

Agricultura

Ahorro y Eficiencia Energética en Buques de Pesca

Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura 13



MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO

IDA E Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Agricultura

Ahorro y Eficiencia Energética en Buques de Pesca

Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura



TÍTULO

Ahorro y Eficiencia Energética en Buques de Pesca

CONTENIDO

Esta publicación ha sido redactada por un equipo perteneciente a la Universidad de la Coruña formado por Vicente Díaz Casás, Alba Martínez López y Marcos Míguez González coordinados por José Daniel Pena Agras para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

.....
Esta publicación está incluida en el fondo editorial del IDAE, en la serie “Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura”.

Cualquier reproducción, total o parcial, de la presente publicación debe contar con la aprobación del IDAE.

ISBN: 978-84-96680-45-6

.....
IDAE

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

c/ Madera, 8

E - 28004 - Madrid

comunicacion@idae.es

www.idae.es

Madrid, marzo 2009

Índice

Página

Prólogo	5
1 Introducción	7
1.1 El precio del combustible.	8
1.2 Normativa medioambiental	8
1.3 Eficiencia energética en el barco de pesca.	9
2 El sector pesquero en España	11
3 Tipos de propulsión y combustibles más utilizados.	15
3.1 Motores fuera borda	16
3.2 Motores diésel intraborda	18
3.3 Propulsión diésel-eléctrica	18
4 El buque pesquero: producción y consumo energético . . .	19
4.1 Propulsión. Influencia de las dimensiones y estado de operación	20
4.2 Propulsión. Influencia del tren propulsivo	22
4.3 Consumidores principales y motores auxiliares.	25
5 Requisitos energéticos según la condición de operación. . .	29
5.1 Estado de operación en los buques pesqueros	29
5.2 Variación de consumo eléctrico según la condición de navegación.	31
6 Alternativas de ahorro energético	33
6.1 Aprovechamiento del calor residual	33
6.2 Ahorro energético en la habilitación	35

6.3 Equipos de frío . . . . .	.35
6.4 Otros equipos. . . . .	.36
7 Experiencias innovadoras.	37
7.1 Utilización de combustibles alternativos. Combustibles gaseosos (GLP + GNL) . . . . .	.37
7.2 Propulsión mediante velas y cometas . . . . .	.39
7.3 Propulsión diésel-eléctrica . . . . .	.40
8 Protocolo de auditoría energética	43
9 Marco Legislativo actual	45
9.1 Normativa relativa a la seguridad y prevención de la contaminación de los buques pesqueros . . . . .	.46
9.1.1 Embarcaciones de eslora inferior a 24 m. . . . .	.46
9.1.2 Embarcaciones de eslora superior a 24 m . . . . .	.46
9.2 Sociedades de Clasificación. . . . .	.47
9.3 Normativa medioambiental. Emisiones atmosféricas. . . . .	.47
9.4 Normativa de uso de gases como combustible . . . . .	.48
10 Conclusiones	51
Reglas Clave	53
Anexo 1. Protocolo de auditoría energética.	55
1 Datos generales. . . . .	.55
1.1 Datos generales de la embarcación . . . . .	.55
1.2 Datos empresa auditora . . . . .	.57
2 Datos de funcionamiento interno. . . . .	.57
2.1 Gastos e ingresos. . . . .	.57
3 Datos técnicos y energéticos de la embarcación . . . . .	.58
3.1 Consumos por condición de navegación y marea . . . . .	.58
3.2 Consumos totales por marea . . . . .	.79
4 Ratios de operación . . . . .	.80
5 Recomendaciones . . . . .	.80
Bibliografía	83

Prólogo

La flota pesquera española es la más importante de la Unión Europea y una de las más importantes del mundo. En el contexto europeo de los 15, la flota pesquera supone el 25% del arqueo total y el 16,5% de la potencia. El buque medio español supera la media europea en cuanto a potencia y arqueo, siendo esta desviación debida al gran porte de los buques congeladores españoles.

En general, el sector pesquero español adolece de una adecuada eficiencia energética. Con una flota registrada de más de 13.000 buques, una tercera parte de los cuales con una antigüedad superior a los 30 años, los costes en combustible son un factor importante a tener en cuenta en la rentabilidad de la actividad del buque.

No obstante, existe la posibilidad de aplicar técnicas capaces de actuar en los puntos críticos energéticos del sector, consiguiendo mantener la producción asegurando la sostenibilidad medioambiental y manteniendo o incluso incrementando la rentabilidad de las explotaciones.



El IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), creyendo que todo esto es posible, además con un aumento de la eficiencia energética, ha desarrollado y agrupado diversas medidas y actuaciones en la Estrategia de Eficiencia Energética en España desarrollada mediante sus Planes de Acción 2005-2007 y 2008-2012.

En estos Planes de Acción, como una de las primeras medidas en favor del ahorro y la eficiencia energética, se prevé la realización de medidas de formación e información de técnicas de uso eficiente de la energía en la agricultura y pesca, con el fin de introducir y concienciar a los agentes del sector sobre la importancia del concepto de eficiencia energética.

Por todo lo anterior, y siendo conscientes de que los agentes del sector pesquero pueden tener una incidencia en el ahorro energético, el IDAE, siempre

contando con la colaboración del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, está desarrollando una línea editorial en materia de eficiencia energética en el sector agrario y pesquero mediante la realización de diversos documentos técnicos, como el que se presenta, donde se explican los métodos de reducción del consumo de energía en estos sectores.

En esta publicación se analizan, desde un punto de vista de consumo de energía, las diferentes partes de un buque pesquero, incidiendo en sus puntos críticos de consumo energético, dándose las pautas y técnicas para reducirlos, tanto en la fase de diseño y construcción en astillero como en la fase de faena diaria.

También dentro de las acciones de la medida “Mejora del Ahorro y la Eficiencia Energética en el Sector Pesquero” del Plan de Acción 2008-2012, se propone la realización de auditorías energéticas en buques de pesca. Por ello, en la publicación que se presenta se desarrolla un modelo de protocolo para realizar auditorías energéticas en buques de pesca, modelo que pretende ser una herramienta de ayuda a las empresas especializadas en este campo para el diagnóstico de los puntos de menor eficiencia del buque, y poder proponer así soluciones de mejora, tanto estructurales como de hábitos de uso, todo ello encaminado a la reducción del consumo de energía.

En este sentido, ya se han publicado y están disponibles en nuestra página web (www.idae.es), los catorce primeros documentos de esta línea editorial:

- Tríptico promocional: “Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura”.
- Documento especial (coeditado con el MAPA): “Consumos Energéticos en la Operaciones Agrícolas en España”.
- Documento nº 1: “Ahorro de Combustible en el Tractor Agrícola”.
- Documento nº 2: “Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío”.

- Documento nº 3: “Ahorro y Eficiencia Energética en Instalaciones Ganaderas”.
- Documento nº 4: “Ahorro, Eficiencia Energética y Sistemas de Laboreo Agrícola”.
- Documento nº 5: “Ahorro, Eficiencia Energética y Estructura de la Explotación Agraria”.
- Documento nº 6: “Ahorro, Eficiencia Energética y Fertilización Nitrogenada”.
- Documento nº 7: “Ahorro y Eficiencia Energética en Invernaderos”.
- Documento nº 8: “Protocolo de Auditoría Energética en Invernaderos. Auditoría energética de un invernadero para cultivo de flor cortada en Mendi gorría”.
- Documento nº 9: “Ahorro y Eficiencia Energética en las Comunidades de Regantes”.
- Documento nº 10: “Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes”.
- Documento nº 11: “Ahorro y Eficiencia Energética en los Cultivos Energéticos y Agricultura”.
- Documento nº 12: “Ahorro y Eficiencia Energética con Agricultura de Conservación”.

