

El buque pesquero: producción y consumo energético

Los buques presentan una capacidad de generación energética que debe satisfacer las necesidades propulsivas del mismo (travesía y operación pesquera) y abastecer a los equipos destinados a cubrir los servicios del barco.

La rentabilidad económica de la operación del buque pesquero está íntimamente ligada a los costes de operación en actividad, destacando entre ellos los debidos al consumo del buque, que además de relevantes se pueden considerar como fijos.

La correcta gestión energética del buque pesquero (para propulsión y servicios), así como la selección coherente de los equipos productores y consumidores, integrados y dimensionados de acuerdo a las necesidades reales de operación, conducen a ahorros significativos en inversión inicial, en mantenimiento y por supuesto de consumo energético en operación. Todo ello se traduce, finalmente, en un descenso en costes y por tanto, en un aumento de la rentabilidad económica del buque como entidad empresarial.

Es necesario tener presente que del total de consumos por marea de un pesquero, el porcentaje destinado a propulsión está entre el 70 y el 85% del total consumido. Éste varía dependiendo del tipo de buque, su condición de operación, sus dimensiones, la disposición de su cámara de máquinas y el tipo y número de consumidores.

En el caso de las embarcaciones menores, en su mayoría equipadas con motores fuera borda, este porcentaje se incrementa dado que el número de consumidores a bordo es muy reducido. Es por ello que la importancia de una correcta selección del grupo propulsor es de mucha importancia desde el punto de vista del ahorro energético.

En el tren propulsivo, las pérdidas más importantes son las debidas al rendimiento propio del motor y del propulsor, por lo que será necesario un especial cuidado en la elección de estos equipos y en su integración.

Así, el conocimiento de las condiciones de operación del barco y su situación serán determinantes para una correcta gestión energética del barco.

Propulsión. Influencia de las dimensiones y estado de operación

En el proyecto del buque, la definición de la potencia necesaria de su motor propulsor se obtiene a partir de sus necesidades operativas, es decir, el armador debe definir cuáles son sus requisitos de velocidad, autonomía y capacidad y a partir de estos datos se definen los distintos sistemas del buque.

Es por ello de suma importancia definir cuidadosamente las necesidades reales de operación, que deben ser optimizadas para alcanzar la mayor rentabilidad económica del buque.

Puesto que la necesidad de potencia (EHP) para el desplazamiento del buque se define como la velocidad (v) por la resistencia al avance (Rt),

$$EHP = v \times Rt$$

será necesario controlar la velocidad y la resistencia en la medida de lo posible, para que las necesidades energéticas de propulsión se minimicen.

Las formas y las dimensiones principales del buque (normalmente función de la capacidad de almacenaje de capturas y de la autonomía), determinan la resistencia al avance para cada una de las distintas velocidades de operación.

El parámetro más importante del que depende la potencia necesaria para la propulsión es la velocidad, aunque las dimensiones principales y las formas también tienen una influencia significativa.

La resistencia al avance total del barco se puede desglosar en las siguientes componentes, cuya importancia relativa dependerá en gran medida de las velocidades de operación del buque:

- Resistencia por formación de olas (Rw): es la componente que adquiere mayor relevancia a velocidades de operación altas, siendo directamente proporcional a la

velocidad elevada a la cuarta e inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la eslora.
 $HP = v \times Rt$

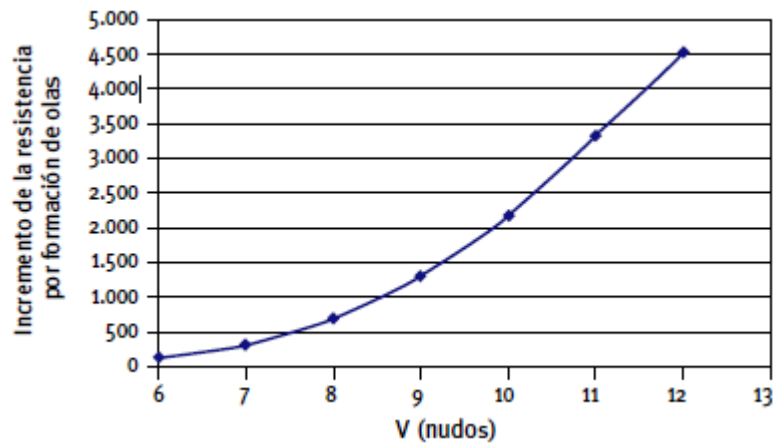


Figura 7. Incremento de la resistencia por formación de olas con la velocidad para un buque de 24 m de eslora

