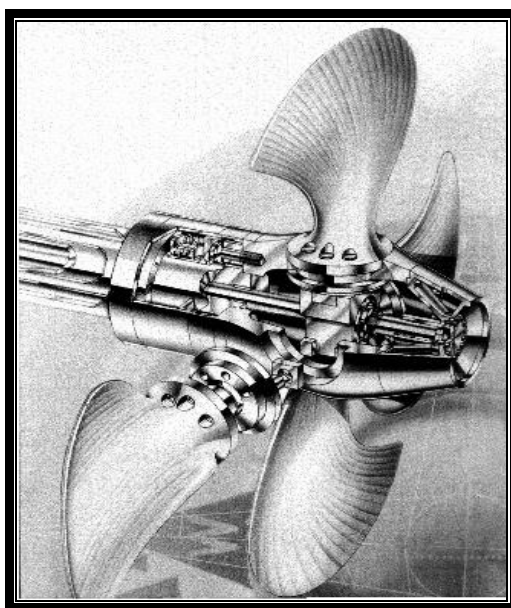


***Maniobra de un buque monohélice  
de paso controlable en aguas  
restringidas***



***Sus ventajas y las precauciones a  
tener en cuenta***

**- 1.999 -**

## Índice

	<i>Tema</i>	<i>Pag.</i>
A-	<i>Introducción</i>	4
B-	<i>Un poco de historia</i>	6
C-	<i>Breve descripción del funcionamiento de un moderno sistema CPP:</i>	7
	<i>Sistema hidráulico que rota las palas</i>	7
	<i>Sistemas de control remoto del puente</i>	7
	<i>Sistemas auxiliares de emergencia</i>	8
D-	<i>Hélices CPP, su eficiencia</i>	9
E-	<i>Recientes desarrollos – Hélices de paso ajustable (APP)</i>	13
F-	<i>Otros usos que se les da al sistema CPP y las consecuencias que los mismos pueden acarrear con respecto a la maniobra</i>	14
G-	<i>Combinator</i>	15
H-	<i>Análisis detallado de las probables variaciones de efectos evolutivos de un CPP durante la maniobra con respecto a FPP</i>	16
I-	<i>El efecto del CPP en las siguientes situaciones:</i>	17
	<i>Durante un amarre</i>	17
	<i>Cuando amarrados, se está pronto a zarpar</i>	18
	<i>Cuando se navega en aguas estrechas, ríos ó canales</i>	19
	<i>Cuando se maniobra en puertos ó dársenas</i>	19
J-	<i>Fallas del sistema CPP:</i>	21
	<i>Buque que navegando a toda máquina, pasa a pitch cero ó muy pequeño</i>	21
	<i>Buque yendo atrás con fuerza, pone pitch avante para ser detenido</i>	22
	<i>Buque yendo adelante, pone pitch atrás para ser detenido</i>	22
K-	<i>Resumen de las ventajas y limitaciones de la maniobra con CPP:</i>	24
	<i>Continuo control del gobierno</i>	24
	<i>Alteración del efecto lateral indeseado de las palas</i>	24
	<i>Pérdida de la efectividad de la hélice cuando se la utiliza dando atrás:</i>	24
	<i>Variación de la distancia y tiempo necesaria para parar un buque que está yendo atrás, dando máquina adelante</i>	24
	<i>Diferencia entre el cero pitch en comando que no siempre significa cero empuje en hélice</i>	24
	<i>Movimientos del buque al arranque de la/s máquina/s y encloche de la/s hélice/s sin que los comandos se encuentren en cero</i>	25
	<i>Precauciones y cuidados con embarcaciones y cabos en popa</i>	25
L-	<i>Fallas en los sistemas CPP según las estadísticas</i>	26
	<i>Confiabilidad en los sistemas CPP</i>	26
M-	<i>Fallas que se pueden producir en el sistema</i>	27
	<i>Falla de máquina principal</i>	27
	<i>Falla del sistema hidráulico de control</i>	27
	<i>Falla del sistema de control remoto</i>	28
N-	<i>Que es lo que puede el oficial de puente hacer cuando falla es sistema?</i>	29

O- <i>Distintos sistemas de control remoto, sus posibles fallas y consecuencias</i>	30
<i>Sistemas neumáticos de control</i>	30
<i>Seis bar adelante / cero bar atrás</i>	30
<i>Cero bar adelante / seis bar atrás</i>	30
<i>Más tres bar adelante / menos tres bar atrás</i>	30
<i>Alta presión de suministro y baja presión de accionamiento</i>	31
P- <i>Sistema electrónico de control remoto</i>	32
Q- <i>Fallas del sistema CPP en general, como minimizarlas</i>	33
R- <i>Conclusiones con respecto a las fallas</i>	34
S- <i>Reglas de las sociedades de clasificación</i>	35
T- <i>Conclusiones y recomendaciones importantes finales</i>	36
<i>De todas formas las siguientes recomendaciones finales conviene que sean efectuadas</i>	36
U- <i>Recomendaciones a los armadores</i>	38
V- <i>Recomendaciones para poder adquirir experiencias sobre el comportamiento del buque</i>	39
<i>Maniobras de prueba con buques nuevos</i>	39
<i>Apreciación de la pérdida de maniobra en emergencias</i>	39
<i>Navegando toda fuerza avante, bajar distintos grados de pitch</i>	39
<i>Apreciación de los efectos laterales indeseados que producen en la hélice, el empuje en máquina atrás y distancias de detención</i>	40
<i>Apreciación del empuje adelante cuando el buque está yendo atrás</i>	40
<i>Verificación del cero pitch de la hélice</i>	40
<i>Simulación de una falla de máquinas e intentar mantener el rumbo</i>	40
W- <i>Bibliografía</i>	41

## **A-Introducción:**

Los buques de hélices de paso controlable CPP (*Controllable pitch propeller*) son cada día más comunes y presentan grandes ventajas sobre el sistema de hélices de palas fijas y paso variable FPP (*Fix pitch propeller*).

De todas maneras, la maniobra no es siempre tan suave y segura como los maniobristas desean y cuando alguna falla ocurre, se pueden producir accidentes.

Está reconocido y documentado que muchos de tales accidentes son usualmente causados por errores humanos, aunque algunos otros lo han sido debidos a mala maniobrabilidad como ser fallas de máquinas ú otras circunstancias imprevistas.

Con respecto a esto, son muchos los capitanes y prácticos dicen haber tenido malas experiencias con ciertos buques, y a ese punto es que me referiré en este pequeño trabajo, con el fin de aclarar puntos oscuros, estudiar distintos comportamientos, poder prevenir las fallas y actuar con seguridad e idoneidad cuando ellas se presentan.

O sea que este artículo está escrito con el objeto de resumir y analizar los problemas que los capitanes y prácticos pudieran encontrar mientras maniobraban en áreas portuarias con barcos equipados con CPP.

Como ya se dijo, en general la maniobra de estos barcos, es más suave y mejor que con los buques equipados con FPP.

Los beneficios que se obtienen con el sistema CPP durante la maniobra son:

- Suavidad en la misma, debido al fino ajuste del empuje requerido.
- Rápida respuesta de los diferentes empujes solicitados.
- Disminución de las distancias y tiempos de detención.

Los prácticos son las personas más experimentadas en el manejo de diferentes sistemas de CPP en buques de todas las edades y tripulaciones.

Por lo tanto esto es especialmente importante para ellos, para que puedan prever que pueden esperar de cada buque en particular de acuerdo a los datos que sobre él le aporte el capitán.

Este trabajo se realizó en base a los monohélices con sistema CPP, ya que estos buques son menos maniobrables que los similares de hélices gemelas y además dependen de una hélice y de un solo sistema CPP.

De todas formas, muchos de los aspectos tratados aquí son aplicables igualmente a los buques bihélices.

No todos los barcos con sistema CPP se comportan de la misma forma.

Muchos capitanes y prácticos dicen que los buques con CPP han causado varaduras ó colisiones con muelles, balizas, etc., debido a que el propulsor repentinamente se puso todo adelante ó toda atrás.

Y esto es verdad; de acuerdo al "*Standar Owner's P&I Association*" (Bermudas) muchos reclamos por daños a muelles son causados por problemas originados por los sistemas CPP.

Pero...:

- ¿Que puede haber causado tales situaciones?
- ¿Cómo podemos nosotros explicar que puede haber variación de maniobras cuando comparamos estos buques con los equipados con hélices de paso variable FPP?
- ¿Tiene todo ello que ver con el sistema CPP propiamente dicho ó con la capacidad ó experiencia de su tripulación?
- ¿Ó hay alguna otra posible causa?

Trataré, para eso de explicar el funcionamiento de un CPP de una forma clara y comprensible analizando los aspectos prácticos y comparándolos con respecto a la misma maniobra hecha con buques monohélices equipados con FPP.

Serán también incluidos los efectos “anormales” que el sistema CPP genera sobre la maniobra de los buques, los posibles efectos si se produce una falla en el sistema hidráulico ó de control remoto del CPP y que acciones serán requeridas para neutralizar dichas fallas.

Esto seguramente resultará más real si ubicamos al buque equipado con CPP maniobrando en aguas confinadas, ya que los escasos márgenes de maniobra nos brindarán un conocimiento que nos permitirá alcanzar un manejo más seguro e incrementará consecuentemente la seguridad del buque en los puertos y sus proximidades.

De todas maneras tengamos presente que la performance de maniobra de cada buque diferirá dependiendo del diseño del CPP, del timón, de las formas de su carena, eslora, manga, coeficiente de block y también, por supuesto del estado de carga, trimado, margen de seguridad, condiciones hidrometeorológicas, etc.

## **B- Un poco de historia:**

Los primitivos CPP fueron primeramente introducidos en buques de vela dotados con sistemas auxiliares a vapor para la propulsión.

Inicialmente no modificaban el *pitch* de las palas; era solo un mecanismo que permitía levantar la hélice desde el agua para así no causar resistencia al avance cuando se navegaba a vela

Más tarde fue desarrollado un mecanismo mediante el cual las palas de la hélice podían ser giradas hasta ponerlas casi paralelas a los filetes líquidos, minimizando así la resistencia del propulsor y poder dejarla dentro del agua en tales circunstancias.