Desde IDAE trabajamos activamente para la mejora de la eficiencia energética y pensamos que el agricultor, ganadero y pescador deben incorporar en su desarrollo y gestión la eficiencia energética como un criterio básico para la viabilidad. Pensamos con optimismo que el uso racional de la energía deberá formar parte de todas las decisiones que afecten al sector, convencidos de que los profesionales que actúen en este sector sabrán valorar las iniciativas que se proponen.

Es de vital importancia que los programas públicos de apoyo incorporen la eficiencia energética como un elemento prioritario, partiendo de la formación de formadores y agentes, y primando aquellos equipos más eficientes.

1 Introducción

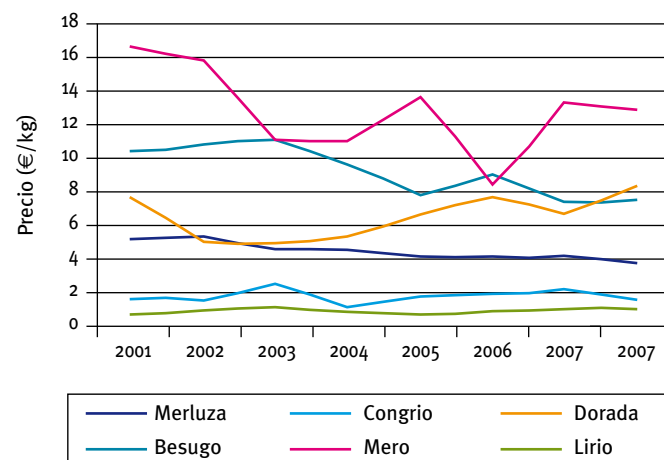
En las últimas décadas han surgido nuevos retos a los que ha de enfrentarse el sector pesquero y que se pueden resumir en tres puntos fundamentales:

- Reducción o limitación de las capturas.
- Incremento del precio del combustible.
- Mayores requerimientos medioambientales.

De entre ellos, son los dos primeros los que se presentan como las principales dificultades para la rentabilidad del sector a corto plazo. Puesto que el volumen de capturas está ligado a factores externos, tales como limitaciones medioambientales o la imposición de cuotas, es en el consumo de combustible donde se puede actuar en primer lugar.

El incremento en el precio del crudo en los últimos diez años (1997-2007) ha sido de un 351%, con el consiguiente incremento en los costes de explotación ligados al combustible. Esto último, unido a la contención de los precios en origen de las capturas, que se mantienen prácticamente constantes, y a la reducción o estabilización de las mismas, ha hecho que los beneficios del sector se hayan visto reducidos en gran medida.

Figura 1. Evolución del precio de las capturas de distintos tipos de pescado. (Fuente: Informes Estadísticos da Plataforma Tecnolóxica da Pesca de Galicia. 2008. Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos. Xunta de Galicia)



Por otro lado, la aparición de nueva legislación medioambiental más restrictiva, implica la introducción de cambios en la forma de operación y los sistemas

utilizados en los buques pesqueros para poder cumplir con la misma.

Ante estas nuevas necesidades, son las medidas de ahorro energético, que buscan obtener una menor demanda de energía y un mejor aprovechamiento de la existente, las que se plantean como la mejor alternativa para conseguir una reducción en el consumo y en las emisiones del barco.

Las medidas de ahorro energético pueden dividirse en dos grupos principales. En primer lugar, el conjunto de actuaciones que permiten mejorar el rendimiento de los sistemas existentes manteniendo sus prestaciones. En segundo lugar, será necesario valorar el coste económico de disminuir algunas prestaciones del buque, tal como la velocidad, de forma que puedan valorarse en cada ocasión las distintas alternativas planteadas.

1.1 El precio del combustible

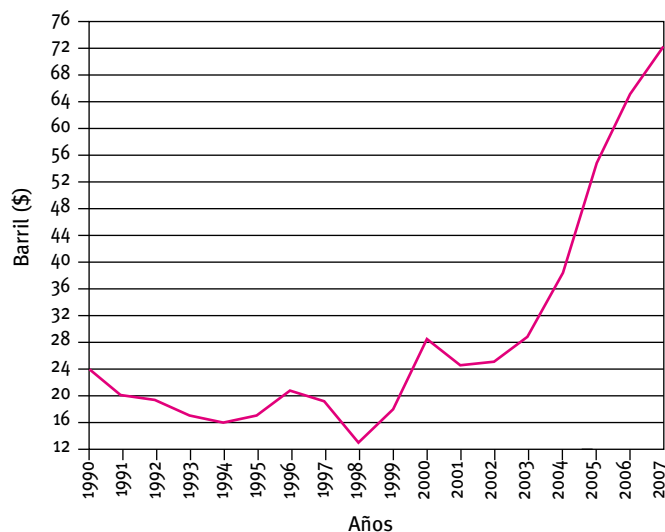
Las embarcaciones de pesca utilizan como combustible derivados del petróleo, principalmente gasóleo y gasolina en la flota artesanal. El considerable incremento que se ha producido en el precio del crudo, que ha pasado de un valor medio de 20 \$/barril en la década de los 90 hasta superar los 146 \$/barril en julio de 2008, ha supuesto que en los costes de explotación de los buques de pesca, el combustible se haya convertido en uno de los más importantes, cuando hasta hace poco tiempo ocupaba un lugar mucho menos destacado. Este incremento tan significativo ha hecho que el ahorro de combustible no pueda plantearse como un objetivo a largo plazo, sino como una necesidad inmediata, ya que lo contrario posiblemente supondrá una disminución considerable de la flota con la consiguiente pérdida de puestos de trabajo que lleva asociada.

La inestabilidad actual de los precios del petróleo y sus derivados y la dificultad de la predicción de su valor a largo plazo hacen que, al margen de otras acciones puntuales, sea necesario desarrollar una conciencia del ahorro y aprovechamiento energético tanto en el diseño como en la utilización del barco de pesca.

Es por ello que, aparte de las ventajas medioambientales que estos ahorros proporcionen, es necesario conocer la influencia y el coste de las distintas medidas a aplicar. Para ello se requiere, en primer lugar, evaluar los consumos y costes de operación de los distintos sistemas del buque, para poder conocer los principales puntos donde es necesario actuar.

Figura 2. Evolución del precio del barril Brent.

(Fuente: Informe anual de la evolución del precio del carburante 2007. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio)



1.2 Normativa medioambiental

Las ventajas del ahorro energético y de la mejora de la eficiencia energética no pueden considerarse únicamente desde el ahorro económico directo sino que también hay que considerar el coste medioambiental que implica su no adopción. Además de este coste es necesario contemplar la normativa medioambiental, ligada al consumo de combustible que, cada vez más, demanda una reducción en las emisiones de los buques.

Así, la normativa relativa a emisiones contaminantes por parte de los buques hasta la fecha era, a nivel de la Organización Marítima Internacional, muy poco restrictiva, mientras que a nivel europeo y nacional era muy escasa.

Sin embargo y teniendo en cuenta el hecho de que de seguir en esta dirección los buques podrían superar a las fuentes terrestres (mucho más reguladas) en lo que se refiere a emisiones contaminantes, la Unión

Europea y la Organización Marítima Internacional han reaccionado y comenzado a endurecer la legislación al respecto, al igual que también lo han hecho otros países como Estados Unidos.