Por tanto, en barcos cuyas velocidades de operación sean elevadas, es necesario tener presente que la potencia necesaria para la propulsión puede evaluarse como una función de la velocidad elevada a la séptima; en este caso, teniendo en cuenta la velocidad (v) y la eslora (L):

$$EHP_{Form.Ola} = f(v^7);$$

$$Rw = f\left(\frac{v}{\sqrt{L}}\right);$$

Es de destacar que en pesqueros, la relación $\left(\frac{v}{\sqrt{L}}\right)$ es superior a otros buques, por lo que la importancia relativa de la resistencia por formación de olas es mayor frente a las otras componentes. Por tanto, habrá mayor dependencia del incremento de la potencia con la velocidad para barcos de pesca que operen a velocidades altas (por encima de 6 nudos) que en otros barcos operando a la misma velocidad. $Rw = f v L$

- Resistencia viscosa (Rv): esta es la componente más importante de la resistencia cuando los buques navegan a bajas velocidades. Está vinculada con las formas del mismo y con su eslora, por lo que en aquellos buques que actúen a bajas velocidades deben seleccionarse cuidadosamente estos valores. La influencia del casco viene dada principalmente por la finura de sus formas, es decir, la relación eslora puntal y manga puntal.

$$v = f(\text{finura de las formas, eslora, velocidad, superficie mojada})$$

El valor de la eslora (L) ha de ser tal que minimice la resistencia teniéndose en cuenta la influencia de las formas. De este modo, el incremento aproximado de la resistencia viscosa a baja velocidad con la eslora es de un 5% por cada 2 metros de incremento de la misma, manteniendo el resto de dimensiones y las formas constantes.

Un efecto importante a considerar en la resistencia viscosa es la rugosidad del casco. Entendemos por rugosidad las imperfecciones que se dan en el casco del buque y que se presentan como la suma de las superficiales (corrosión, incrustaciones, etc.) y las estructurales (cordones de soldadura, etc.).

Los efectos de la rugosidad incrementan la resistencia por fricción del barco y, por lo tanto, también la resistencia viscosa. Como orientación, estos incrementos suponen aumentos proporcionales al tiempo que pasa el casco sin limpiar, alcanzándose

incrementos del 10% de la potencia después de 10 años sin ser limpiado y de hasta el 25% dependiendo de la ruta realizada.

Para reducir la rugosidad del casco puede actuarse durante las etapas de construcción del buque en la componente estructural de la misma, intentando obtener una carena lo más lisa posible. En el caso de la rugosidad debida a las incrustaciones biológicas, la solución consiste en la aplicación de pinturas anti incrustantes en la obra viva, que reducen las fijaciones sobre la carena.

Para mantener en niveles mínimos las incrustaciones biológicas, es fundamental seguir las instrucciones de los fabricantes de pinturas y los astilleros en lo que se refiere a períodos de renovación de pinturas y varadas de mantenimiento. En el caso de las embarcaciones pequeñas, que se varan en tierra tras cada jornada de pesca y que no disponen de pinturas anti incrustantes, es conveniente revisar el estado de la obra viva con frecuencia y proceder a su limpieza tan pronto como se aprecien fijaciones en la misma.

La resistencia al avance total (tanto para su componente viscosa como para la componente por formación de olas) es directamente proporcional a la superficie mojada (s), que depende de las dimensiones del buque y de sus apéndices. La inclusión de elementos como toberas (para aumentar el tiro) o bulbos (para mejorar el comportamiento en la mar) ha de analizarse cuidadosamente, ya que los beneficios propios de su objetivo inicial se pueden ver mermados por la gran influencia que presentan en estos barcos en lo que a resistencia al avance se trata.

Asimismo, es necesario recalcar que fundamentalmente el consumo de combustible de un buque o embarcación de pesca depende de la velocidad del mismo. Observando la gráfica potencia-velocidad, puede observarse que el incremento de potencia necesario para obtener un aumento dado de velocidad, es superior si nos encontramos en un rango de velocidades elevadas que reducidas.

