

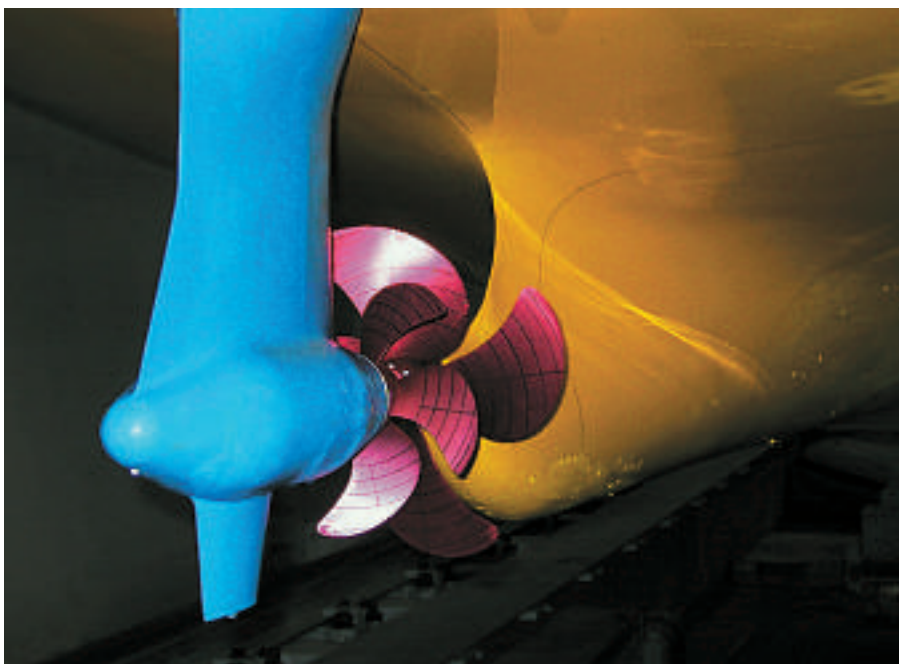


# Giro

CRP Azipod®, más eficiencia para la propulsión naval

# decisivo

Tomi Veikonheimo, Matti Turtiainen



**Casi tan antiguo como la invención del propio propulsor de hélice, el concepto de hélices contrarrotativas ha estado considerado como algo del pasado, dado que necesita complejos sistemas de transmisión y engranajes. No obstante, ahora se dispone de la tecnología adecuada para superar estos inconvenientes. CRP Azipod, inaugura una nueva era ofreciendo a los astilleros y armadores un sistema de accionamiento con hélices contrarrotativas que aprovecha completamente la experiencia acumulada por ABB con su acreditada unidad de electropropulsión Azipod.**

**E**l concepto de hélice contrarrotativa que está en la base de la unidad CRP Azipod® combina dos sistemas independientes de propulsión: una hélice principal accionada convencionalmente y una hélice aguas abajo alineada respecto del mismo eje y girando en sentido contrario. La hélice principal está acoplada directamente o por medio de engranajes al motor o motores principales, mientras que la hélice contrarrotativa, en línea, está accionada por un motor eléctrico situado dentro de una góndola sumergida que puede girar hasta 360 grados.