Ejemplos de esta reacción son el nuevo Anexo VI del Convenio MARPOL, la estrategia para reducir las emisiones atmosféricas de los buques de la UE o la EPA 40 CFR Part 94 de los Estados Unidos.

Esta reducción de emisiones no pasa únicamente por la utilización de motores más eficientes y combustibles menos contaminantes, sino por un cambio en la utilización de la energía. Es necesario racionalizar su uso, comprendiendo el valor de la misma y ajustando su consumo de tal forma que, manteniendo los requerimientos de operación, se consiga mejorar la eficiencia energética del buque.

1.3 Eficiencia energética en el barco de pesca

La mejora de la eficiencia energética en el barco de pesca requiere progresar en dos aspectos fundamentales: en la mejora del rendimiento del proceso de generación de la energía y en el mejor aprovechamiento de la energía disponible. Las problemáticas de cada uno son totalmente distintas y exigen un estudio y una actuación diferenciada.

Las distintas energías empleadas a bordo pueden agruparse en cuatro categorías: energía mecánica, eléctrica, hidráulica y térmica.

A la hora de evaluar el rendimiento de cada una de ellas hay que considerar que toda la energía proviene de la energía química obtenida al quemar el combustible y que cada transformación de la energía supone un gasto energético que se emite en forma de calor.

Dependiendo del tipo de buque y del arte de pesca que utilice, la configuración de la cámara de máquinas y los sistemas destinados a la generación de energía serán distintos. Sin embargo, el proceso habitualmente seguido puede esquematizarse en las siguientes etapas:

- 1 En el interior de los cilindros del motor se quema combustible. La energía obtenida se transforma en energía mecánica que hace girar el cigüeñal y, en un porcentaje en ocasiones superior al 60%, es transformada en calor que se transmite al ambiente a través de los gases de escape, el agua de refrigeración y por radiación.
- 2 En el caso del motor propulsor, esta energía mecánica se transmite a la hélice a través del eje, propulsando al buque.
- 3 Otra opción para el uso de la energía mecánica es su transformación en energía eléctrica a través de un alternador o una dínamo. Esta energía se utiliza posteriormente para alimentar los equipos eléctricos del buque, así como las baterías de emergencia.
- 4 La energía hidráulica utilizada a bordo puede obtenerse de dos formas distintas; bien mediante la acción directa de un motor diésel sobre el grupo hidráulico, bien mediante un motor eléctrico.

Si bien las necesidades específicas hacen que la alternativa escogida en cada embarcación sea distinta, es necesario considerar una serie de aspectos generales para establecer medidas de ahorro:

- Cada proceso de conversión de energía lleva asociada unas pérdidas y, por tanto, una reducción del rendimiento global.
- El rendimiento de un motor crece al aumentar su potencia; además, el rendimiento de un motor es mayor que el de un sistema de dos motores con la mitad de potencia cada uno.
- Cuando los motores diésel operan significativamente por debajo de su potencia de diseño, su rendimiento también disminuye considerablemente. Por ello, los equipos deben ser dimensionados para ajustarse a la potencia que realmente se requiere.
- Entre un 50 y un 60% de la energía de un motor se pierde en forma de calor; este elevado valor hace que las estrategias básicas para incrementar el rendimiento energético consistan en aprovechar este calor residual.

Como ya se ha mencionado, uno de los retos a los que actualmente se enfrenta la flota pesquera española es la elevación de los costes de explotación debido al incremento del precio del combustible.

En las siguientes secciones se abordan diversas alternativas para mejorar el rendimiento energético del buque y obtener ahorro energético.

Para lograr estos objetivos es necesario, en primer lugar, que todas las personas involucradas en la explotación del buque sean conscientes del coste de utilizar los distintos equipos y el coste asociado al uso que de ellos se haga.

Con este objetivo se ha incluido un anexo con unas directrices para la realización de una valoración energética y económica de los distintos equipos de un buque.

2 El sector pesquero en España

El sector de la pesca en España da empleo, sin incluir los sectores de la acuicultura y la comercialización, a más de 70.000 personas (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2006), lo que supone aproximadamente un 0,4% de la población activa.

Esta participación en la economía nacional se traduce en que la contribución al Producto Interior Bruto se sitúe en el 0,2% (INE 2004), aunque si también se incluyen los sectores de transformación y comercialización, se sitúa próxima al 1%.

Aunque su contribución al total nacional no pueda considerarse significativa, el importante carácter regional del sector hace que en las zonas consideradas como altamente dependientes de la pesca, su contribución al PIB local puede superar el 15%. Es en estas zonas donde la influencia del sector es mayor, ya que a la propia actividad pesquera hay que añadirle el resto de actividades asociadas, incluyendo la transformación, comercialización, industria naval (construcción, reparaciones, suministros), etc.

Si bien la pesca tiene un papel importante en todas las comunidades autónomas costeras, entre todas destaca de manera muy especial Galicia, en la que se concentra casi la mitad de los tripulantes y la flota del Estado, seguida de Andalucía y el País Vasco.

Aunque tradicionalmente la pesca ha sido un sector de gran relevancia en España, en los últimos años se ha producido un importante descenso tanto en flota pesquera como en trabajadores involucrados en el mismo, debido, en una gran parte, a la disminución en la rentabilidad de la actividad (disminución de las capturas, estancamiento del precio de venta de las mismas y especialmente al aumento del precio de los combustibles).

En los gráficos adjuntos, de población activa dedicada al sector y de la cantidad de capturas de los últimos diez años, puede observarse claramente este hecho.

Esto no sucede, por ejemplo, en un sector como la acuicultura, que ha continuado creciendo, y que no es tan dependiente del precio de los combustibles

ni del estado de los caladeros; o con las capturas de crustáceos, que continúan en aumento, en gran medida gracias al mayor valor en el mercado de los mismos.

Figura 3. Número de trabajadores en los sectores de la pesca y la acuicultura. (Fuente: Estadísticas Pesqueras. Diciembre 2008. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)