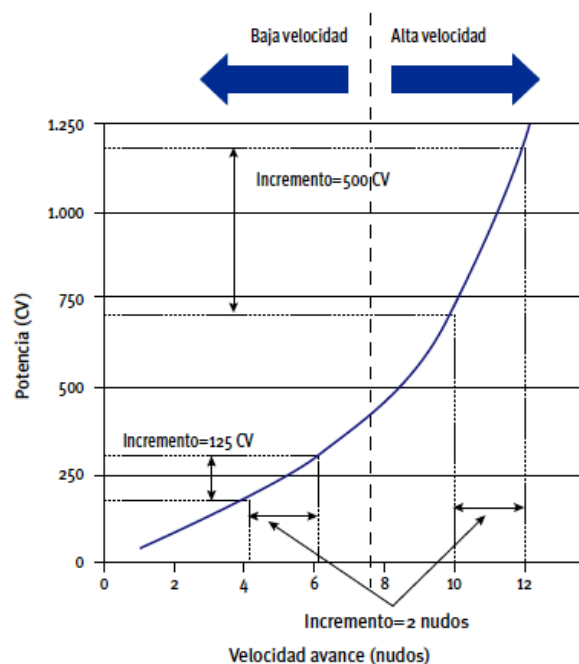


Figura 8. Incremento de potencia propulsora con la velocidad para un arrastrero en navegación libre de 30 m de eslora

Así pues, la velocidad debe ser convenientemente seleccionada tras la realización de un análisis objetivo de las ventajas y los inconvenientes de un posible aumento de la misma. Éste debe incluir el coste del combustible consumido en exceso y las ventajas económicas que podría proporcionar un incremento en la duración de la marea o una llegada más temprana a puerto. Esta selección se abordará en el Capítulo 5.

4.2 Propulsión. Influencia del tren propulsivo

a) Motor principal: rendimiento según carga demandada

La potencia necesaria que debe proporcionar el motor principal está condicionada por la demandada por el buque, pero a ésta hay que añadir las pérdidas por rendimientos mecánicos de la línea de ejes, el propulsor, el propio rendimiento del motor y el margen de mar que se emplee. De entre estos, el punto más comprometido es la hélice o propulsor.

El motor principal debe seleccionarse a partir de la potencia necesaria para la propulsión teniendo en cuenta dos premisas fundamentales:

- Capacidad para generar la potencia necesaria en las condiciones más exigentes de propulsión (para lo cual es necesario considerar el comportamiento de la hélice).
- Rendimiento asumible del motor (consumo específico cerca del mínimo) para las distintas condiciones de operación previstas, teniendo en cuenta el tiempo relativo de cada una de ellas respecto al tiempo total de marea y los consumos relativos durante las mismas.

Téngase en cuenta que el mínimo consumo específico de los motores diesel convencionales se encuentra aproximadamente en el 80% de su potencia nominal (MCR).

El proceso seguido para la selección del motor propulsor y comprobar la adecuación del mismo a las distintas condiciones de navegación se describe a continuación (Ver Figura 10 "Punto de diseño del propulsor"):

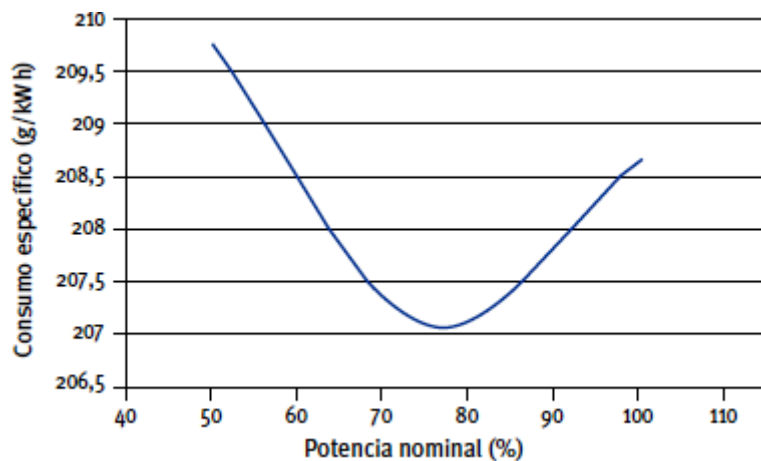


Figura 9. Consumo específico de un motor de 1.300 CV a 1.200 rpm de revoluciones

Para la velocidad máxima de operación especificada, se define la potencia que debe suministrar la hélice para vencer la resistencia al avance (EHP), normalmente considerando el casco del buque y la hélice limpios y la mar en calma. Este punto de diseño del propulsor (PD) debe estar contenido en la curva de la hélice.