CRP Azipod elimina los problemas propios de los engranajes, rodamientos y

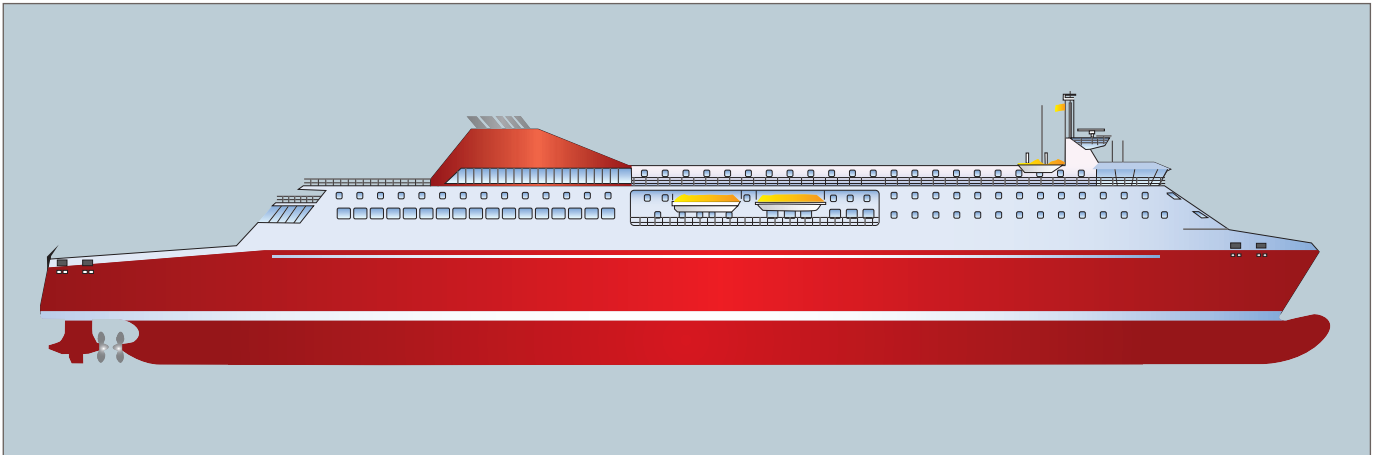
cierres necesarios para los complejos sistemas de ejes CRP con un eje que gira en el interior de un segundo eje. Además de mejorar la fiabilidad del sistema en su conjunto, la eliminación de estos problemas da a los diseñadores más libertad para la disposición de la sala de máquinas. A esto se le añaden las ventajas comunes a todas las unidades de góndola, como son las excelentes características de maniobra y el alto rendimiento dinámico, inclusive la capacidad de girar 180 grados para aumentar el empuje propulsor.

Otra ventaja es que la unidad Azipod puede instalarse sustituyendo al timón convencional de un barco, manteniendo

las líneas de corriente del casco monohélice y consiguiendo un bajo nivel de resistencia y un gran rendimiento.

## ¿Por qué CRP?

La propulsión contrarrotativa es mejor que la convencional, y esto por varias razones. En primer lugar permite recuperar el componente de velocidad rotacional de marcha adelante de la hélice principal; además, puesto que la potencia se reparte entre dos hélices, la carga en cada una de ellas se reduce y las hélices pueden tener diámetros más pequeños. Las hélices de pequeño diámetro tienen una ventaja importante, ya que al aumentar la distancia entre la punta de pala de la hélice y el casco se



reducen la transmisión de ruidos y vibraciones en el casco del barco.

Al mismo tiempo, el propio casco de Azipod actúa como un timón detrás de ambas hélices, enderezando el flujo de nivel aguas abajo y contribuyendo al empuje. Los resultados de los ensayos realizados en modelos de dársenas dejan claro que este sistema es una alternativa seria para el propietario que desea aumentar el rendimiento de propulsión o reducir la vibración y los niveles de ruido de sus barcos.



CRP Azipod combina una hélice principal convencional y una segunda, contrarrotativa aguas abajo, alineada con la primera.

### ¿Para qué tipos de barcos?

CRP Azipod aumenta el rendimiento de propulsión respecto de los sistemas de monohélice o de bihélice convencional; el aumento depende de la carga de la hélice y de la velocidad del barco en cuestión.

En el caso de un barco monohélice, concebido para operar con carga moderada tanto en aguas tranquilas como en estelas, el sistema CRP proporcionará un incremento total pequeño, incluso insignificante, del rendimiento de propulsión. La razón es que las hélices actuales son muy eficaces gracias a sus diseños optimizados. En este tipo de barcos, las ventajas de CRP residen realmente en la capacidad de maniobra, en la redundancia de la propulsión, en el menor tamaño de las salas de máquinas y en la reducción de los niveles de ruido y vibraciones.

Por sus numerosas ventajas, CRP Azipod destaca claramente sobre los sistemas convencionales de propulsión con gran carga sobre la hélice en régimen de gran velocidad o sobre los sistemas en que el tamaño de la hélice está limitado. Entre estos tipos de barcos se encuentran los barcos RoPax rápidos <sup>1</sup>, los buques portacontenedores de gran

tamaño y los barcos LNG para gas natural licuado. Dada la versatilidad de uso de CRP Azipod es necesario considerar la idoneidad y las ventajas del sistema caso por caso.