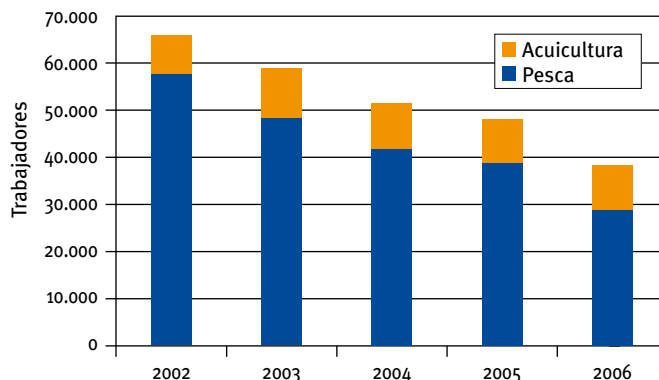
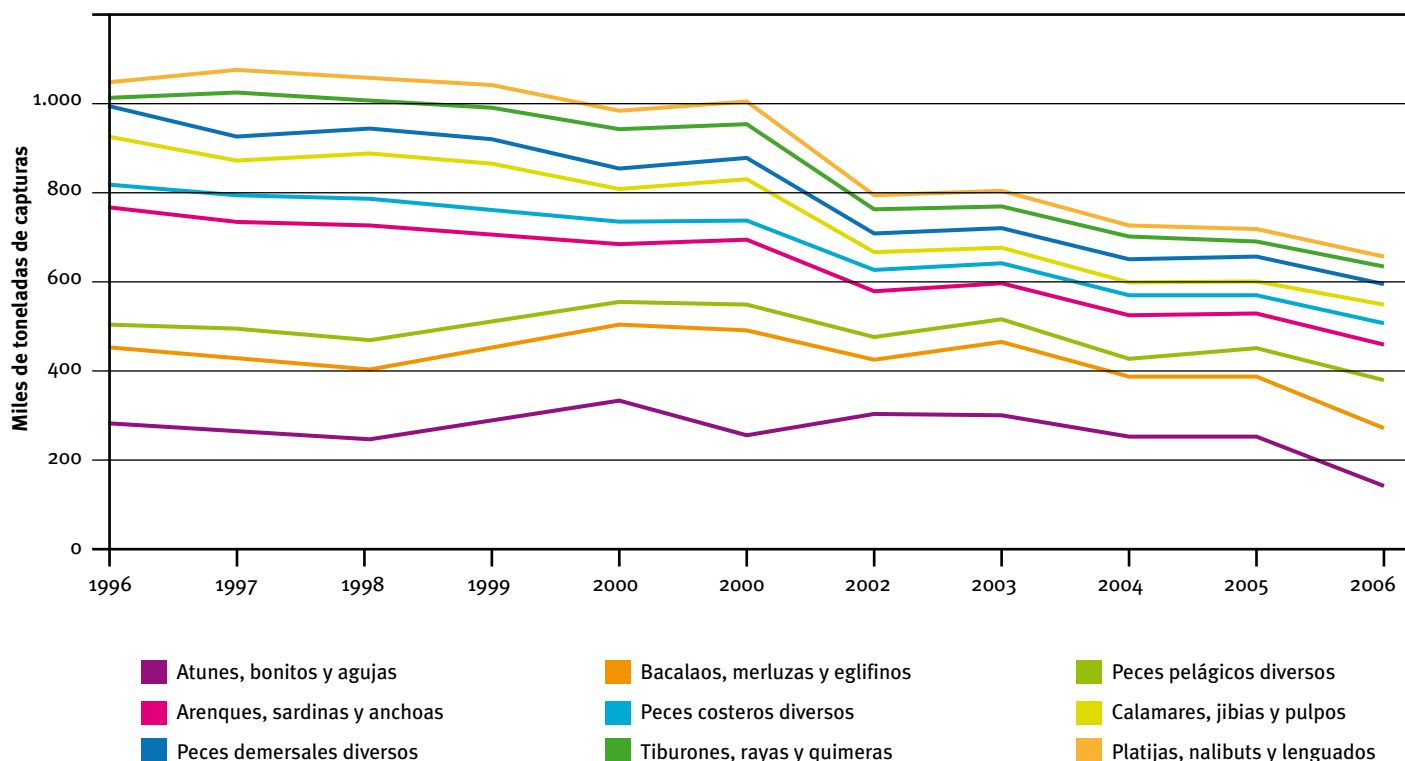


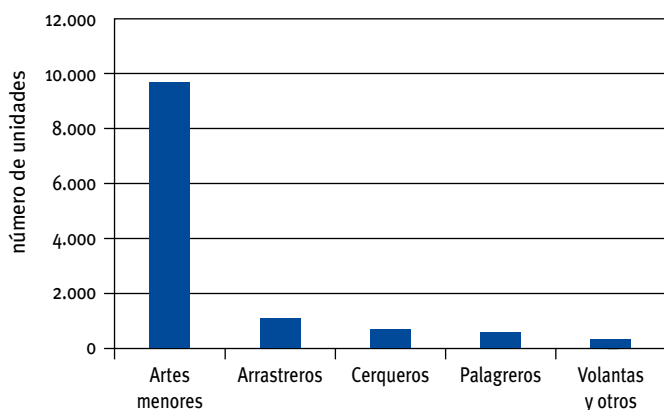
Figura 4. Evolución de las capturas de peces. (Fuente: Estadísticas Pesqueras. Diciembre 2008. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)



La flota de pesca española, una de las de mayor importancia a nivel mundial, está compuesta por más de 13.000 buques, incluyendo desde embarcaciones de pequeño tamaño, dedicadas a la pesca artesanal (y que son mayoría dentro del total de la flota), hasta grandes buques cerqueros y arrastreros que prácticamente no regresan a puerto.

La distribución de la flota puede realizarse desde distintos puntos de vista. Por un lado, por el arte de pesca utilizada, distinguiendo entre buques de arrastre, palangre, cerco, volanta y rasco, y artes menores (que incluyen redes de menor tamaño, nasas y trampas, almadrabas y pequeñas artes de anzuelo).

Figura 5. Distribución de la flota pesquera por tipo de buque. (Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Diciembre 2007)



Por otro, los buques de pesca pueden clasificarse también según la ubicación donde se desarrolla su actividad y la correspondiente duración de las mareas.

La pesca de bajura comprende pequeñas embarcaciones, normalmente menores de 6 metros de eslora, que se dedican al marisqueo o las artes menores y que realizan su faena en zonas cercanas a la costa.

Los buques de litoral realizan su actividad a menos de 60 millas de la costa. Habitualmente, sus mareas no son superiores a un día aunque en ocasiones, en los llamados “de turno”, pueden llegar a los 10 días. Tanto los buques de litoral como los de bajura faenan fundamentalmente en los caladeros nacionales, comprendiendo las aguas bajo jurisdicción española y las Zonas Económicas Exclusivas, además de un

determinado número de unidades que faenan en aguas de Portugal. Estos caladeros nacionales incluyen el Cantábrico Noroeste, el del Golfo de Cádiz, el Mediterráneo y el de Canarias.

Figura 6. Distribución de la flota pesquera por caladero.

(Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Diciembre 2007)



Dentro de la flota de litoral se encuentran todo tipo de unidades, desde las más pequeñas que utilizan artes menores, a cerqueros, arrastreros, palangreros, volanteros y atuneros cañeros, entre otros.

Los buques de altura faenan en caladeros situados a más de 60 millas de la costa, entre los que se encuentran los de Gran Sol y el Oeste de Irlanda, en mareas con una duración de entre 10 y 35 días. Los buques más habituales son los arrastreros y los palangreros.

Por último, mencionar los buques de gran altura. Estos comprenden los grandes arrastreros congeladores que faenan en el Atlántico Norte y en el Atlántico Sur y los grandes atuneros congeladores, que realizan su actividad en diversos caladeros del Atlántico, el Pacífico y el Índico. Las mareas son superiores a 30 días y, en muchos casos, el buque vuelve a puerto sólo a realizar reparaciones o mantenimiento, realizándose el aprovisionamiento, la descarga o el cambio de tripulaciones mediante buques nodriza y helicópteros.

3 Tipos de propulsión y combustibles más utilizados

En la actualidad, la propulsión de los buques y embarcaciones de pesca se realiza mediante motores fuera borda de gasolina y motores de ciclo Diesel, turboalimentados o no.

Los motores fuera borda son usados en pequeñas embarcaciones de pesca artesanal, con potencias reducidas y normalmente poco espacio disponible a bordo. Este tipo de motores utiliza la gasolina como combustible, pueden ser de dos o de cuatro tiempos y tienen una instalación muy sencilla, fijándose mediante pernos o palometas al espejo de popa de la embarcación. Existen también motores fuera borda de gasóleo, aunque su presencia en el mercado es muy escasa.

Son motores compactos y ligeros, aunque presentan consumos superiores a los motores de gasóleo y una durabilidad inferior. La utilización de la gasolina está limitada reglamentariamente a este tipo de motores; el combustible utilizado en cualquier otro motor propulsor fijo debe tener un punto de inflamación superior a los 60 °C.