Realizando la previsión de cambio de comportamiento de la hélice en operación (a lo largo del tiempo, el rendimiento de la hélice disminuye, debido a distintos motivos como la incrustación de organismos y el deterioro), obtenemos un segundo punto de funcionamiento (PD1), en que la velocidad se ha reducido respecto a la de diseño. Sin embargo, es necesario considerar que el buque pueda desarrollar esta velocidad en estas nuevas circunstancias y también en el caso de encontrarse con situaciones de la mar adversas. Por esto, el valor de potencia requerido debe aumentarse en el llamado margen de mar, que normalmente se sitúa en el 15% de PD, obteniendo así el punto PS (punto de servicio continuo).

Además, el motor no debe operar siempre a su potencia máxima. Por este motivo, es necesario definir de qué margen se desea disponer (normalmente un 10%) y añadir el mismo al valor de PS, obteniendo finalmente el punto PM (potencia máxima continua) de operación del motor.

Los distintos puntos de operación de las posibles condiciones de navegación del barco, calculados de este modo, han de presentarse dentro del de diseño del motor (definido por los puntos L1, L2, L3 y L4), es decir, dentro de la zona de consumo específico mínimo del motor (o rendimiento óptimo).

El motor seleccionado para una hélice definida (la que presente mejor rendimiento para el conjunto de todos los puntos de operación o para el punto de operación más frecuente), se ha de comportar para todos los puntos de operación del buque entre el 70 y el 90% de su potencia nominal (MCR).

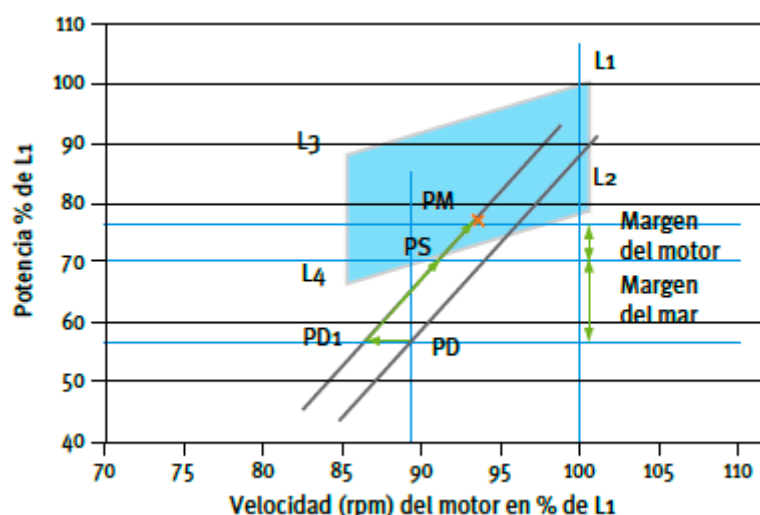


Figura 10. Punto de diseño del propulsor del buque en relación al paralelogramo de diseño de un motor diesel

Además de los parámetros de selección del motor, hay que señalar que el mantenimiento del mismo es fundamental para mantener su óptimo rendimiento y mínimo consumo.

Los períodos de rodaje y las revisiones de mantenimiento especificadas por el fabricante deben ser respetadas escrupulosamente, así como debe consultarse a un técnico especializado en caso de detectarse cualquier mal funcionamiento en el mismo.

Como ejemplo, puede presentarse la comparación de dos motores similares propulsando la misma embarcación a su máxima potencia, uno de ellos sometido al mantenimiento necesario y otro sin ningún tipo de atención; los consumos de este último doblaron los del primero y la velocidad alcanzada por la embarcación fue menor.

b) Hélice propulsora: rendimientos según los tipos de propulsores y sus condiciones de funcionamiento

La selección del tipo de propulsor responde a criterios operacionales:

- Versatilidad de operación: para condiciones muy diferentes de operación se recomiendan hélices de paso controlable.
- Estados de operación constantes y prolongados: se recomiendan hélices de paso fijo, ya que presentan mejores rendimientos que las de paso controlable en su condición de diseño.
- Grandes demandas de empuje a bajas velocidades (por ejemplo, en arrastreros): se recomienda el uso de toberas.

La combinación de opciones puede conducir a resultados adecuados, siempre que se determinen con cierta aproximación las condiciones deseadas de operación.

Es de destacar que la conveniencia del empleo de toberas, no se limita sólo a la consideración de criterios propulsivos (incremento de empuje a bajas velocidades frente a las hélices convencionales) sino también al incremento de resistencia al avance.