Este concepto fue el comienzo del sistema CPP.

Y este sistema básico, usado desde los tempranos días de la utilización del vapor como fuente de poder, es ahora vuelto a emplear en el moderno diseño de los últimos barcos veleros de pasajeros como el “Windsong”.

La primera patente para palas reversibles, esencia del sistema CPP, fue concedida hace más de 150 años atrás, en 1844.

En 1934 fue introducido el sistema hidráulico para obtener el cambio de posición de las palas, ya que los sistemas mecánicos utilizados para tal fin resultaban insuficientemente ante el constante crecimiento del poder de las máquinas, ya que dichos comandos no eran lo suficientemente poderosos para girar las palas debido la alta fuerza que se iba generando en las caras activas de las mismas.

Ha partir de entonces a habido un rápido desarrollo en sistemas CPP, pero recién en la última década podemos decir que los mismos están siendo realmente confiables.

Ello está demostrado por el hecho de que la mayoría de los grandes y modernos RO-RO, los cuales tienen que maniobrar frecuentemente en aguas restringidas, están siendo equipados con sistemas CPP.

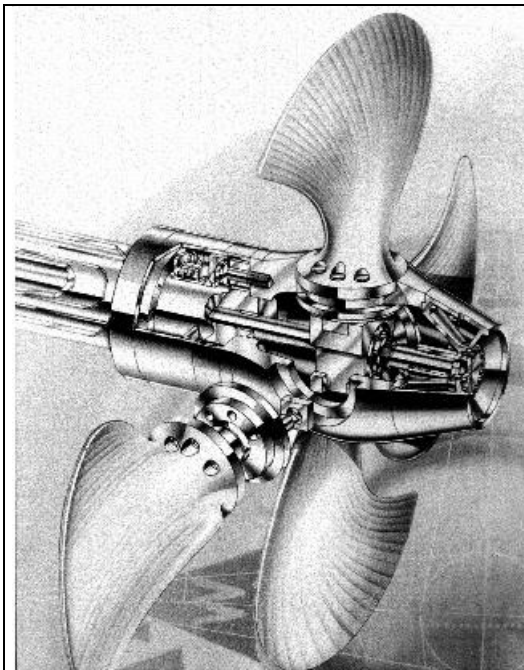
## **C- Breve descripción del funcionamiento de un moderno sistema CPP:**

Para una mejor comprensión de su funcionamiento y entender el porqué de las fallas que pueden ocurrir, analicemos, en forma breve y simple, cómo el funciona la totalidad del sistema.

Consta básicamente de tres partes:

- a. Sistema hidráulico que rota las palas.
- b. Sistema de control remoto desde el puente.
- c. Sistemas auxiliares de emergencia.

### **Sistema hidráulico que rota las palas:**



En el eje portahélices hay dos cilindros con sus pistones, ubicados uno a proa y otro a popa del cubo de la hélice.

Cuando, por ejemplo, el aceite es bombeado a presión al cilindro de proa, el pistón al moverse, produce una inclinación ó *pitch* de las palas que generarán un empuje hacia atrás, ó sea el buque avanzará.

Este aceite es retenido en su sitio mediante una válvula de “no-retorno”.

Esta válvula sólo será abierta en el caso de que se mueva el comando para cambiar el *pitch* y trabaja como un dispositivo de emergencia en caso de falla del sistema hidráulico.

Dicho sistema es comandado por un

control remoto desde el puente ó desde la sala de control de máquinas, indistintamente, pero no puede ser hecho en forma simultánea desde ambos lugares.

Las bombas hidráulicas que generan dicha potencia están movidas por motores eléctricos que giran permanentemente by-paseando el fluido hidráulico cuando el mismo no es empleado.

Normalmente hay dos, una en operación y la otra de reserva.

### **Sistemas de control remoto del puente:**

Básicamente los sistemas de control desde el puente que podemos encontrar son tres:

1. Sistema de control mecánico que puede utilizar cables. Éste está restringido a ser usado sólo en casos en que un simple sistema de comando esté ubicado muy próximo a la sala de máquinas. Este sistema es realmente muy raro de encontrar hoy en día.
2. Sistema de control neumático.
3. Sistema de control electrónico en los buques más modernos.

### **Sistemas auxiliares de emergencia:**

Además del sistema básico remoto, entre otros, podemos hallar estos sistemas alternativos para emergencias.

- Sistema de emergencia para el control de *pitch* (*back-up sistem*). Seguramente encontraremos un sistema independiente de control del fluido hidráulico como, por ejemplo, un sistema eléctrico que permita dirigir el fluido hidráulico al compartimento de proa ó de popa del cubo de la hélice por medio de una botonera ó un *joystick*.
- Un sistema de parada de emergencia de la máquina principal.
- Un pequeño telégrafo de órdenes a la consola de máquinas, generalmente de botonera, para que el sistema pueda ser operado desde allí según las instrucciones desde el puente.
- Un sistema de embrague/desembrague de la/s hélice/s. Este sistema es común en muchos buques, principalmente de media y alta velocidad con caja reductora y permite desacoplar el portahélices deteniendo la hélice sin tener necesidad de detener la máquina principal. La hélice puede ser embragada nuevamente cuando se desee desde el mismo puente de mando. En algunos casos, previo al embrague ó desembrague, es necesario bajar a determinadas R.P.M.
- Un control remoto independiente en la consola de máquinas.
- Además puede haber sistemas que permiten tomar acciones de emergencia en caso de falla del sistema hidráulico; como fijar mecánicamente la inclinación de las palas en un paso determinado mediante una bomba manual para buques pequeños ó una bomba eléctrica independiente para grandes buques. Este sistema es utilizado para permitir al buque arribar a un puerto ante una falla no reparable sufrida en alta mar



## **D - Hélices CPP, su eficiencia:**

Comencemos repasando un poco la hélice

Hablando de hélices en general debe quedar bien claro que hay una gran diferencia entre la navegación:

- Aguas abiertas y profundas.
- Aguas confinadas y someras.
- Maniobras críticas en aguas restringidas.

El sistema CPP puede, para ciertas velocidades, tener una mejor relación paso / R.P.M.

De todas maneras, comparando el sistema FPP con el CPP, este último es más eficiente en un rango más amplio de velocidades ya que el FPP tiene sólo una velocidad de diseño: la máxima.

Esto trae como consecuencia que con el CPP se logran mayores presiones normales ( $P_n$ ) sobre el timón en maniobras a diferentes velocidades.

Pero por otro lado, debido al mayor diámetro del cubo de la hélice, las hélices CPP tendrán algo menos de eficiencia que las FPP de igual diámetro (aproximadamente un 3%) ó sea entre un 0,1 a 0,2 nudos menos de velocidad máxima a igual potencia de máquinas.

Pero estos aspectos quedan superados ampliamente cuando consideramos las ventajas de las performances de maniobra en aguas restringidas.

Veamos ahora porqué difiere el trabajo de una hélice CPP.

Las hélices de los buques de ultramar están calculadas para trabajar con el buque en su calado y velocidad de diseño y hacer más efectivo y económico el traslado de un punto a otro.

Esto tiene, por supuesto, malas consecuencias para la capacidades de maniobra del buque, porque el requerimiento básico de la hélice de diseño no siempre está acorde con los requerimientos óptimos de capacidad operativa durante una maniobra requerida en áreas portuarias.

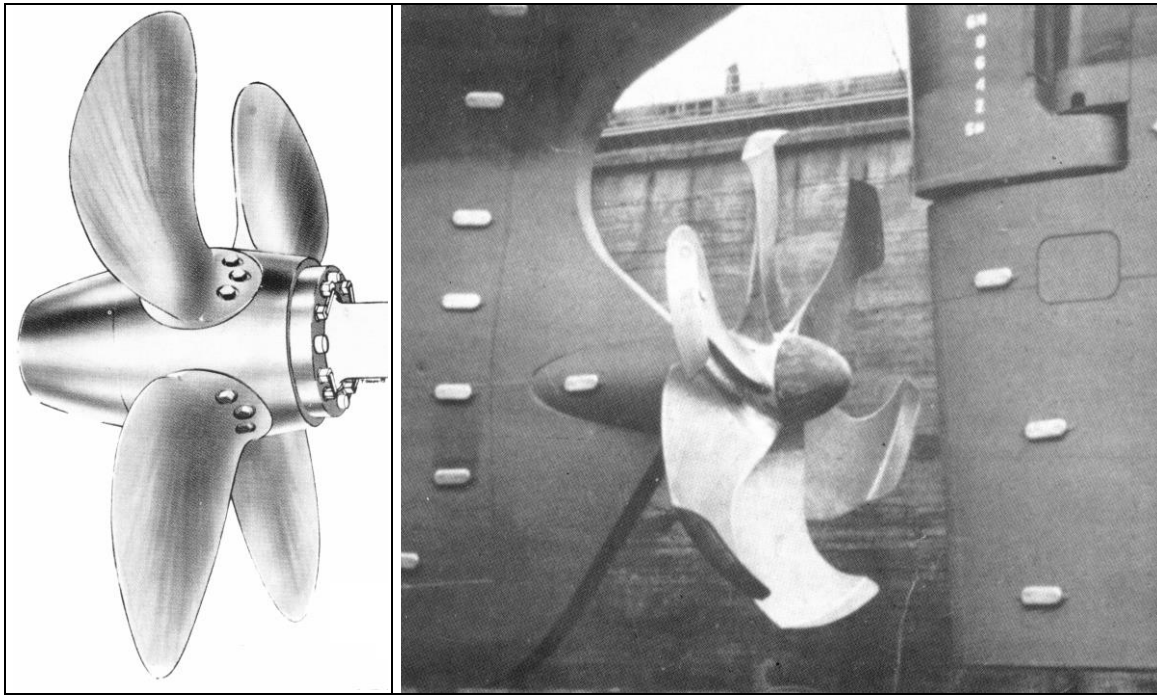
Sin embargo durante los últimos años ha habido un rápido progreso en el desarrollo del diseño de las hélices, especialmente en lo que respecta principalmente a su efectividad, reducción de ruidos y vibraciones.