Es por ello que la mayor parte de buques de pesca, desde los de bajura hasta los de gran altura, utilizan motores propulsores de ciclo Diesel. Este tipo de motores, que vinieron a sustituir a las maquinarias propulsoras a vapor a lo largo del siglo XX, representan hoy en día la mayor parte de las plantas propulsoras de la flota mundial.

Al igual que sucede con el caso de los motores fuera borda, existen dos tipos de motores diésel: de dos y cuatro tiempos. Sin embargo, los motores de dos tiempos son motores lentos, utilizados cuando son necesarias grandes potencias (que en ocasiones pueden superar los 80.000 kW) y por lo tanto utilizados en grandes buques mercantes, pero no en buques de pesca. La flota pesquera, en su mayoría, utiliza motores diésel de velocidad media, normalmente turboalimentados.

Este tipo de motores consumen en su mayoría gasóleo como combustible. La utilización del fuel pesado se limita al rango alto de potencias, normalmente en grandes arrastreros congeladores y se encuentra en desuso debido a su mayor nivel de emisiones contaminantes en comparación con el gasóleo.

3.1 Motores fuera borda

Los motores fuera borda en general se diseñan teniendo en mente las embarcaciones de recreo, con un amplio rango de potencias disponible (entre 2 y más de 300 CV) y cuyo rendimiento óptimo se obtiene en embarcaciones de pequeño tamaño, ligeras y rápidas. Es por ello que su utilización debe limitarse a las pequeñas lanchas de bajura; su uso en embarcaciones mayores, lentas y pesadas, implicaría un funcionamiento totalmente fuera de su punto óptimo y, por lo tanto, una gran ineficiencia y consumo de combustible.

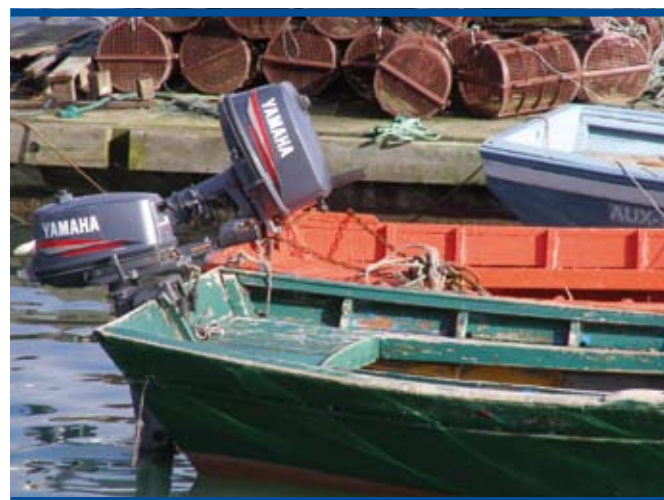


Motor diésel fuera borda

En todo caso, los motores fuera borda de gasolina presentan siempre un mayor consumo de combustible que uno diésel de igual potencia, factor que es agravado por la menor eficiencia de las hélices de este tipo de motores. El consumo de un motor de este tipo puede superar en más de tres veces el de un motor diésel equivalente. Además, hay que considerar también la diferencia de coste del combustible y las posibles subvenciones a las que se tiene acceso. Históricamente, el precio de la gasolina se ha mantenido siempre por encima del gasóleo.

Sin embargo, también presenta una serie de ventajas. En primer lugar, la instalación de este tipo de motores es muy sencilla y se limita a su colocación en el espejo de popa de la embarcación (reforzado si es necesario), la conexión de los sistemas de gobierno y electrónica (si dispone de ellos) y la conexión con el depósito de combustible, que normalmente es portátil. En todo

caso, existen embarcaciones de pequeño tamaño en que la instalación de un motor diésel fijo, por razones de disposición y tamaño, simplemente no es posible. Su coste, además, es sensiblemente inferior al de un motor diésel similar, aunque sus costes de funcionamiento sean mayores y su vida útil, menor.



Motor fuera borda de dos tiempos convencional

Además de los motores de gasolina, existen algunos modelos de fuera borda diésel. Sin embargo, su presencia en el mercado es muy reducida y su coste de adquisición elevado.

Dentro de los motores fuera borda de gasolina (ciclo Otto), se pueden distinguir dos tipos principales: de dos y de cuatro tiempos.

Hasta hace unos años, los únicos motores disponibles en el mercado eran los de dos tiempos y admisión mediante carburador. Este tipo de motores utiliza para su lubricación aceite mezclado con la gasolina combustible (alrededor del 2%). De los tres tipos de motores fuera borda que se describen, son los que presentan un mayor consumo de combustible y, además, son los más contaminantes.

En un ciclo de dos tiempos, existe un punto del mismo en que, al mismo tiempo que se produce la exhaustación de los gases quemados, se está produciendo también la admisión de la mezcla. En ese proceso, una pequeña parte del combustible, aún sin quemar, se pierde por el escape, provocando manchas de aceite y combustible en el agua. Asimismo, la presencia de

aceite en la mezcla de aire y combustible que se va a quemar, produce que las emisiones a la atmósfera contengan más sustancias contaminantes que en el caso de que se quemase gasolina exclusivamente.

En la actualidad, este tipo de motores no cumplen con los cada vez mayores requisitos en lo que a emisiones contaminantes a la atmósfera se refiere y su importación ya está prohibida en Europa, aunque todavía existen una gran cantidad de motores de este tipo en operación.

Para poner solución a este problema, los fabricantes de motores han optado por dos alternativas. Por un lado, mejorar la tecnología de los motores de dos tiempos convencionales y, por otro, utilizar ciclos de cuatro tiempos.

Los nuevos motores de dos tiempos de inyección de gasolina, que inyectan el combustible en la cámara de combustión en el momento exacto en que las lumbreas de exhaustación se cierran, han reducido en gran medida el consumo y las emisiones que tenía la anterior generación de motores de dos tiempos, convirtiéndose en una alternativa a los motores de cuatro tiempos. Son motores menos eficientes que los de cuatro tiempos, pero entre sus ventajas se encuentran que a igualdad de tamaño son más potentes que aquellos, y también que son más económicos de adquisición, puesto que son más sencillos de diseño.

Los motores de cuatro tiempos, al contrario de lo que sucede con los de dos tiempos, presentan un sistema



Motor fuera borda de cuatro tiempos

de lubricación independiente al de combustible. La no presencia de aceite en la cámara de combustión tiene un efecto directo y clave, que es la reducción de las emisiones contaminantes, lo que unido a la mayor eficiencia y menor consumo de este tipo de motores, representan sus dos principales ventajas.

Un motor de cuatro tiempos puede llegar a consumir hasta un 60% menos que un motor de dos tiempos convencional equivalente.

Sin embargo, esta independencia del sistema de lubricación, o la existencia de las válvulas de admisión y exhaustación entre otros, hacen que sean motores más complejos que los de dos tiempos, más voluminosos y pesados y también más caros.

La utilización de motores fuera borda de cuatro tiempos es relativamente reciente y ha venido impulsada, en gran medida, por la necesidad de reducir las emisiones contaminantes, aunque cada vez está más impuesta en todos los rangos de potencia.

En todo caso, es muy importante mencionar que habitualmente, en las embarcaciones en que se equipan motores fuera borda, éstos son prácticamente la única fuente de consumo de combustible, por tratarse de embarcaciones pequeñas con muy pocos consumidores de otro tipo.