El incremento de resistencia al avance que produce una hélice con tobera frente a una hélice sin ella se traduce en un incremento de la potencia propulsiva necesaria. Por tanto, para que resulte rentable la instalación de una tobera, el incremento de empuje que proporciona la hélice con tobera ha de ser muy superior al incremento de la resistencia al avance que genera.

Como ilustración se presenta el siguiente ejemplo: para un arrastrero navegando a 3 nudos con un diámetro de propulsor de 2 metros, sería necesaria una demanda de

empuje por encima de 9 toneladas (resistencia al avance más tiro del aparejo) para que resultase más favorable la instalación de una hélice con tobera que una sin ella.

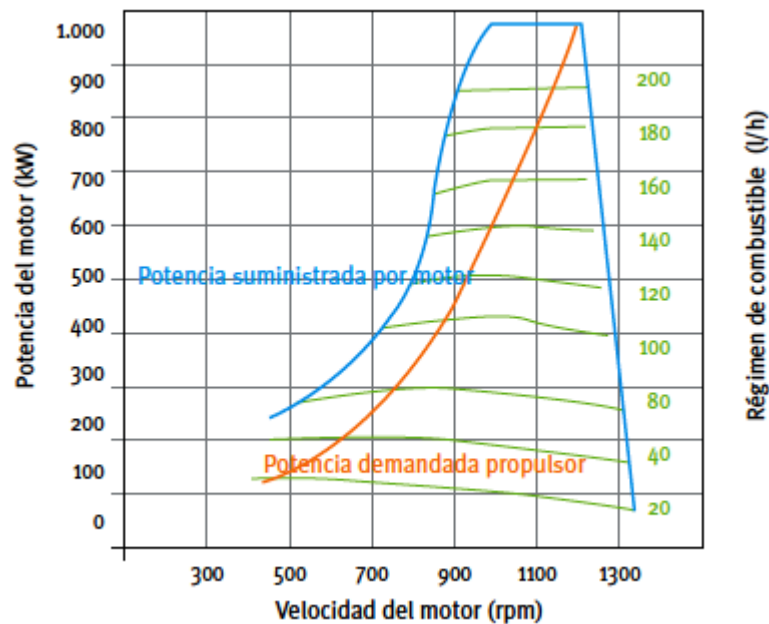


Figura 11. Potencias desarrolladas por un motor de 1.300 CV y revoluciones variables (líneas azules), frente a la potencia demandada por el propulsor (líneas naranjas)

c) Correcta integración propulsor motor-línea de ejes

La dificultad de integración de hélice y motor radica en el diferente comportamiento de la hélice y el motor entre potencia y par. La hélice proyectada ha de regirse por una curva de demanda de potencia por debajo de la suministrada por el motor (evitando la sobrecarga), pero lo suficientemente cerca de ella como para operar en puntos dentro del paralelogramo de diseño del motor (zona de consumo específico mínimo) y con valores aceptables de rendimiento.

Un motor sobredimensionado, actuando regularmente muy por debajo de su potencia máxima continua, no sólo tiene en sí mismo peor rendimiento, sino que en ese punto de operación, la hélice tendrá un rendimiento inferior al óptimo, produciéndose una caída en el rendimiento por una doble vía (considerando además los mayores costes de adquisición y de mantenimiento de un motor de mayor potencia).

Una posible solución en barcos con condiciones muy diferentes de operación durante tiempos significativos (tales como los palangreros, virando aparejo la mitad de la marea a bajas velocidades y largando y en navegación libre a velocidades altas) es la propulsión diesel-eléctrica. Este tipo de propulsión se describe en el Capítulo 7.

En el caso de buques que presentan claras diferencias en los requerimientos de tiro según la condición de operación, la utilización de hélices de paso variable puede resultar la mejor alternativa.

La ley que sigue una hélice de paso fijo cambia según la condición de carga en la que se encuentre, lo que se convierte en un problema en aquellos buques con condiciones de operación con cargas muy diferentes. En la figura se muestra el comportamiento de una hélice de paso fijo optimizada para navegación libre. En esa condición, la hélice demandaría el 85% de la potencia nominal del motor al 100% de las revoluciones del mismo, situándose la potencia demandada por debajo de la suministrada por el motor (a la derecha). En condición de arrastre, sin embargo, la ley de potencia demandada por el propulsor se desplazaría hacia la izquierda, de manera que se demandaría el par máximo proporcionado por el motor al 75% de sus revoluciones; esto significaría que estaríamos desaprovechando el 10% de potencia del motor durante toda la condición de arrastre, además de la pérdida de rendimiento de la hélice durante esa condición.