De todas maneras, en consideración al objetivo de este trabajo, esos desenvolvimientos específicos no serán tomados en cuenta.

El *pitch* de la pala de una hélice varía con el radio, y lo hace por varias razones, por ejemplo:

- Igualar el trabajo que realiza la pala en todos sus puntos
- Corregir y lograr un mejor aprovechamiento de las diferentes inclinaciones con que llega a ella la corriente de aspiración.
- Tratar de igualar las distintas velocidades de la corriente de aspiración la cual, como sabemos varia con la corriente de estela, arrastre ó friccional.

De todas maneras hay una notable diferencia entre el diseño de palas de un CPP y un FPP, sobre todo en lo que se refiere a la anchura media de la pala, como lo podemos apreciar en las siguientes figuras:



Obsérvese que las palas de un CPP tienen, en comparación con las palas FPP, un ancho mucho más pequeño cerca al eje portahélice, porque allí tiene que haber espacio disponible para que el movimiento de rotación pueda ser efectuado.

En orden de conseguir que todas las partes de la superficie de la pala de un CPP sean tan efectivas como sea posible, el *pitch* de las mismas, cerca del eje portahélice, necesita ser bien grande, decreciendo a medida de que se incrementa el radio.

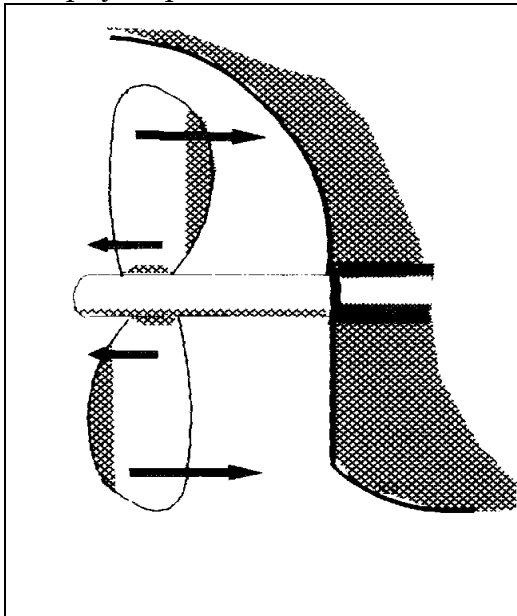
Considerando ahora el efecto sobre la maniobra entre los dos tipos de propulsor; cuando en un buque con FPP es necesario dar empuje hacia atrás, la hélice deberá detenerse y arrancarla en sentido opuesto, pero mantiene su paso constante. Esto significa que aproximadamente el mismo paso es aplicado adelante y atrás<sup>1</sup>

1) Recordemos que el dorso de la pala no es una superficie helicoidal tan pura como la cara activa debido a que sobre ella se acumula el material que le da la resistencia mecánica a la pala.

La operación con un CPP en cambio es totalmente diferente, ya que el eje portahélices mantiene una dirección de rotación constante, pero las palas son giradas sobre sí mismas para invertir el *pitch* y lograr un empuje hacia atrás. Las palas de un CPP pueden girar aproximadamente 50° a 60° desde toda adelante a toda atrás.

Si entonces asumimos que aproximadamente:

	El ángulo de paso en la parte exterior de la pala es	El ángulo de paso en la parte interior de la pala es
Toda adelante	+20°	+40°
Cambio de ángulo para paso 0°	-25°	-25°
Empuje a paso 0°	-5°	+15°



Obtenemos entonces una muy interesante conclusión: Cuando ponemos la hélice “en *pitch* cero” la parte interior de las palas todavía tienen un empuje hacia delante. Evidentemente hay un equilibrio con la inclinación de la parte exterior de las mismas, ya que de otra manera habría un empuje hacia delante. De cualquier modo ello puede producirse cuando, por ejemplo, el paso es puesto en despacio atrás en donde la parte interior de la pala podría todavía estar dando un empuje hacia delante.

En toda fuerza atrás la superficie entera de las palas están dando un empuje hacia atrás, pero con la parte interior trabajando con menor efectividad. Esto, combinado con el excesivo paso negativo en los filos exteriores de las palas, causa una gran cavitación y reduce la eficiencia de la máquina atrás.

Por lo tanto, podemos sacar la siguiente conclusión:

1. Podemos asegurar que el sistema CPP tiene una óptima performance en máquina adelante y una bastante menor eficiencia en máquina atrás, comparada con el sistema FPP. Esto es frecuentemente experimentado por los prácticos y capitanes cuando maniobran a velocidades moderadas dentro de áreas portuarias, aunque se debe resaltar que un CPP responde más rápido a las órdenes. Cuando un buque con sistema CPP está navegando toda adelante el tiempo de reacción puede ser mucho más corto y generalmente compensa la pobre eficiencia hacia atrás.
2. Cuando dan atrás no hay un uniforme fluido de descarga desde el propulsor hacia la proa. Esto se debe a lo mencionado anteriormente; se produce por el área periférica de las palas una corriente de expulsión de muy diferente velocidad que la que genera la sección interior. Estas diferencias de velocidad en la corriente causan vórtices y estos remolinos pueden afectar negativamente la normal tendencia que estudiamos en los monohélices de paso variable de que los destrógiros lleven su proa a estribor<sup>2</sup>

2)Dicho efecto, denominado comúnmente “efecto lateral indeseado de las palas”, como sabemos, se origina en forma mucho más notable en la máquina atrás que en la máquina adelante debido a que la corriente de expulsión de las palas ascendentes (cepa) golpea contra la bovedilla creando una zona de presión en dicha banda, en cambio la corriente de expulsión de las palas descendentes (cepd) pasa en gran medida por debajo de la quilla, no generando ninguna contrapresión que se oponga a la primera.

Como en los buques con sistemas CPP el giro de la hélice se produce permanentemente en un mismo sentido, así se desee dar adelante ó atrás se debe de destacar que los equipados con sistemas modernos su hélice suele ser de giro levógiro, con el fin de igualar las condiciones evolutivas de los buques con sistema FPP en máquina atrás, ya que es en la máquina atrás donde se nota más el desgobierno.

Pero tengamos presente que:

**Al no tener una corriente de expulsión uniforme hacia proa, sino una plagada de remolinos, puede producirse una disminución ó hasta la desaparición del efecto lateral indeseado de las palas en máquina atrás.**

## **E- Recientes desarrollos – Hélices de paso ajustable (APP):**

El sistema APP es esencialmente una simplificación del CPP, ya que solo cuentan con un ajuste del *pitch* solamente en la marcha avante.

Este sistema se originó debido al estricto cronograma de viajes de los modernos buques portacontenedores, en donde es vital para el armador poder mantener la velocidad de charteo.

Cuando se realizan viajes transoceánicos con un buque con sistema APP, se puede ajustar el paso de su hélice de acuerdo al desplazamiento y al cambio de las condiciones hidrometeorológicas reinantes, manteniendo así una velocidad de charteo con un aprovechamiento óptimo de la máquina principal.

En lo que respecta a la maniobra, los APP son superiores a los FPP ya que Pueden lograr una baja velocidad de maniobra haciendo uso del ajuste de paso adelante disponible.

Esta ventaja es primordial, por ejemplo, en los grandes buques portacontenedores, donde la mínima velocidad de maniobra solicitada suele a veces ser mucho más alta que la requerida.

## **F- Otros usos que se les da al sistema CPP y las consecuencias que los mismos pueden acarrear con respecto a la maniobra:**

Recordemos que el eje portahélice de un CPP está rotando constantemente en la misma dirección.

Ello permite la posibilidad de conectar al mismo un generador de cola acoplado directamente al eje, el cuál proveerá la energía eléctrica económica para los equipos auxiliares; pero ello requerirá que el eje gire con una velocidad alta constante, equivalente a una toda fuerza.

Pero por efecto de dichas altas rotaciones, cuando la misma no está ejerciendo el máximo empuje como, por ejemplo, un despacio avante ó una “hélice en *pitch* cero” se produce un gran número de remolinos y perturbaciones en la periferia de la misma.

Además semejantes altas rotaciones con “hélice en *pitch* cero” generan una cantidad de energía (la misma puede alcanzar hasta el 15% de la potencia total de la máquina). Este valor puede indeseadamente alto, sobre todo cuando lo que se requiere una muy pequeña potencia avante.

Se ha medido en ciertos buques que se requiere la misma potencia de máquinas para una velocidad de seis nudos avante que para mantener las máximas rotaciones con la “hélice en *pitch* cero”.

Además es obvio que para ciertos buques como, por ejemplo, remolcadores portuarios, dicho sistema puede resultar muy oneroso por el derroche de combustible.

## **G- Combinator:**

Para superar ese problema la mayoría de los modernos buques están equipados con el sistema denominado *combinator*.

Dicho equipo regula las rotaciones de la máquina de acuerdo al *pitch* que se les dé a las palas; ó sea que cuando se aplican pequeños *pitch* las rotaciones del eje son disminuidas hasta valores de hasta un 65% de las R.P.M. de toda fuerza y de esta forma no sólo gran cantidad de combustible puede ser economizado sino que además las R.P.M. están más acordes con el empuje requerido en base al paso colocado.

Las bajas R.P.M. logradas al utilizar el *combinator* permite entonces lograr una relativa gran combinación de pasos como muy despacio, despacio y media fuerza, lo que produce un flujo de descarga más homogéneo del que se conseguiría sin la utilización del *combinator* y consecuentemente habría más posibilidades de que se produzcan los efectos laterales indeseados de la hélice.

Resumiendo: los buques equipados con el sistema *combinator* tienen la posibilidad de cambiar entre rotaciones constantes para una toda fuerza avante en navegación franca, utilizando un generador de cola acoplado y economizando combustible, y el modo de maniobra para ser utilizado en zonas de aguas restringidas sin los inconvenientes que las altas R.P.M. ocasionan.