### Los ensayos indican un rendimiento mucho mayor

Los ensayos en modelos con diferentes tipos de barcos han proporcionado resultados muy prometedores. En un estudio reciente sobre el modelo de un barco portacontenedores ultragrande, realizado en un canal de ensayos, se compararon tres sistemas de propulsión diferentes: monohélice, doble codaste y CRP Azipod, para determinar las diferencias reales de rendimiento. Se optimizaron todas las hélices y formas de casco y se tomaron todas las medidas para garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados.

Los ensayos demostraron que el barco con CRP Azipod alcanzaba un rendimiento 9% mayor que el barco con doble codaste y 5% más que el barco monohélice <sup>2</sup>. Estas cifras tienen en cuenta las pérdidas mecánicas y eléctricas en cada caso. De hecho, la diferencia de rendimiento es incluso mayor y llega al 2% cuando se compara la potencia generada en la hélice.

<sup>1</sup> El codaste es un dispositivo tipo aleta, situado cerca de la popa, que contribuye a mantener recta la trayectoria del barco.

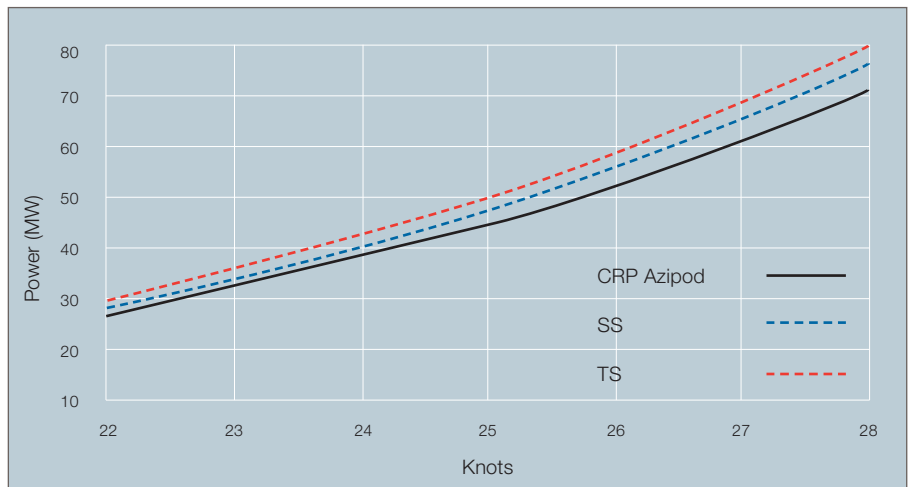


Los resultados registrados evidencian que este es un caso claro de aplicación de CRP Azipod. La reducción de tamaño de la maquinaria de propulsión y el menor consumo de combustible son las dos principales ventajas que trae consigo el aumento del rendimiento.

La principal causa de que el rendimiento con CRP Azipod sea mayor que el del sistema monohélice es la reducción de carga sobre la hélice. En el caso del barco con doble codaste, el aumento del rendimiento se obtiene en virtud de la menor resistencia del casco y por el propio efecto del CRP. Obviamente, en el barco con doble codaste también se puede repartir la carga sobre las dos hélices, que tendrán menores sollicitaciones.

ABB inició asimismo un proyecto de investigación de RoPax rápido para estudiar el concepto de CRP Azipod. Como parte del proyecto se realizó una gran serie de ensayos de propulsión en el centro de tecnología naval Marintek (Noruega) para investigar las distintas hipótesis de fallos, entre ellas el funcionamiento con una sola unidad de propulsión (la hélice principal o la unidad Azipod), mientras la segunda está fuera de servicio. Los ensayos dieron resultados muy satisfactorios y permitieron recopilar valiosa información para futuros diseños de proyectos y trabajos de desarrollo.