Es por ello que la selección adecuada del motor va a condicionar la eficiencia de la lancha; este deberá disponer de la potencia necesaria para propulsar la embarcación a la velocidad de crucero requerida, funcionando a su régimen de mínimo consumo y no deberá estar sobredimensionado ni quedarse falto de potencia.

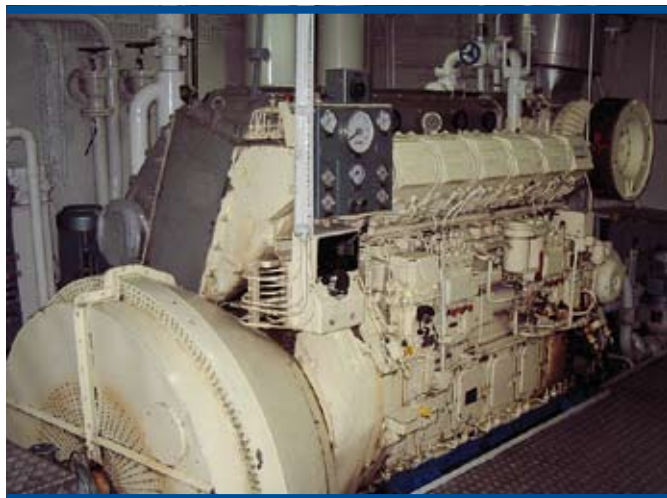
Es necesario, por tanto, establecer una velocidad de crucero racional, la mínima necesaria para la correcta y segura realización de la actividad, basándose siempre en datos objetivos para justificar un posible incremento en la misma. Esta decisión se tratará en apartados posteriores de la publicación.

3.2 Motores diésel intraborda

Hoy en día, los motores diésel son mayoría en lo que se refiere a propulsión de buques, con rangos de potencia que van desde unos pocos caballos hasta más de 100.000. De entre los motores diésel, pueden distinguirse motores de dos tiempos, lentos y utilizados cuando son necesarias grandes potencias, y motores de media velocidad de cuatro tiempos.

Los rendimientos de los motores de ciclo Diesel son superiores a los de gasolina y, por lo tanto, sus consumos de combustible son menores. Como ya se ha mencionado, los motores fijos que se dispongan en buques de pesca bajo cubierta o en tambuchos, deben tener combustibles cuyo punto de inflamación sea superior a 60 °C, por lo que en estos casos la única opción disponible es el motor diésel. Es lo que sucede en la mayor parte de buques de pesca de todos los tamaños y en las embarcaciones de pesca artesanal de mayores tamaños, en las que la opción de un fuera borda no es viable.

En el caso de las pequeñas lanchas de pesca artesanal, puede darse la opción de optar entre un motor fijo diésel o un fuera borda de gasolina. Entre las ventajas que ofrece un motor fijo diésel frente a uno de gasolina están su mejor rendimiento y menor consumo de combustible, que además normalmente es más económico que la gasolina, su mayor durabilidad y resistencia, aunque también son motores más pesados y que requieren de una instalación más compleja, y son más caros.



Motor diésel turboalimentado

A la hora de decidirse por una de ambas opciones, es necesario evaluar las horas de uso del motor. Si técnicamente es viable la instalación a bordo de un motor diésel fijo, éste será más rentable cuanto mayor sea el número de horas de operación al año (dependiendo del tipo de buque, suelen ser rentables a partir de 250 a 350 horas de uso al año).

Actualmente, en el rango bajo de potencias, la mayor parte de motores diésel son de aspiración natural, mientras que a medida que se aumenta la potencia es más común la turbocompresión como método de aspiración. Este sistema mejora el rendimiento de los motores (alrededor de un 15%), aumenta la potencia a igualdad de cilindrada y reduce su tamaño y su peso.

Es por ello que en la actualidad, la mayor parte de la flota pesquera de altura utiliza motores de este tipo, diésel, de cuatro tiempos y turboalimentados.

3.3 Propulsión diésel-eléctrica

Además de la propulsión convencional, en la que el propulsor está accionado por un motor diésel o de gasolina normalmente a través de una reductora, existe un tipo de propulsión en que, en lugar de éstos, la hélice es accionada mediante un motor eléctrico, que recibe la energía de los diésel generadores del buque.

Dentro de este tipo de propulsión, existen dos casos diferenciados. En el primer caso, el único motor propulsor es el eléctrico, de modo que los motores diésel presentes serán los generadores eléctricos encargados de suministrar la energía al motor propulsor.

En el segundo caso, el motor principal diésel no se sustituye por el eléctrico, sino que a la planta convencional se le añade un pequeño motor eléctrico acoplado a la reductora y que se utiliza para propulsar al buque a bajas velocidades o como propulsión auxiliar.

De entre los dos tipos mencionados, el utilizado en buques de pesca es este último. En el Capítulo 7 se hace una descripción más detallada del mismo.

4 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.

4.1 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),

$$EHP = v \cdot Rt$$

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

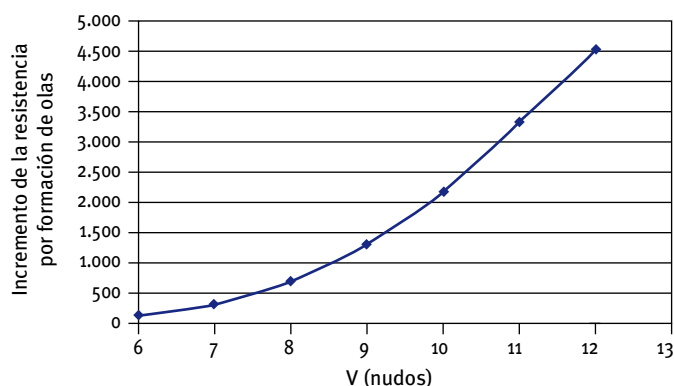
Las formas y las dimensiones principales del buque (normalmente función de la capacidad de almacenaje de capturas y de la autonomía), determinan la resistencia al avance para cada una de las distintas velocidades de operación.

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.

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.

- 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.

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

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.

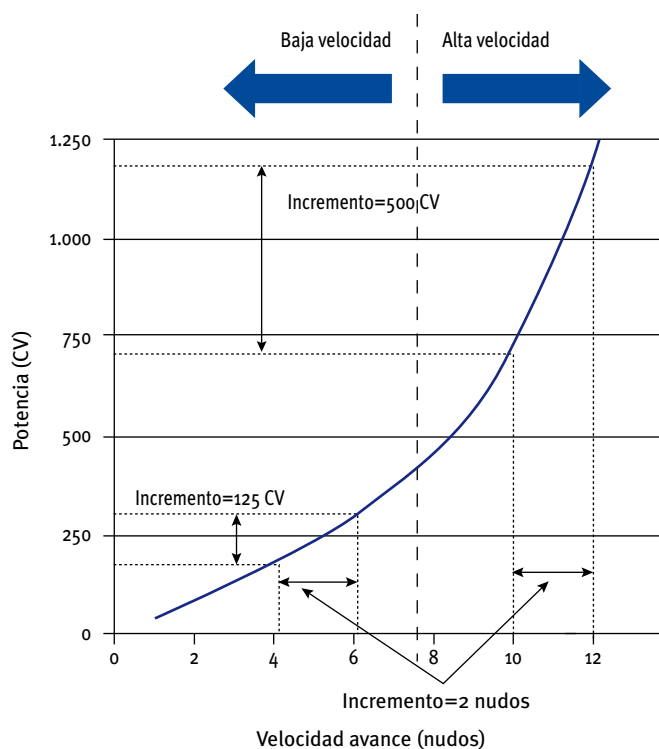
Para reducir la rugosidad del casco puede actuarse durante las etapas de construcción del buque en la componente estructural de la misma, intentando obtener una carena lo más lisa posible. En el caso de la rugosidad debida a las incrustaciones biológicas, la solución consiste en la aplicación de pinturas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