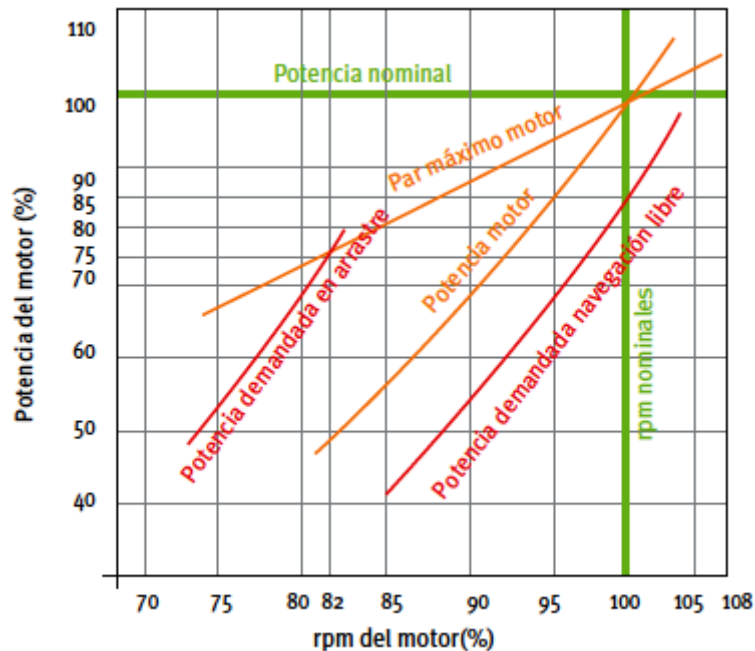


Figura 12. Ley de potencia demandada por la hélice para distintas condiciones de navegación en un arrastrero con hélice de paso fijo

En las hélices de paso controlable y teniendo en cuenta que cada valor del paso implica una nueva ley del propulsor, podremos seleccionar el mismo de modo que para condición de velocidad y potencia, el motor funcione de modo más eficiente que en el caso de paso fijo. Con los propulsores de paso variable, el motor funciona siempre a revoluciones constantes, lo que a su vez tiene una serie de ventajas:

- Posibilidad de utilización de un alternador de cola.
- Disminución del sufrimiento mecánico del motor. Menores costes de mantenimiento en plazo.
- Las emisiones de NOx descienden considerablemente para motores de potencia moderada si funcionan a revoluciones constantes; esta reducción en algún caso puede llegar hasta el 80% en emisión volumétrica frente a los motores que funcionan con revoluciones variables.

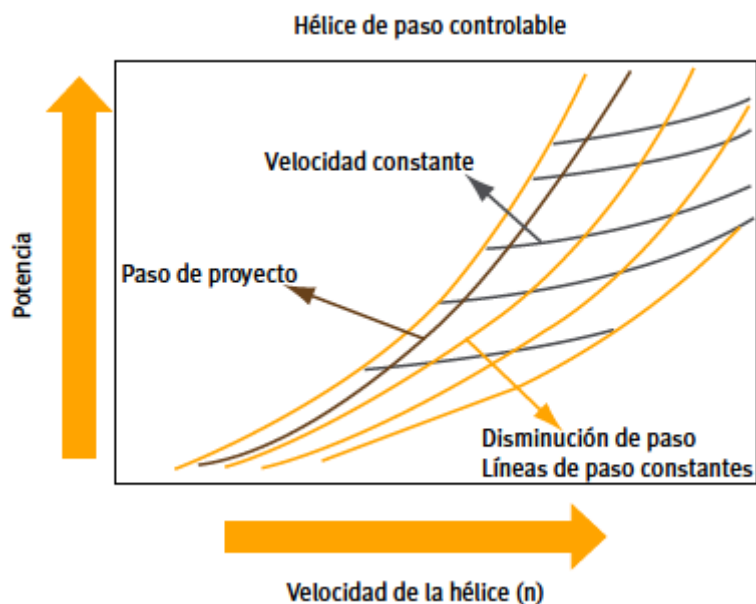


Figura 13. Comportamiento de una hélice de paso variable según las distintas opciones de variación de paso de pala

La principal desventaja de una hélice de paso variable reside en que el rendimiento a igualdad de condiciones que una hélice de paso fijo (diámetro, relación de áreas y paso) es menor, por lo que si la hélice de paso variable no está adecuadamente ajustada al tren propulsivo, o bien las condiciones de operación no presentan cambios de carga importantes o durante tiempos considerables, la pérdida de rendimiento con respecto a la hélice de paso fijo puede desaconsejar su instalación. Asimismo, es un sistema de mayor coste que el de paso fijo.