**2** Predicciones de rendimiento de tres sistemas de propulsión distintos



Predicciones de rendimiento, basadas en ensayos de modelos, para un barco portacontenedores de gran tamaño con propulsión monohélice (SS), bihélice (TS) y CRP Azipod

Basándonos en nuestra experiencia hasta el día de hoy podemos decir que el aumento de eficacia con CRP Azipod podría alcanzar el 15%, dependiendo del tipo de barco y de la configuración del sistema de propulsión del mismo.

**Diseño de una división óptima de potencia**

El proceso de diseño se caracteriza por la existencia de varias restricciones límite que han de ser definidas durante la

fase de oferta del proyecto. La velocidad y el diámetro aproximados de la hélice principal, por ejemplo, suelen tener valores más o menos fijos, determinados por la velocidad de giro del motor principal y por la separación respecto del casco. También son fijos, para una potencia nominal determinada, el tamaño y la velocidad en la góndola de la unidad Azipod pero el diseñador tiene opciones para elegir el tamaño y tipo de motor eléctrico.





Conjuntamente, estos factores definen la relación de potencia óptima. El objetivo a conseguir es una división de potencia de 50:50, pero la relación óptima para un barco concreto se obtiene en un proceso iterativo en que la elección de la potencia del motor principal y del tamaño de la góndola desempeñan una función clave. En cualquier caso, el tamaño de la góndola se elegirá en función de los costes y de la eficacia hidrodinámica.

#### Relación de potencia

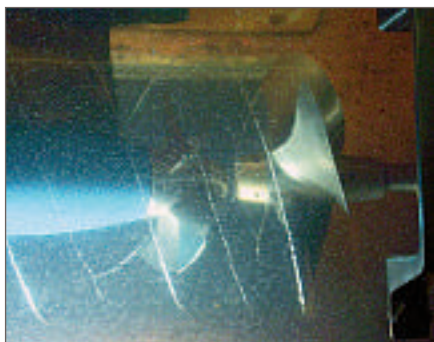
Normalmente, la góndola proporciona entre un 30% y un 50% de la potencia de propulsión total. Sin embargo, para aumentar el rendimiento al máximo, las hélices han de proporcionar cantidades equivalentes de potencia, y la mejora del rendimiento se reduce cuando se da una desviación de esta situación ideal. ABB considera que la relación de potencia no debe estar por debajo de 30:70 si se quiere conseguir una buena eficacia hidrodinámica. Si es necesario adaptar un barco para una nueva ruta que requiera más velocidad, habrá que contar con la llamada potencia de refuerzo; en estos casos, la relación de potencia podrá bajar del 30%, ya que lo importante es la velocidad y la capacidad de maniobra y no que la propulsión tenga un rendimiento óptimo. Si se consideran las relaciones de par motor y empuje se ve que reflejan bien la relación de potencia de la hélice.

#### Diámetro de las hélices

Cuando la potencia de propulsión se reparte por igual entre las hélices, el diámetro óptimo de la hélice contrarrotativa es 85 a 92% del diámetro de la hélice de marcha adelante. Si varía la distribución de potencia, por tanto, será necesario prestar especial atención al diámetro de la hélice contrarrotativa. Por ejemplo, habrá que realizar cálculos comparativos para determinar su diámetro óptimo. Si presuponemos una distribución de potencia de 30% y 70%, el diámetro de la hélice contrarrotativa será 70% a 80% del diámetro de la hélice de marcha adelante.

El diámetro de la hélice contrarrotativa Azipod debe calcularse para que, durante el funcionamiento normal, el disco de





la hélice permanezca dentro de la estela de la hélice principal. De este modo queda asegurado que las palas de la hélice Azipod no interferirán con el vórtice de la punta de pala de la hélice principal, lo que podría generar problemas de cavitación y vibraciones.

#### Cavitación

Las características de cavitación de las dos hélices son muy importantes, no sólo por el posible efecto negativo de la cavitación sobre las palas, sino también por su posible influencia sobre el nivel de impulsos de presión sobre el casco, que puede aumentar el nivel de vibraciones en el eje motor.