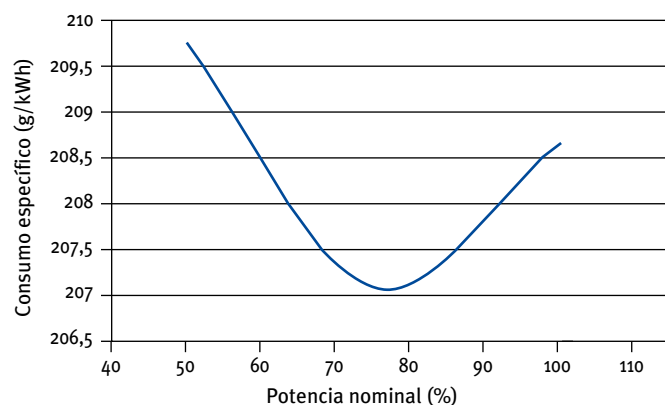
El motor principal debe seleccionarse a partir de la potencia necesaria para la propulsión teniendo en cuenta dos premisas fundamentales:

- 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 diésel 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).

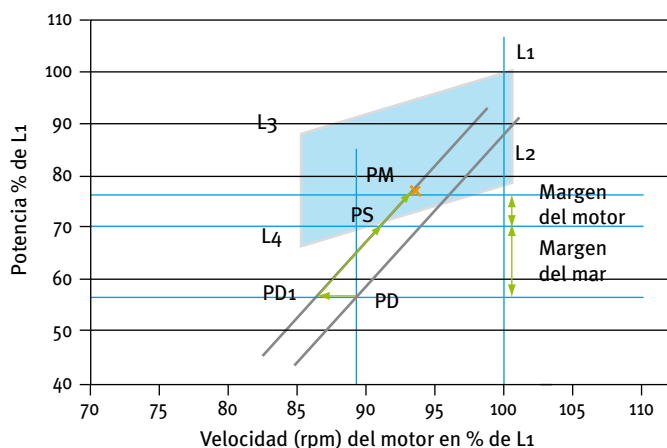
Además, el motor no debe operar siempre a su potencia máxima. Por este motivo, es necesario definir de qué margen se desea disponer (normalmente un 10%) y añadir el mismo al valor de PS, obteniendo finalmente el punto PM (potencia máxima continua) de operación del motor.

Los distintos puntos de operación de las posibles condiciones de navegación del barco, calculados de este modo, han de presentarse dentro del paralelogramo

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 diésel



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.

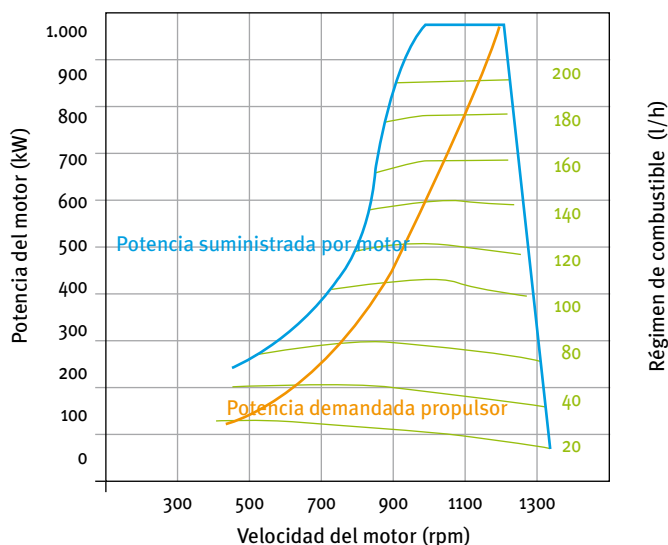
La combinación de opciones puede conducir a resultados adecuados, siempre que se determinen con cierta aproximación las condiciones deseadas de operación.

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.

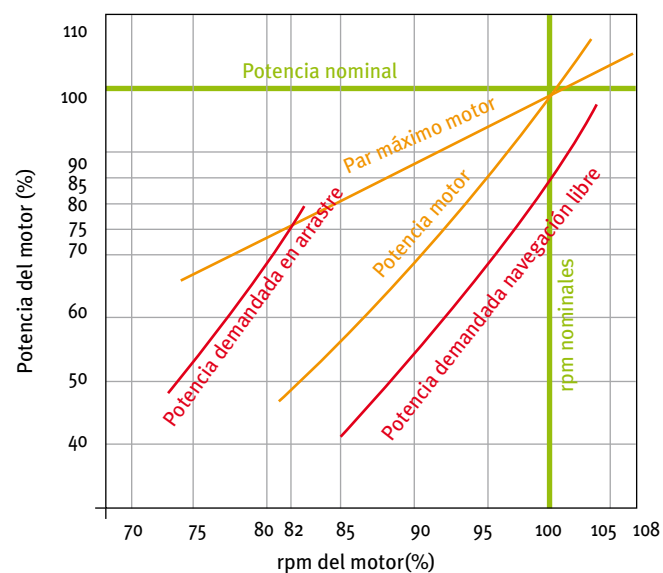
Un motor sobredimensionado, actuando regularmente muy por debajo de su potencia máxima continua, no sólo tiene en sí mismo peor rendimiento, sino que en ese punto de operación, la hélice tendrá un rendimiento inferior al óptimo, produciéndose una caída en el rendimiento por una doble vía (considerando 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 diésel-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

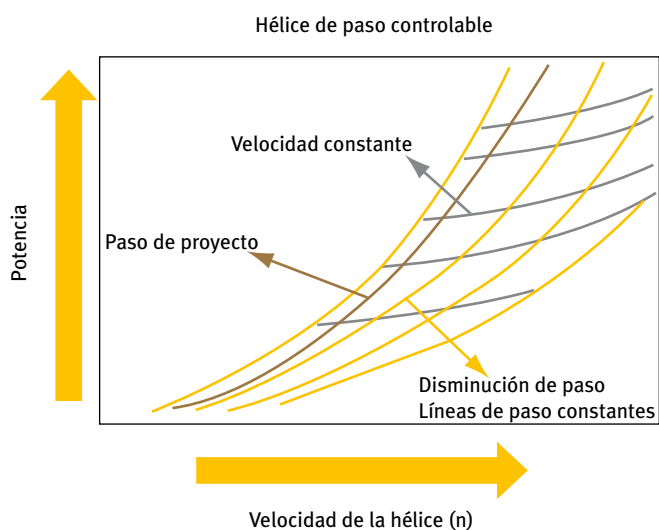


En las hélices de paso controlable y teniendo en cuenta que cada valor del paso implica una nueva ley del propulsor, podremos seleccionar el mismo de modo

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 NO_x 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 diésel 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 diésel 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 diésel 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

que esto implica en el mismo). Si se compara el incremento de consumo en el principal con el consumo del auxiliar para generar los 120 CV eléctricos demandados, se obtienen los siguientes resultados:

Comparativa del coste de generación eléctrica 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

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	
	Alternador de Cola	120	

Como se puede apreciar, es claro el ahorro que se obtiene mediante el uso de un alternador de cola en este tipo de situaciones.