Por esa razón, es muy importante definir los estados reales de operación del buque, ya que en base a ellos se definirá aquel para el que calcularemos la optimización de la hélice.

La hélice seleccionada deberá tener junto con el motor puntos de operación con rendimientos aceptables, aunque a menudo se consideran soluciones de compromiso. La hélice más adecuada será aquella que en el punto de operación seleccionado (más usual o exigente en potencia, según el criterio) alcance el empuje propulsivo demandado con el mayor rendimiento posible, esto es, la relación entre el empuje producido y la potencia demandada por la hélice.

Del mismo modo que se mencionó el mantenimiento del motor, es necesario un correcto mantenimiento y cuidado del propulsor. De nada sirve disponer del propulsor óptimo si este se encuentra sucio o deteriorado.

El esfuerzo que requiere este mantenimiento es relativamente pequeño, sobre todo en embarcaciones menores, en que la hélice puede mantenerse fuera del agua cuando éstas se encuentran en puerto y los beneficios que se obtienen son muchos, ya que la presencia de incrustaciones o deterioro puede incrementar el consumo debido a la pérdida de rendimiento en hasta un 10%.

4.3 Consumidores principales y motores auxiliares

La optimización energética del barco pesquero, tal y como se ha dicho, pasa además por un dimensionamiento eficiente no sólo de la planta propulsora, sino también para la planta de generación eléctrica.

La predicción de las necesidades de energía eléctrica depende en gran medida de la definición de las condiciones de operación, tanto en tiempo como en determinar qué equipos operan y en qué régimen. Esta estimación es la empleada en los balances eléctricos de proyecto. Sin embargo, la falta de correspondencia con los equipos realmente instalados y los usos de los mismos, provoca no pocos desajustes en los rendimientos operacionales de la planta eléctrica.

a) Selección de auxiliares. Alternativas de funcionamiento

El Protocolo de Torremolinos obliga a instalar dos grupos electrógenos (uno puede ser un alternador de cola), que sean capaces de mantener independientemente el suministro eléctrico al barco, excluyendo las necesidades eléctricas propias de la operación pesquera. La disposición de cámara de máquinas de aquí derivada puede variar mucho, siendo función del tipo de actividad que realice el barco, del tipo de propulsor y de características del régimen del motor principal. Como máxima, se puede indicar que en una planta propulsiva diesel convencional, cuanto más adaptadas estén las capacidades de los motores a las de los consumos reales demandados, más eficiente será la planta.

En este sentido, es aconsejable, para barcos con motores principales diesel que trabajen a revoluciones constantes, instalar un alternador de cola movido por el motor principal, ya que el incremento de consumo que le supone al motor principal el aumento de carga para generación eléctrica, es menor que el consumo de otro motor auxiliar (e incluso más recomendable si consideramos el coste de adquisición y de mantenimiento de otro motor).

En el caso de generación eléctrica mediante un motor principal que opere a revoluciones variables, el ahorro conseguido por kW eléctrico generado frente al diesel generador auxiliar, será menor que en caso del motor a revoluciones constantes, además de presentar problemas de regulación.

Como ejemplo del ahorro comentado, supongamos un barco cuya condición de navegación demanda para propulsión menos de la mitad de la potencia nominal propulsora instalada en el buque. El buque lleva instalado un motor auxiliar de 120 CV y un alternador de cola de 120 CV acoplado al motor principal. Si el buque en esa condición de navegación necesita generar además de la potencia propulsiva una potencia eléctrica de 120 CV, pueden emplearse dos alternativas: o la produce el motor principal a través del alternador de cola (produciéndose un incremento de consumo en el motor principal) o bien es generada por el motor auxiliar (con el consumo

incremento de consumo en el principal con el consumo del auxiliar para generar los 120 CV eléctricos demandados, se obtienen los siguientes resultados:

Generación de Potencia Eléctrica				
Alternativas de Generación		Potencia Nominal (CV)	Consumo (l/h CV Eléctrico)	Diferencia (%)
Motor Auxiliar		120	0,2	15
Motor Principal + Alternador de Cola	Motor Principal	1.300	0,17	
	Alternador de Cola	120		