Por lo tanto debemos de tener en cuenta:

- 1. Los buques que no estén equipados con el *combinator* tienen su/s hélice/s constantemente girando a altas R.P.M. causando remolinos alrededor de la/s periferia/s de la/s hélice/s; que dicha alta velocidad de rotación ocasiona un innecesario gasto extra de combustible cuando se aplican pasos pequeños ó “hélice en *pitch* cero” y además pueden ocasionar una disminución de la efectividad del propulsor cuando son ordenados ciertos pequeños *pitch*.**
- 2. Los buques que estén equipados y usen el *combinator* cuando maniobren en áreas restringidas notarán una mejor propulsión para empujes por debajo del toda fuerza avante y toda fuerza atrás ya que su/s hélice/s tendrán una más lógica relación entre paso / R.P.M. y por lo tanto el efecto lateral indeseado de las palas puede ser tan grande como en FPP.**

Nota: En los últimos años las plantas de propulsión diesel-eléctrica están siendo cada vez más comunes en las nuevas construcciones.

Eso se debe principalmente a la gran demanda que se han producido de buques de pasaje y ferries, con grandes requerimientos de equipos auxiliares.

Por otro lado, la propulsión diesel-eléctrica también es aconsejable para buques que, como los tanques, requieren grandes demandas de potencia eléctrica para el manipuleo de sus cargas.

El sistema CPP mantiene también más ventajas sobre el FPP que utilicen tanto este tipo de plantas de poder como así también las del tipo turbina a gas-eléctrica

## **H- Análisis detallado de las probables variaciones de efectos evolutivos de un CPP durante la maniobra con respecto a FPP:**

Lo que trataré a continuación será:

### **El efecto del CPP en las siguientes situaciones:**

- Durante un amarre
- Cuando amarrados, se está pronto a zarpar
- Cuando se navega en aguas estrechas, ríos ó canales.
- Cuando se maniobra en puertos ó dársenas.

### **Fallas del sistema CPP:**

- Buque que navegando a toda máquina, pasa a *pitch* cero ó muy pequeño.
- Buque yendo atrás con fuerza, pone *pitch* avante para ser detenido.
- Buque yendo adelante, pone *pitch* atrás para ser detenido.



## **I- El efecto del CPP en las siguientes situaciones:**

### **Durante el amarre:**

Tengamos presente que al ajustar la velocidad con un FPP lo que hacemos es variar las R.P.M. del portahélices y que cuando ordenamos “para”, el eje se detiene, pero el *pitch* de la hélice continúa con siendo el mismo que en “toda adelante” y por lo tanto los filetes líquidos originados por el avance del buque se “abren camino” a través de las palas de la hélice para llegar al timón.

En los sistemas CPP, como ya vimos, podemos encontrar dos variantes:

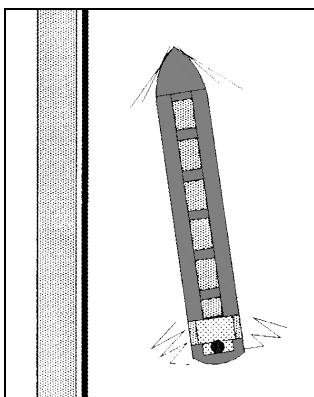
1. El sistema sin *combinator*: que cambia el *pitch* pero mantiene un alto régimen de revoluciones de su portahélices.
2. El sistema con *combinator*: donde las maniobras serán llevadas a cabo cambiando la posición del *pitch* y las R.P.M. del eje.

Pero con cualquiera de las dos maneras, a cero *pitch*, las palas continuarán girando más ó menos rápidamente.

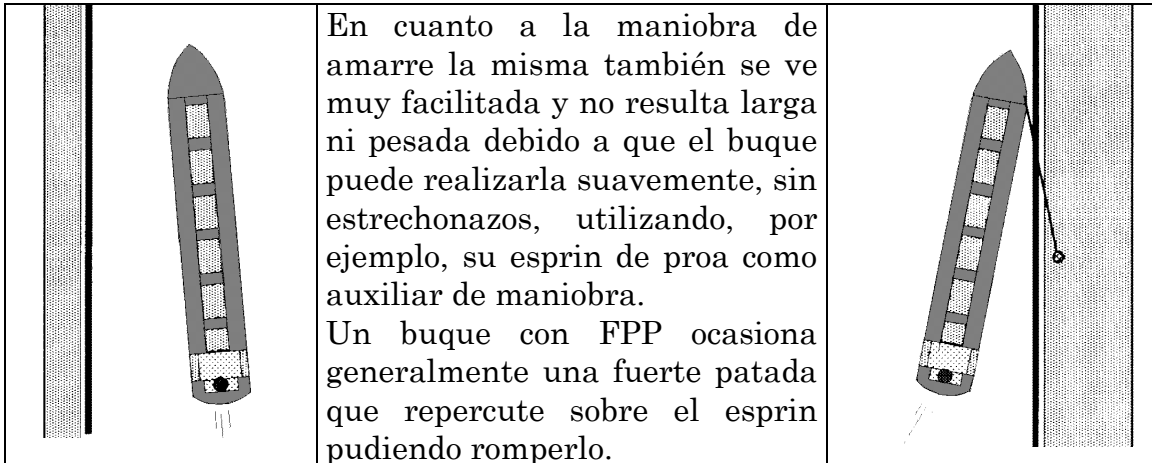
A cero *pitch* ó un *pitch* relativamente bajo en relación a la velocidad del buque tendremos una rápida rotación de las palas que crearán una pantalla que interrumpirá y/o distorsionará el normal flujo de agua hacia y a lo largo de la pala del timón produciendo de ese modo una sensible pérdida de gobierno.

Si en cambio el buque está yendo atrás y aplica máquina adelante para disminuir su velocidad de retroceso ó parar, lo que podemos notar una reducción de la eficiencia del empuje de la hélice.

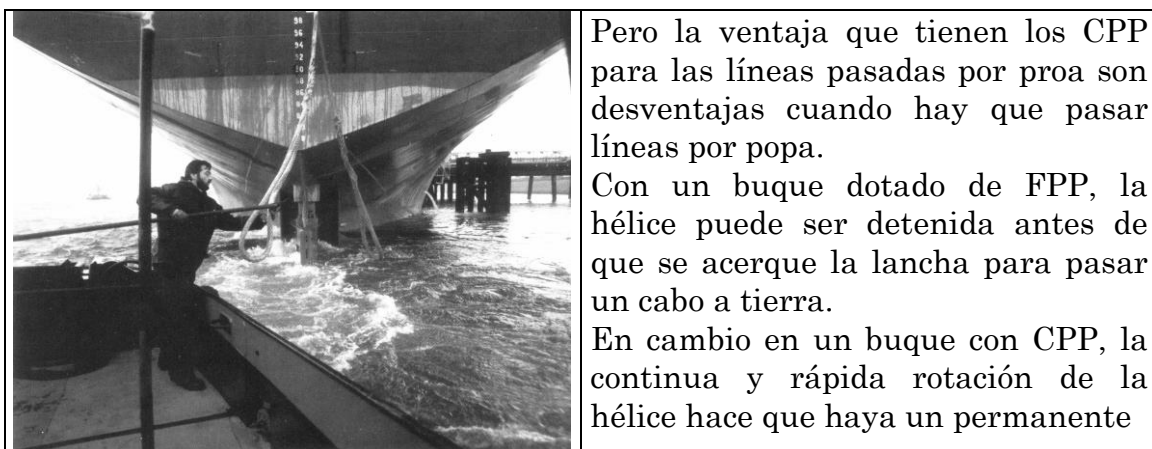
**Es importante entonces para el maniobrista tener en cuenta y entender estos dos puntos, para poder anticiparse a ellos al planificar la maniobra con las debidas precauciones**

	<p>Entonces, con respecto a las maniobras de amarre el buque equipado con CPP tiene grandes ventajas, sin embargo, hay varios aspectos a tener en cuenta.</p> <p><u>Podemos encontrar la posibilidad de tener una pobre performance en máquina atrás y considerando la impredecible caída de la proa por la falta del efecto lateral indeseado de las palas, la maniobra de aproximación al muelle debe realizarse con sumo cuidado.</u></p>
---	--

Por el lado positivo del análisis, la velocidad de aproximación puede ser mucho más lenta que con un FPP, ya que el empuje de la hélice puede ser ajustado en forma muy fina y el buque puede estar permanentemente bajo control.

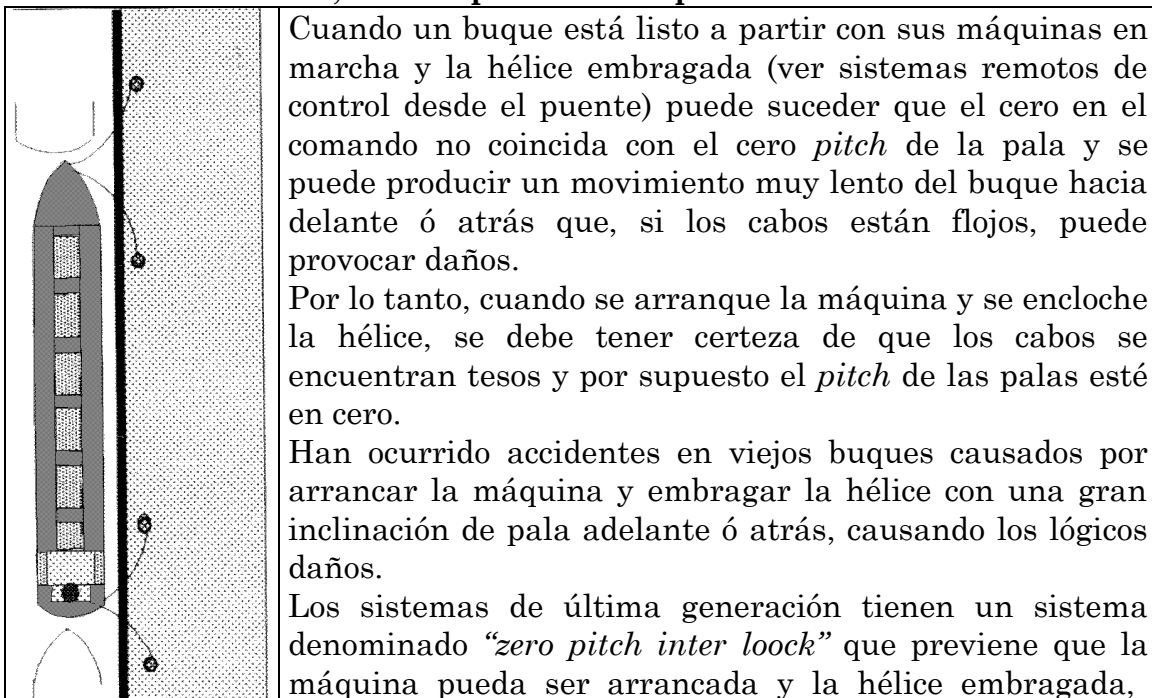


Por supuesto, viento y/o corrientes pueden también ser factores perturbadores a ser tenidos en cuenta.



riesgo para la lancha ó de que un cabo sea enganchado por las palas.