El diseño de la hélice Azipod fue todo un desafío, ya que dicha hélice actúa en la estela, muy poco homogénea, creada por la hélice principal. Un criterio fundamental, quizás el más importante, para el diseño de las dos hélices y del eje de orientación de Azipod es la deseada ausencia de cavitación perjudicial, que podría provocar erosión entre los ángulos de timón de  $\pm 7,5$  grados. Esta zona comprende los ángulos de dirección del piloto automático de un barco a la velocidad normal de servicio.

La hélice de marcha adelante es semejante a la de una configuración mono-hélice convencional y su diseño, por lo tanto, es relativamente sencillo. Si las características de cavitación –del vórtice de la punta de pala y del núcleo de hélice y la cavitación laminar– son buenas, el diseño de la hélice contrarrotativa

tendrá muchos menos problemas. Las hélices deben diseñarse conjuntamente, no por separado, ya que, dado que están muy próximas, el funcionamiento de una de ellas afecta a la otra. Puesto que la hélice Azipod funciona dentro de la estela de la hélice principal, la estela aguas abajo de la misma tiene que ser lo más próxima que sea posible al caso ideal para facilitar el diseño de la hélice contrarrotativa.

La figura 3 muestra la configuración del túnel de cavitación en los ensayos; en la parte izquierda de la figura se puede ver el vórtice de la punta de pala de la hélice principal.

La cavitación del buje de la hélice principal tiende a plantear el problema más difícil. Cuando se orienta la unidad Azipod –girando el plano de la hélice de Azipod–, el vórtice del buje generado por la hélice principal puede colisionar con las raíces de las palas de la hélice contrarrotativa. Esto puede dar lugar a cavitación en las palas de esta hélice y puede causar una erosión perjudicial. El buje de la hélice principal debe diseñarse cuidadosamente para evitar este fenómeno.

El carenado del eje de orientación del sistema Azipod está situado en un campo de flujo mixto, con su parte superior en la capa límite del casco y en la estela del barco y su parte inferior en la estela combinada, muy poco homogénea, de las dos hélices. El diseño del perfil del carenado del eje de orientación ha de evitar todo tipo de cavitación, o por lo menos ha de conseguir que la cavitación no sea perjudicial en condiciones normales de funcionamiento.

#### Nivel de impulsos de presión y vibración

En la actualidad el sector naval demanda barcos más rápidos, es decir, barcos con más potencia de propulsión, pero al mismo tiempo espera que el aumento de velocidad no genere más vibraciones ni ruidos a bordo. De hecho, el sector espera una reducción de las vibraciones y ruidos en ciertos tipos de barcos.

Como ya hemos mencionado, el sistema CRP permite reducir el diámetro de la

hélice y aumentar la distancia entre la punta de la pala de hélice y el casco, de modo que es posible cumplir este requisito. Además, el reparto de la potencia entre las hélices de marcha adelante y la contrarrotativa también puede reducir significativamente los niveles de excitación de vibraciones en el casco del barco.

Normalmente, en un sistema CRP Azipod se utilizan hélices con distintos números de palas, que generan diferentes amplitudes de presión a distintas frecuencias. Este es también un factor a tener en cuenta en el diseño de las estructuras principales del barco.

Otra consideración importante para el diseño es que la góndola de acero y el eje de Azipod tienen que soportar las cargas y la vibración provocadas por la dirección y por el funcionamiento de la hélice principal. Los estudios han descartado que surjan problemas en este sentido.

#### Un sistema con gran potencial

CRP Azipod, la más reciente innovación de ABB en el campo de la propulsión naval, extiende el concepto Azipod a un nuevo campo de aplicación.

Los ensayos realizados sobre modelos muestran claramente que este sistema es una seria opción para los barcos de gran potencia y/o gran velocidad. Las ventajas principales de CRP Azipod residen en su mayor rendimiento, que puede aumentar hasta un 15%, y en la considerable reducción de vibraciones del casco.

Para mantener su posición de líder tecnológico, ABB colabora actualmente con diversos asociados, armadores y astilleros en varios proyectos de desarrollo de soluciones, más eficaces y sostenibles, para los clientes del sector naval.

**Tomi Veikonheimo**

**Matti Turtiainen**

ABB Oy

Helsinki, Finlandia

tomi.veikonheimo@fi.abb.com

matti.turtiainen@fi.abb.com