Comparativa del coste de generación eléctrico en un barco cuya condición de navegación demanda menos de la mitad de la potencia propulsora instalada en el buque con una demanda de potencia eléctrica de 120 CV

b) Consumidores principales

A continuación se describe, para los equipos consumidores más habituales, su peso relativo respecto a la potencia total de consumidores instalada y el consumo máximo que supone cada uno sobre el total de potencia eléctrica consumida en una condición de navegación:

- En arrastreros, el principal consumidor serán las maquinillas y el tambor del equipo de pesca, que a menudo suponen más del 50% de la potencia en consumidores instalada (potencia equipo/potencia total de consumidores instalados, en adelante, de la potencia instalada). Su peso relativo de consumo puede llegar al 60% de la potencia eléctrica total consumida en las condiciones de más carga.
- Equipos de climatización (con resistencias): su potencia nominal alcanza el 12% de la potencia total de consumidores en el buque; su consumo relativo llega al 20% para alguna condición de navegación.
- Iluminación: a pesar de que su peso relativo en la potencia nominal instalada es bajo, alrededor de un 5%, alcanzan consumos relativos de hasta un 17% para alguna condición de navegación. Es un consumidor dependiente de las dimensiones del barco y en gran medida también del tipo de faena. Hay que resaltar que los principales consumidores en este apartado son los proyectores de iluminación de cubierta de trabajo.
- Túneles de congelación: su potencia nominal supone un 7% de la potencia total instalada. Sin embargo, su peso relativo (depende en gran medida de sus dimensiones) puede suponer hasta un 16% de la potencia total consumida en alguna condición de navegación.
- Los compresores de bodega suponen alrededor de un 5% de la potencia total instalada. Su peso relativo de consumo en condición de navegación alcanza el 15% y dependen de las dimensiones de la bodega.
- Distintos equipos conectados a la red: representan hasta un 4% de la potencia total de consumidores, pero llegan a alcanzar el 14% del total del consumo eléctrico. Son difíciles

de controlar; un caso muy habitual es el de radiadores o estufas constantemente conectados.

- Maquinillas eléctricas de carga: representan aproximadamente el 4% de la potencia total de consumidores, pero llegan hasta el 10% de la energía consumida en alguna condición de navegación.
- Equipos hidráulicos: aquellas bombas hidráulicas que accionan escotillas, rompeolas, pastecas, cintas transportadoras, grúas... suponen alrededor de un 3% de la potencia total instalada. Sin embargo, alcanzan valores en alguna condición de navegación del 10% del consumo eléctrico.
- La cocina: supone alrededor del 3% de la potencia total de consumidores instalada. Su peso relativo de consumo en alguna condición de navegación puede llegar al 10% de la potencia eléctrica total consumida.

c) Integración del tren propulsivo en la generación de potencia eléctrica y accionamiento de equipos

La optimización energética de la cámara de máquinas pasa por la integración entre producción de energía eléctrica, propulsiva y consumidores principales, para lo cual es importante disponer de la lista de equipos principales y su condición de operación.

El objetivo final se orienta hacia el máximo aprovechamiento de la potencia producida, minimizando sus costes iniciales y de operación (número de motores, potencia disponible instalada infrautilizada, ...).

La mayor eficiencia de equipos particulares considerados aisladamente, puede quedar desvirtuada si éstos no se integran con los demás consumidores del barco durante el tiempo de operación.

Por ejemplo, se presenta el caso de la elección entre maquinillas de arrastre eléctricas accionadas desde un generador auxiliar o maquinillas hidráulicas accionadas por el motor principal. Las eléctricas se presentan, en principio, como de mayor rendimiento frente a las hidráulicas. Sin embargo con estas últimas, al mejorar el rendimiento del motor principal para esa condición, se obtienen menores consumos que con las maquinillas eléctricas.

No todos los equipos son igualmente sensibles a los cambios de revoluciones del motor que los acciona. A menudo, resulta rentable la instalación de sistemas de control que ajusten las revoluciones transmitidas según la carga del motor (haciéndolas independientes), de manera que los equipos actúen siempre en condiciones óptimas de operación. Esto supondrá además un menor coste de mantenimiento.

El espacio disponible en cámara de máquinas resulta determinante a la hora de definir una cámara de máquinas integral. Sin embargo, es necesario recordar que el espacio disponible también es dependiente del consumo, ya que éste define la autonomía y el tamaño de tanques necesario y que, finalmente, también incide en el espacio disponible.