### Cuando amarrados, se está pronto a zarpar:

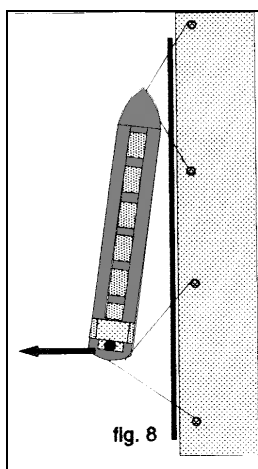


hasta que las palas no tengan cero *pitch* ó hasta que el sistema hidráulico de comando no esté operable.

Esta falla debe ser muy tenida en cuenta no solo en los buques dotados con sistema CPP antiguos sino también en otros más modernos pero con inadecuados sistemas de mantenimiento y es igualmente importante para monohélices como para bihélices.

Es muy importante que el capitán y los oficiales sepan establecer fehacientemente que posición de la palanca de mando corresponde exactamente al cero *pitch* de la pala de la hélice y deberán siempre comunicarle dicha particularidad al práctico.

Debe quedar muy en claro que cuando se maniobra en espacios muy reducidos, que cualquier tendencia de ir adelante ó atrás casi imperceptiblemente puede provocar daños al buque propio, a otros buques ó instalaciones portuarias.



Otro efecto a ser considerado en estas circunstancias es el empuje transversal ocasionado por el “efecto lateral indeseado de las palas”.

A pesar de que el efecto puede ser mínimo a cero *pitch* es digno de mencionar, sobre todo cuando el sistema es puesto en servicio con gran anterioridad a la zarpada y es otra de las razones por las cuales hay que tener la precaución de que las líneas de amarre estén tesas.

Como ventaja tenemos que cuando los buques no son muy grandes ó no están muy pesados, se pueden utilizar ya sea los esprines de proa ó popa para poner la proa ó la popa libres para la zarpada.

Una vez más, esta no es una maniobra exclusiva de los buques con CPP, pero sí con ellos es más sencilla y segura gracias al control ajustado de los empujes.

### **Cuando se navega en aguas estrechas, ríos ó canales:**

Como ya dijimos el sistema CPP tiene grandes ventajas para maniobrar en aguas restringidas.

Con este sistema, esté o no dotado del *combinator*, se puede controlar en forma muy ajustada la velocidad del buque sin perder gobierno, lo que brinda una gran seguridad a la maniobra, ya que se puede navegar a una muy baja velocidad produciendo una corriente de expulsión que ayuda al trabajo del timón.

Es esta, diría yo, su principal ventaja ya que nos permite el buen gobierno cuando llevamos la “justa arrancada”.

### **Cuando se maniobra en puertos ó dársenas:**

Imaginémonos ahora entrando en una dársena con muy limitada distancia de detención, ó navegando con visibilidad reducida en un río sinuoso, ó dentro de una zona portuaria congestionada por grandes buques y pequeñas y veloces embarcaciones que navegan por doquier.

El sistema CPP no sólo nos permitirá navegar a muy baja velocidad sin perder el gobierno evitando situaciones de riesgo y accidentes sino que además las maniobras pueden ser ejecutadas mucho más rápidamente ya que en muy pequeño tiempo podemos variar ó invertir el paso.

Esto permite detener el buque en espacios muy inferiores lo que significa una gran ventaja en situaciones críticas.

Los buques dotados de FPP tienen a menudo velocidades de muy despacio que rondan los 5/6 nudos (y a veces aún más), y para empeorar más aún las cosas para parar el buque, la máquina debe de ser detenida y arrancada en reversa, lo cual no sólo lleva un tiempo precioso sino que consume aire de arranque que puede, luego de varias maniobras consecutivas realizadas en un corto tiempo, dejarnos con escasa provisión, con las lógicas y desastrosas consecuencias que lo mismo pueda acarrear.

Si por razones de viento y/o corriente se afecta el comportamiento del buque, normalmente es necesario utilizar un incremento momentáneo de potencia propulsora para conseguir el efecto deseado del timón (gobierno a chorro de hélice). Ambos tipos, FPP ó CPP pueden lograr eso, pero la acción realizada con un CPP es más instantánea y controlada.

## **J- Fallas del sistema CPP**

**Buque que navegando a toda máquina, pasa a *pitch* cero ó muy pequeño:**

Cuando el barco está navegando a toda velocidad el agua es empujada hacia atrás por el propulsor y el buque entonces puede mantener perfectamente su curso a esa velocidad.

Pero imaginémonos que, navegando a toda fuerza, llegamos muy rápidamente a una situación con un cero *pitch* ó uno correspondiente a muy despacio adelante.

De acuerdo a lo que se explicó anteriormente, la hélice continuará girando rápidamente.

Las palas del propulsor están próximas ó en cero *pitch* y reciben más filetes de agua originados por la velocidad del buque que los que necesita para producir el empuje.

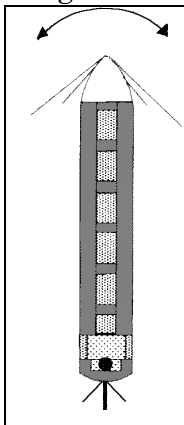
La rotación de la hélice actúa como un escudo que perturbará e interrumpirá el flujo de agua hacia el timón y consecuentemente el efecto del timón de verá notablemente disminuido.

**El gobierno entonces puede ser muy pobre ó desaparecer completamente.**

Esta situación es a menudo más experimentada en monohélices.

Para ser claros, si el *pitch* de la pala es cero el efecto puede ser todavía peor.

Con cero *pitch*, aún a baja velocidad, los buques presentan una gran pérdida de gobierno.



De esa forma, en los buques monohélices con sistema CPP, una rápida reducción del *pitch* de las palas cuando navegan a toda velocidad, causarán una pérdida de gobierno ya sea en mayor ó menor grado.

El buque puede entonces caer en cualquier dirección y normalmente puede ser imposible contrarrestar dicha caída solamente utilizando el timón.

Ciertos buques con sistema CPP han igualmente experimentado hasta un inesperado incremento en su inercia giratoria aún cuando el timón haya sido aplicado en sentido contrario, para corregir una caída.

Esto sucede más generalmente en buques cortos de formas llenas (alto  $C_b$ ), los cuales poseen una muy rápida respuesta a los cambios de rumbo.

Este efecto puede sufrir importantes variaciones, ya sea incrementándose ó disminuyendo, cuando la brusca disminución del *pitch* se produce en aguas someras debido a los efectos de banco.

**La conclusión que podemos obtener es que si fuera necesario reducir drásticamente la velocidad adelante se deberá estar atento al rumbo para corregir rápidamente cualquier alteración del mismo mediante variaciones de máquina y timón que los neutralicen.**

Pero... que más podemos nosotros aprender de eso?

En principio: cuando estamos navegando el flujo de agua hacia el timón no debe de ser interrumpido.

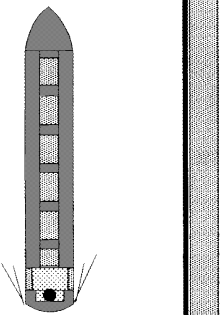
Eso significa que en caso de que la máquina sufra alguna falla y la hélice se detenga, el *pitch* de las palas debe ser puesto en la posición de toda fuerza adelante.

**En esta posición el gobierno usualmente suele ser posible.**

Si es solo una falla de máquinas propulsora, el cambio de *pitch* de las palas todavía será posible.

Aunque con buques FPP cuando las R.P.M. son reducidas muy rápidamente desde un toda fuerza avante, alguna pérdida de gobierno es también observada, en los buques CPP esta merma de gobierno es a menudo más marcada.

**Buque que yendo atrás con fuerza, pone *pitch* avante para ser detenido:**

<p>Consideremos ahora un buque CPP que está retrocediendo y debe ser detenido.</p>	<p>Consideremos a un buque que retrocediendo con bastante arrancada pone su <i>pitch</i> en ó casi en cero . La hélice continúa girando rápidamente. Al estar el <i>pitch</i> de las palas más ó menos en dicha posición se está creando una zona de baja presión en el dorso de las mismas. Cuando colocamos un <i>pitch</i> avante, su efecto puede ser menor que el esperado si el buque tuviese FPP Esto es debido a la cavitación que puede reducir el efecto frenante de la hélice.</p>
	

Aunque este efecto es raro, el maniobrista debe de estar prevenido por si ocurre para reaccionar con presteza.

**Buque que yendo adelante, pone *pitch* atrás para ser detenido:**

Esta es posiblemente la maniobra más común en puerto.

Como ya tenemos presente lo que probablemente hagan los buques será:

- **Que la proa caiga a estribor si es un buque FPP destrógiro ó CPP levógiro**
- **Que la proa caiga a babor si es un FPP levógiro ó CPP destrógiro.**

Por lo tanto uno debería esperar que la proa de un buque que avanza con CPP levógiro caiga a estribor cuando se da atrás.

**Aunque la mayoría de los buques CPP en efecto hacen eso, debemos tener en cuenta que con CPP la caída puede ser completamente impredecible pudiendo ser totalmente opuesto ó no tener efecto alguno.**

Las causas de ello fueron explicadas anteriormente.

La consecuencia de todo esto es que el maniobrista debe planificar la maniobra cuidadosamente, ya que no hay una certeza de hacia donde puede rabeear la proa cuando da máquina atrás, ni que pérdida de efectividad podrá experimentar una hélice CPP dando atrás.

## **K- Resumen de las ventajas y limitaciones de la maniobra con CPP:**

Los buques monohélices equipados con CPP tienen importantes ventajas en lo que respecta a maniobras en áreas portuarias y estas son:

1. La velocidad del buque puede ser fácilmente controlada, avanzar lenta y seguramente.
2. Los buques pueden mantener un buen gobierno a muy baja velocidad.
3. Las maniobras pueden ser llevadas a cabo muy rápidamente, desde tener un máximo empuje avante a toda atrás.
4. Nunca se quedan con poco aire para arranque del motor.
5. Las maniobras de atraque y zarpada pueden ser llevadas a cabo en forma muy suave.

Pero no olvidemos que mientras maniobremos con un buque equipado con sistema CPP debemos tener presentes las siguientes precauciones:

### **Continuo control del gobierno:**

- En ciertos buques con CPP el gobierno puede perderse cuando el *pitch* de las palas se reduce drásticamente estando el buque con fuerte arrancada avante.
- Si deseamos bajar el empuje de la hélice desde una moderada ó baja velocidad, lo ideal es mantener un mínimo *pitch* avante de palas con el fin de poder mantener el gobierno.

### **Alteración del efecto lateral indeseado de las palas:**

- En muchas ocasiones este ha sido impredecible. Cuando en un buque que va adelante, la hélice se la pone atrás, la proa puede no caer en la dirección prevista, es más, puede ir en la dirección opuesta.

### **Pérdida de la efectividad de la hélice cuando se la utiliza dando atrás:**

- Esta puede ser menor que la de un buque gemelo pero equipado con sistema FPP, y si el maniobrista no se anticipa a ello puede producirse una pérdida de control.

### **Variación de la distancia y tiempo necesaria para parar un buque que está yendo atrás, dando máquina adelante:**

- Esto puede demorar más de lo esperado, aunque esta experiencia es relativamente rara.

### **Diferencia entre el cero *pitch* en comando que no siempre significa cero empuje en hélice:**

- Debe prestarse atención asegurándose que el buque no se comience a mover imperceptiblemente adelante ó atrás a pesar de tener los comandos del puente en cero, sobre todo en operaciones de amarre y desamarre.



**Movimientos del buque al arranque de la/s máquina/s y encloche de la/s hélice/s sin que los comandos se encuentren en cero:**

- En ciertos buques viejos existe la posibilidad de que la máquina sea arrancada y la hélice embragada sin que los comandos ó las palas se encuentren a cero *pitch*, por lo tanto el cero *pitch* debe de ser cuidadosamente chequeado antes de poner el sistema en servicio.

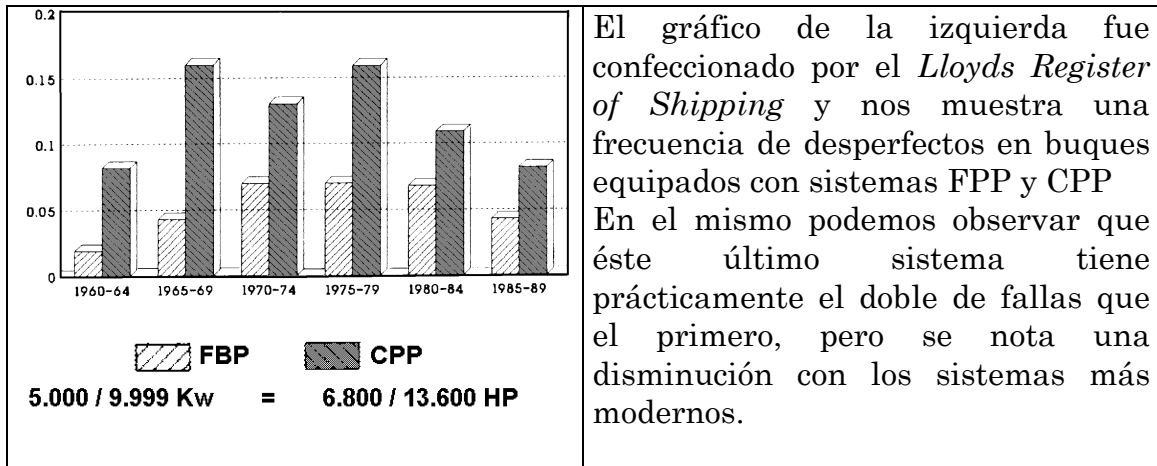
**Precauciones y cuidados con embarcaciones y cabos en popa:**

- Debe tenerse especial cuidado cuando se trabajen con líneas por popa, ya sea durante el amarre o desamarre, ya que la hélice puede alcanzar una embarcación ó enganchar un cabo, al estar girando permanentemente.

## **L - Fallas en los sistemas CPP según las estadísticas:**

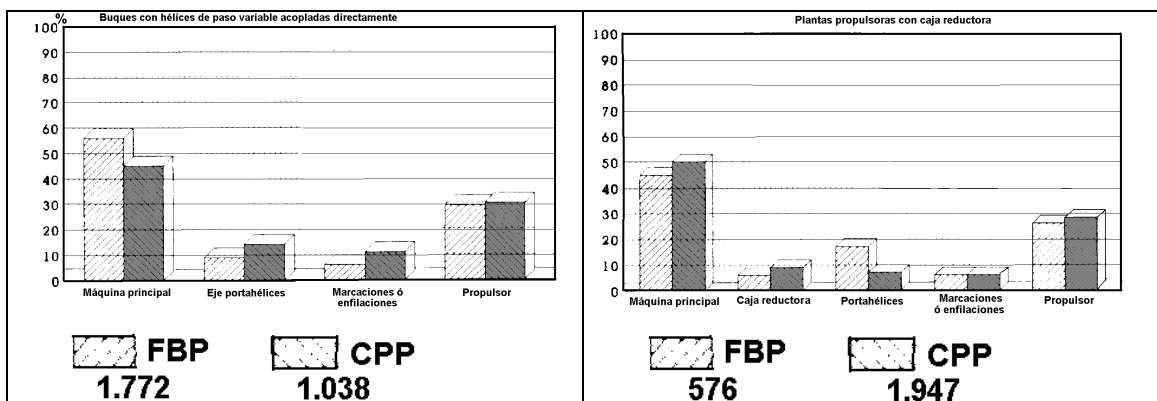
Veamos ahora que nos dicen las estadísticas de las sociedades de clasificación.

### **Confiabilidad en los sistemas CPP:**



Estas estadísticas incluyen desperfectos responsables de varaduras u otros accidentes.

Los cuadros que se ven a continuación pertenecen al Det Norske Veritas. Ellos son más recientes: período 1986-1991.



A pesar de todo esto tengamos presente:

**Las estadísticas deben de ser manejadas con cuidado.**

A pesar de ellas, con respecto a la confiabilidad del sistema CPP, podemos sacar de ellas las siguientes conclusiones:

- Desde 1980 hay una merma en las fallas de los sistemas CPP.
- Posiblemente en los últimos años las estadísticas nos muestren que el número de fallas entre ambos sistemas se haya igualado.
- Un defecto en el CPP no siempre da por resultado un accidente en áreas portuarias, y por lo tanto puede no estar registrado en estas estadísticas, pero tengamos presente que una falla en dicho sistema puede seguramente causar un accidente en puerto.
- La disminución de la calidad de algunas tripulaciones muchas veces puede neutralizar el incremento de la confiabilidad de los sistemas.

## **M- Fallas que se pueden producir en el sistema:**

En vista a lo que hemos visto hasta ahora, analizaremos que sucede en detalle cuando se produce alguna de las siguientes fallas:

1. Falla de máquina principal.
2. Falla del sistema hidráulico de control.
3. Falla del sistema remoto de control.

### **Falla de máquina principal.**

Asumamos que el buque se encuentra navegando por un canal teniendo una razonable arrancada avante y sufre una falla que detiene repentinamente su máquina.

Siempre que no se haya producido también una falla en el sistema hidráulico de control, el *pitch* de las palas de la hélice podrá ser modificado.

En este caso el *pitch* **NO DEBE DE SER LLEVADO A CERO**, ya que como vimos ello impedirá el libre flujo de los filetes de agua originados por el avance del buque hacia el timón, lo cual reducirá el gobierno hasta poder llegar a anularlo.

**Bajo estas condiciones se deberá mantener el *pitch* de toda fuerza adelante con el fin de mantener el control del gobierno.**

Tan pronto como la máquina haya vuelto a arrancar ó la hélice pueda embragarse, el *pitch* debería ser llevado lentamente a cero hasta tanto tener certeza de que el problema está totalmente superado y se puede continuar la navegación segura.

### **Falla del sistema hidráulico de control.**

Los sistemas más viejos tienen un resorte en el cubo de la hélice que se carga cuando se aplica toda fuerza atrás ó *pitch* cero. Él hace que ante una falla en el sistema hidráulico, las palas adopten la posición de toda fuerza avante.

Cuando se está en navegación franca no habría mayores problemas ya que se puede proceder a reducir R.P.M. si fuera necesario, pero en zona portuaria este sistema puede ser peligrosísimo.

En caso de falla la única acción que cabe es detener la máquina, ó si es posible, desembragar de inmediato la hélice.

En otros buques antiguos el sistema puede trabajar al revés, con el mencionado resorte es posible que las palas de la hélice se muevan a toda fuerza atrás si ocurre una falla hidráulica.

Dependiendo entonces de la situación, esta también puede ser una solución sumamente peligrosa.

Sin embargo en los más modernos buques están siendo comunes confiables sistemas hidráulicos.

Gracias a ello, además de otros elementos de seguridad, como la bomba hidráulica en stand-by, la chance de una falla hidráulica es muy baja y en el caso de que dicha falla se produzca la misma será de muy corta duración,

debido a la entrada en servicio de los sistemas alternativos que permitirán restablecer el *pitch* de las palas en muy corto tiempo.

Si el empuje esta siendo hacia delante el mismo se mantendrá debido a la válvula de no-retorno antes mencionada, pero mientras el buque continúa avanzando, la presión de agua podrá hacer decrecer el *pitch* de las palas muy lentamente.

Si el *pitch* estaba en cero, se mantendrá así y si se encontraba dando atrás también así permanecerá.

En áreas portuarias cualquiera de estas fallas de respuesta pueden ser inseguras, pero ellas son, en todo caso menos inseguras que las de los viejos sistemas que ponían todo el *pitch* avante ó atrás.

En todo caso, si cualquier falla ocurriese lo más prudente sería parar la máquina, si es posible desembragar la hélice y tener las anclas listas a fondear.

En el caso de una falla hidráulica la bomba hidráulica de emergencia también puede ser utilizada para poder colocar el *pitch* en el ángulo deseado.

Pero tengamos presente que éste solo puede ser colocado en una posición hacia delante.

No es en realidad un sistema de maniobra sino uno de emergencia para permitir a los buques que puedan llegar al puerto más próximo.

### **Falla del sistema de control remoto**

Como ya se dijo los sistemas de control remoto desde el puente tienen sus propios sistemas de emergencia y hay también un sistema local de control remoto en la sala de máquinas ó en su consola de mando.

Sin embargo si se utiliza el sistema de control de máquinas para modificar el *pitch* desde la máquina ó su consola, las órdenes llevarán algún tiempo para poder ser cumplidas, mientras que el sistema de emergencia desde el puente puede ser utilizado más rápidamente para salir de una situación de apuro.

## **N- Que es lo que puede el oficial de puente hacer cuando falla es sistema?**

Generalmente hay muy escaso tiempo para efectuar una acción para evitar un daño cuando alguna falla, hecho imprevisto ó desconocido ocurre en el sistema CPP.

Es, por lo tanto de primordial importancia, tener presente los procedimientos a seguir ante determinada falla del sistema para saber como actuar con seguridad y rapidez antes dichas contingencias.

Evidentemente no es la falla en sí lo que le concernirá al oficial de cubierta, sino el efecto que dicha falla producirá en la hélice, por lo tanto, un importante aspecto de la operación del sistema CPP es conocer que efecto produce determinada falla en el sistema y como reaccionara el buque cuando ella se presente.

Sobre la base de estos conocimientos oficiales de cubierta y máquinas entenderán la importancia de las distintas acciones a tomar para asegurarse proceder rápida y adecuadamente para evitar daños en el buque propio, a otros buques ó instalaciones.

## **O- Distintos sistemas de control remoto, sus posibles fallas y consecuencias:**

### **Sistema neumático de control:**

La mayoría de los buques más modernos con sistemas CPP cuentan con sistemas electrónicos de control remoto, pero todavía hay una gran cantidad de buques que aún poseen sistemas neumáticos.

Dependiendo del diseño y de cual parte del sistema en particular haya sido afectado, una falla neumática puede provocar un repentino cambio de *pitch*.

Podemos encontrar al menos cuatro sistemas:

1. Seis bar adelante / cero bar atrás
2. Cero bar adelante / seis bar atrás
3. Más tres bar adelante / menos tres bar atrás
4. Alta presión de suministro y baja presión de accionamiento

### **Seis bar adelante / cero bar atrás**

Pitch	Aire de control
Toda fuerza adelante	6 bar
Para	3 bar
Toda fuerza atrás	0 bar

En este diseño una pérdida repentina de presión de aire repercutirá en una toda fuerza atrás. Una situación peligrosa.

### **Cero bar adelante / seis bar atrás**

Pitch	Aire de control
Toda fuerza adelante	0 bar
Para	3 bar
Toda fuerza atrás	6 bar

En éste diseño la misma falla significará una toda fuerza avante. Esto también es muy peligroso en áreas portuarias.

### **Más tres bar adelante / menos tres bar atrás**

Pitch	Aire de control
Toda fuerza avante	+3 bar
Para	0 bar
Toda fuerza atrás	- 3 bar

Es el sistema más seguro y es el más común en los buques más modernos. Cualquier falla llevará el *pitch* a cero.

La desventaja aquí reside en que el exacto cero empuje es difícil de regular.

### **Alta presión de suministro y baja presión de accionamiento**

Hay otros sistemas que trabajan con una presión de aire de control mucho más baja, pero con una provisión de aire de suministro para todo el sistema mucho mayor, del orden de 6 a 7 bar

Pitch	Aire de control
Toda fuerza adelante	+0,5 bar
Para	+1,0 bar
Toda fuerza atrás	+1,5 bar

Este es un sistema seguro porque dispone de aire de reserva en caso que se produzca una fuga en el sistema ya que hay un soporte de aire de emergencia para suplirla.

En el caso de falla de aire puede también existir un sistema eléctrico de emergencia que permite seguir operando el sistema.

Aunque existen sistemas neumáticos seguros de control este puede no siempre ser capaz de evitar un accidente por lo cual siempre debe de existir un sistema de emergencia que permita el control del *pitch* en el caso de que la falla se produzca en una toda adelante ó toda atrás en un momento crítico.

## **P- Sistema electrónico de control remoto:**

Este sistema está siendo usado en los buques más modernos.

Él también cuenta con un sistema de emergencia en el puente que permite que el *pitch* pueda ser cambiado manualmente por otra vía.

Es en realidad el sistema más seguro y sus posibilidades de falla son mínimas.



## **Q - Fallas del sistema CPP en general, como minimizarlas:**

Un sistema CPP es complicado. Sin embargo hay fallas del sistema que pueden ser detectadas antes de salir a navegar y prevenir inconvenientes durante la operación.

Un buen chequeo previo del sistema en sí y del sistema de comunicación entre el puente y la máquina ó su sala de control es siempre necesaria.

Las investigaciones han demostrado que la mayoría de los accidentes han ocurrido debido a no haberse efectuado un correcto chequeo previo a la zarpada.

## **R - Conclusiones con respecto a las fallas:**

- a. De las fallas de los sistemas CPP instalados en buques viejos puede resultar un toda fuerza adelante ó toda fuerza atrás. Esto lógicamente es potencialmente peligroso en áreas portuarias..
- b. En los buques más modernos, las fallas hidráulicas, las cuales de cualquier modo son raras, no provocarán un inesperado cambio de *pitch*. El mismo se mantendrá en el prefijado y eso, dependiendo de las circunstancias reinantes en el momento, puede ser a menudo más seguro en áreas portuarias que los viejos sistemas.
- c. En el caso de una emergencia, ó si un accidente está a punto de ocurrir, el botón de parada de emergencia de la máquina puede ser rápidamente utilizado ó, si el buque lo posee, también el botón de desembrague de la hélice accionado de inmediato.
- d. Aunque hay seguridad en los sistemas neumáticos de control, en ciertos buques puede resultar que una falla en los mismos produzca un inesperado cambio de *pitch* ya sea toda adelante, toda atrás ó para, según sea el diseño del equipo.
- e. El sistema de emergencia tiene que estar siempre disponible (y probado) para poder modificar el *pitch* a la posición requerida.
- f. Para ser definitivamente claro es imperativo que los capitanes y oficiales de puente en buques con sistema CPP deban estar perfectamente al tanto que es lo que podrá ocurrir en su propio buque si una falla del sistema remoto de control ó del sistema hidráulico se produce y deberán tener muy presentes cuales son las maniobras correctivas que deberán llevar a cabo para minimizar las consecuencias de dicha falla.

**Para ello un buen entrenamiento a bordo debe de ser llevado.**

Con respecto a los prácticos, además de estar al tanto de la totalidad de los diferentes comportamientos y reacciones que puede presentar un buque con el sistema CPP, ellos deberán requerir al capitán, al embarcar, sobre las particularidades y/o anomalías que presenta el buque que van a maniobrar con el fin de estar alerta a si alguna de ellas se produce.

## **S - Reglas de las sociedades de clasificación:**

Es bueno conocer las más importantes reglas por las que se rigen las sociedades de clasificación con respecto a los sistemas CPP.

Las que aquí veremos corresponden al Bureau Veritas pero las de otras sociedades no difieren mucho de estas.

- En los buques equipados con control remoto, un control directo del equipo que comanda el *pitch* deberá encontrarse en la sala de máquinas, independiente del circuito de control remoto
- Cada puesto de control, incluyendo controles parciales como, por ejemplo el caso del control local del *pitch* ó embragues, deberá estar provisto de medios de comunicación con el puente de mando y el mismo deberá ser operable aún en situación de *black-out*.
- Esto significa que la comunicación deberá poder ser hecha, por ejemplo, a través de un teléfono con alimentación eléctrica de emergencia.
- El control remoto del equipo que comanda el *pitch* deberá ser posible accionarlo solamente de un sitio por vez desde las locaciones donde esté colocado y en cada locación habrá un indicador que mostrará cual de ellas está en uso.
- La transferencia de control entre el puente de navegación y la sala de máquinas ó de control solamente será posible desde la sala de máquinas ó de control. El sistema incluirá un dispositivo que prevendrá que el *pitch* varíe significativamente cuando se transfiera el mando de uno a otro sitio.
- Si alguna falla de alimentación (voltaje, presión del fluido, etc.) se produce en la planta de comando del control remoto del *pitch* (esto incluye también al control remoto desde el puente), se deberá activar una alarma en el puente de mando.
- A menos que la sociedad lo considere impracticable, el mantenimiento del *pitch* en la misma dirección que tenía antes de la falla deberá mantenerse hasta el control local haya sido tomado en la sala de máquinas. Esto significa que un sistema de emergencia es requerido en el control del puente.
- Cada estación de control remoto deberá estar provista con indicadores que muestren R.P.M. y posición del *pitch*.
- En el caso de que el sistema no actúe llevando las palas a la posición *pitch* cero, deberá contar con un dispositivo alternativo de parada de emergencia, simple y claramente indicado, como por ejemplo un botón de presión.
- Una alarma deberá ser gatillada cuando la alimentación de la fuente que actúa sobre las palas falla (como por ejemplo pérdida de presión hidráulica).
- Preferentemente la preselección del *pitch* deberá mantenerse lo suficiente para permitir la intervención del personal de máquinas.
- Como mínimo deberá haber dispositivos que impidan cualquier inesperada inversión del empuje de la hélice.

\* Debe de prestarse atención en la reciente enmienda al SOLAS regulación II-1/37-Comunicaciones entre puente de navegación y sala de máquinas. La enmienda fue aprobada como parte de la Resolución MSC.27(61) y se aplicará a los buques nuevos construidos después del 1ro. de Octubre de 1994. En agregado a los requerimientos ya requeridos de la regulación II-1/37 éste requiere que la comunicación será provista desde el puente y de la sala de máquinas a cualquier otra posición desde la cual la velocidad o dirección de empuje de la hélice pueda ser controlada. En la práctica esto introducirá una cadena de comunicación entre el puente y el compartimento de control del CPP, usualmente denominado OD (oil distribution box)

## **T- Conclusiones y recomendaciones importantes finales:**

Se puede concluir que los monohélices con sistema CPP presentan grandes ventajas con respecto a sus pares equipados con FPP cuando maniobran en aguas restringidas.

El comportamiento de un buque con CPP durante la maniobra puede diferir de un buque con FPP debido a los específicos efectos explicados anteriormente, pero si dichos efectos son bien conocidos ellos pueden ser anticipados y minimizados. La experiencia con el comportamiento de un buque en particular podrá ser obtenida durante la práctica normal ó pruebas efectuadas en aguas abiertas.

Otro importante aspecto que debe ser considerado es:

¿ Que puede suceder cuando ocurre una falla en el sistema, ya sea de control remoto ó hidráulico?

A pesar de que graves accidentes pueden ocurrir cuando esas fallas se producen en áreas confinadas, cuando la tripulación del buque está en conocimiento de cuales son las consecuencias que cada falla produce y sabe como reaccionar ante la misma, los accidentes pueden ser evitados ó los daños limitados.

### **De todas formas las siguientes recomendaciones conviene que sean efectuadas:**

- Los oficiales del buque deberían estar cuidadosamente instruidos y entrenados para la operación y mantenimiento del CPP y sus sistemas de control(\*).
- El sistema CPP y los medios de comunicación entre el puente y la máquina deberán ser testados antes de entrar y salir de puerto(\*).

El capitán y los oficiales de cubierta deberán conocer las siguientes particularidades de su buque:

- El efecto lateral de las palas de la hélice bajo diferentes condiciones de carga y velocidad avante.
- La efectividad de la hélice en máquina atrás
- La efectividad de la hélice en máquina adelante cuando el buque está yendo atrás
- La mínima inclinación de las palas que permite un buen gobierno
- Que posición del comando corresponde exactamente al *pitch* cero.
- Cómo mantener el gobierno el mayor tiempo posible luego de una detención de la máquina.
- Que puede ocurrir en el caso de que algún sistema de control remoto ó hidráulico falla en su buque.
- Que medidas deben de ser tomadas para mantener la maniobra del buque el mayor tiempo posible y como se puede evitar ó minimizar el daño.
- Las precauciones que deben de ser tomadas antes de arrancar la máquina y/o antes de embragar la hélice.
- Si se perderá el gobierno cuando, yendo a toda máquina avante con el *pitch* correspondiente a la misma, el mismo es reducido muy rápidamente; y como se debe de actuar en ese caso.

- Si la tripulación del buque está al tanto de los riesgos que alcanzan a las líneas de amarre de popa durante las operaciones de amarre y desamarre
- Además los prácticos deben ser avisados claramente acerca de las características de maniobra del buque.

(\*) Es digno de considerar una de las últimas *British Merchant Notices*, #M1563/Abril,1994, la cual fue editada a partir de las investigaciones que se efectuaron con respecto a tres accidentes en la que estuvieron involucrados buques con sistema CPP.

Además tengamos siempre bien presente:

**Sobre un buque con una edad de más de 10 años no se encontrará el más moderno sistema CPP ni tampoco el más confiable y, genéricamente hablando, la calidad y número de las tripulaciones que mundialmente ha decrecido notoriamente puede también afectar seriamente la confiabilidad del sistema, así sea este de última generación.**

## **U- Recomendaciones a los armadores:**

Se recomienda que los armadores introduzcan chequeos previos a la zarpada de los controles de máquinas, de los del CPP y de las cadenas de comunicación entre el puente y los espacios de máquinas ó el cuarto de control de máquinas (*ECR*).

Estos chequeos deben comprender la operación de todos los sistemas alternativos desde donde estén instalados.

Se recomienda que los mismos sean efectuados antes de la zarpada ó a intervalos máximos que abajo se indican:

Chequeos a efectuarse en buques equipados con sistema CPP	Periodicidad
Control de máquinas y pitch desde el puente	Cada zarpada
Control de máquinas y pitch desde la consola de control de máquinas( <i>ECR</i> ), incluyendo todo indicador mecánico y eléctrico	Semanalmente
Indicador de pitch en todos los puestos de control del mismo	Semanalmente
Chequeo de comunicaciones entre el puente y el lugar de control del CPP, usualmente denominada <i>Oil Distribution Box</i>	Cada zarpada
Parada de máquinas propulsoras desde el puente	Mensualmente
Control del CPP desde el cuarto de control del mismo, usualmente <i>Oil Distribution Box</i>	Mensualmente

## **V - Recomendaciones para poder adquirir experiencias sobre el comportamiento del buque:**

### **Maniobras de prueba con buques nuevos:**

Con respecto a los buques nuevos, una temprana acumulación de datos con respecto a su comportamiento es muy recomendable, y ello se logra con la realización de pruebas bajo diferentes condiciones de carga y velocidades.

Además de los viajes normales recomendados por la IMO, se sugiere que se hagan además prácticas dentro de áreas portuarias en situaciones de poco compromiso, y que dichos resultados sean anotados para crear un banco de datos de gran utilidad para los próximos relevos.

La experiencia práctica del comportamiento de un buque que obtenga su capitán y oficiales puede ser de gran utilidad durante las operaciones y maniobras normales.

Debe ser éste un proceso de continuo aprendizaje.

Si el buque está equipado con *combinator*, las maniobras deberán ser llevadas a cabo de acuerdo a la práctica que comúnmente se haga, ya sea utilizándolo ó no.

### **Apreciación de la pérdida de maniobra en emergencias:**

Simulando una falla, observar el comportamiento del buque bajo las siguientes condiciones:

- Navegando toda fuerza avante, bajar distintos grados de *pitch*
- Apreciación de los efectos laterales indeseados que se producen en la hélice, el empuje en máquina atrás y distancias de detención
- Apreciación del empuje adelante cuando el buque está yendo atrás
- Verificación del cero *pitch* de la hélice
- Simulación de una falla de máquinas e intentar mantener el rumbo

### **Navegando toda fuerza avante, bajar distintos grados de *pitch***

Se recomienda efectuar los siguientes cambios de *pitch* en aguas libres con el fin de determinar las pérdidas de maniobra del buque ante situaciones de emergencia, tratando de mantener el buque a rumbo ó hacer los deseados.

Esto permitirá intuir que comportamiento tendrá el buque y cual será su pérdida de gobierno ante una emergencia.

Navegando a	Colocar el <i>pitch</i> en
Toda fuerza avante	Muy despacio avante
Toda fuerza avante	Para
Toda fuerza avante	Para y controlar el gobierno con golpes de <i>pitch</i>
Toda fuerza avante	M/despacio y controlar el gobierno con golpes de <i>pitch</i>
Toda fuerza avante	<i>Pitch</i> disminuido lentamente para mantener gobierno
Toda fuerza avante	Idem y buscar la más baja vel.de gob. y el <i>pitch</i> corresp.

**Apreciación de los efectos laterales indeseados que producen en la hélice, el empuje en máquina atrás y distancias de detención:**

Por medio de las siguientes pruebas se podrá prever cual será la caída de la proa cuando el *pitch* atrás sea aplicado y la efectividad del empuje atrás y las distancias necesarias para detener el buque.

Vb	<i>Pitch</i> en
TFAd	TFAt hasta que el buque se detenga en el agua
TFAd	MFAAt hasta que el buque se detenga en el agua
TFAd	DAt hasta que el buque se detenga en el agua
MFAd	TFAt hasta que el buque se detenga en el agua
MFAd	MFAAt hasta que el buque se detenga en el agua
MFAd	DAt hasta que el buque se detenga en el agua
DAd $\cong$ 6 Ns	TFAt hasta que el buque se detenga en el agua
DAd $\cong$ 6 Ns	MFAAt hasta que el buque se detenga en el agua
DAd $\cong$ 6 Ns	DAt hasta que el buque se detenga en el agua

**Apreciación del empuje adelante cuando el buque está yendo atrás:**

Vb. retrógrada	Detener el buque con
$\cong$ 4 - 5Ns	Muy despacio adelante
$\cong$ 4 - 5Ns	Media fuerza adelante
$\cong$ 4 - 5Ns	Toda fuerza adelante

**Verificación del cero pitch de la hélice:**

Estando el buque amarrado a un muelle en aguas quietas, arrancar la máquina y poner el *pitch* en cero verificando el trabajo que efectúan las amarras.

**Simulación de una falla de máquinas e intentar mantener el rumbo:**

- Llevar el buque toda fuerza avante y detener la máquina presionando el botón de parada de emergencia desde el puente.
- Intentar controlar el gobierno manteniendo el *pitch* en toda fuerza adelante y colocándolo en cero.
- El gobierno se debe intentar mantener hasta que se restablezca la propulsión y/o hasta que la hélice pueda ser desembragada.



## **W- Bibliografía:**

- Información técnica de KaMeWa
- Practical Ship-handling, Malcolm Armstrong, Glasgow, 1980
- Maneuvering single screw vessels fitted with controllable pitch propellers in confined waters, Captain H. Hensen, Nautical Institute, London, 1994
- Merchant Shipping Notice # 1563, April 1994
- Stranding and their causes, Richard A Cahill, London 1985

Buenos Aires, Mayo de 1999