La instalación de un alternador de cola proporciona también mayor versatilidad, al poder acoplarlo o desacoplarlo del motor principal.

Así, en caso de ser necesario aprovechar toda la potencia del motor principal o para mantener su funcionamiento dentro de la zona de rendimiento óptimo, se podría sustituir el uso del alternador de cola por el de un auxiliar o a la inversa. Esto es importante en barcos que necesitan disponer de gran versatilidad de operación, como por ejemplo arrastreros que pueden actuar a la pareja o solos.

En el primer caso, es posible que un aumento de carga en el motor principal mejore el rendimiento del motor, mientras que en el segundo, puede ser necesaria la utilización de toda la potencia disponible para la propulsión.

El sobredimensionamiento de los motores auxiliares presenta el mismo problema de alejamiento del rendimiento óptimo que se ha descrito en los motores principales. Es muy importante ajustar la potencia de los mismos a los requisitos reales del buque, de manera que operen la mayor parte del tiempo en su régimen de rendimiento óptimo.

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.



Equipo hidráulico en la cubierta de un arrastrero medio

- 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.



Cocina de un palangrero de altura

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 infrutilizada, ...).

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.

5 Requisitos energéticos según la condición de operación

5.1 Estado de operación en los buques pesqueros

Conocer los distintos estados de operación del buque de pesca durante las mareas es un factor fundamental, tanto para el dimensionamiento adecuado de equipos y motores, como para la optimización de procesos.

Las distintas condiciones de navegación se pueden definir con los siguientes parámetros:

- Velocidad de operación.
- Tiempo invertido relativo a la totalidad de la marea.
- Carga del motor principal requerida (por velocidad, tiro o régimen de operación de otros equipos movidos por el motor principal en esa condición...).
- Condiciones del propulsor (revoluciones, paso de pala, etc.).
- Régimen de operación de los consumidores principales en esa condición.

Muchas de las características de las condiciones de operación están definidas por la propia actividad pesquera a realizar (por ejemplo, velocidad durante el arrastre). Sin embargo, otras pueden ser variables según el criterio a adoptar.

a) Operación. Tiempos relativos de condiciones de navegación por marea

Las necesidades energéticas demandadas por los buques son función de su actividad, por lo que encontraremos grandes diferencias entre los buques de litoral y los de altura.

A menudo, buscando mayor versatilidad en el buque construido, éste se sobredimensiona (tanto en potencia como en dimensiones principales) en previsión de un cambio en la ubicación de la actividad (arrastreros de litoral y altura, por ejemplo), o en su operatividad (arrastreros trabajando a la pareja o solos).

El resultado obtenido es un barco ineficiente energéticamente durante gran parte de su vida útil.

En general, podemos definir las siguientes condiciones de operación para cualquier pesquero:

- **Navegación libre:** navegación al caladero o desde el caladero hacia el puerto. Su peso relativo respecto a la totalidad de la marea, tanto en tiempo como en coste de combustible, dependerá en gran medida de si el barco es de altura o de bajura.

Como datos orientativos, es necesario apuntar que para barcos del día de bajura, con travesías a caladeros situados a distancias de la costa de 24 millas, la cantidad relativa de tiempo empleado por marea está alrededor de 30%, un 50% del combustible consumido para propulsión por marea.

Para barcos de altura, con mareas de 18 días faenando en caladeros a 315 millas de la costa, se invierte un 15% del tiempo total de la marea. Sin embargo, debido a los requisitos de velocidad que caracterizan a esta condición (dependientes de la potencia del motor y dimensiones del barco) y que oscilan entre 8 y 11 nudos, es una condición en la que se consume un porcentaje muy significativo del total invertido en la propulsión (entre un 25 y un 50%).

En cualquier caso, es una condición claramente modificable para alcanzar mayores ahorros energéticos. El parámetro más importante será la velocidad. Es necesario definir cuál ha de ser la velocidad más adecuada en travesía.

En esta condición se recomienda como premisa fundamental que el motor opere lo más cerca posible del 85% de su potencia nominal, para que opere con el mejor rendimiento posible; sin embargo, habrá que considerar más factores, como disponer de más tiempo para faenar, frente al mayor consumo específico derivado de actuar con el motor a menor rendimiento.

Siguiendo con los casos anteriores, veamos qué supone para un buque que navegue en travesía a 9 nudos, un incremento de la velocidad de 2 nudos, pasando a 11.

En el caso del barco de bajura, aumentaría en un 6% el tiempo disponible para faenar (en caso de un barco de día, dispondría aproximadamente de una hora y 20 minutos más para faena). Ese incremento de tiempo disponible supondría un incremento de consumo total por marea de un 18%.

En un barco de altura, pasar de 9 a 11 nudos supone un incremento total de combustible consumido por marea para propulsión de un 10%, mientras que el tiempo disponible para labores de pesca pasaría a incrementarse en un 3% (medio día de más disponible para faenas de pesca, para una marea de 18 días).

Por tanto, la valoración de cambio de velocidad habrá que tomarla considerando no sólo el incremento en los costes de operación, sino también la rentabilidad del incremento de la oportunidad de aumentar las capturas o de obtener una mejor venta de las mismas.

- **Largando aparejo:** las características de esta maniobra varían de acuerdo al arte que se emplee (los palangreros largan a velocidades altas y los arrastreros a baja velocidad). A esta actividad se puede destinar entre un 6 y un 15% del tiempo total por marea.

El peso de combustible se encuentra entre un 2 y un 23%, dependiendo del arte de pesca. En aquellos pesqueros en los que esta condición se desarrolla a alta velocidad, es necesario tener en cuenta lo indicado en la condición de navegación libre: moderar la velocidad manteniéndolos en valores aceptables de rendimiento del motor principal.

- **Virando aparejo:** esta condición, al igual que la anterior, es muy dependiente del arte y modo de operación utilizado durante la faena de pesca. Así, puede suponer hasta el 65% del tiempo total de la marea, o apenas llegar al 5%. Se desarrolla normalmente a velocidades bajas (alrededor de 2 nudos), por lo que el consumo dependerá en gran medida de las dimensiones y formas del barco.

- **Arrastrando:** los arrastreros suponen el 13% de la flota española. En su actividad, la condición de arrastre es fundamental. Esta maniobra supone entre el 55 y el 70% del tiempo total de la marea. Sus exigencias de velocidad son bajas (entre 2 y 4 nudos) y las demandas de tiro altas (entre 2,5 y 6 toneladas), dependiendo de si realizan su operación a la pareja o individualmente.

Esta condición de navegación es muy comprometida para los barcos, ya que en ella se consume entre el 50 y el 70% del total de combustible para propulsión por marea.

Su correcta estimación en el proyecto y su correspondencia con la realidad implica que el motor, el propulsor y su conjunto, presenten rendimientos optimizados. La falta de correspondencia de las condiciones reales de operación con las proyectadas, lleva en numerosas ocasiones a actividades ineficientes con trenes propulsivos que no se corresponden con las necesidades reales.

Por todo lo anterior, es muy recomendable antes de cambiar el tipo de actividad proyectada para el barco, analizar los nuevos requisitos de arrastre y cómo actuar sobre los motores y equipos implicados para maximizar el rendimiento del conjunto.

Como guía general, es importante tener en cuenta que el hecho de que el motor principal no esté operando de forma eficiente (dentro del margen de potencia oportuno) llevará a sobrecostes, por lo que en caso de demanda inferior o superior de potencia, habrá que considerar medidas correctoras (por ejemplo, que el motor mueva un alternador de cola o ajustar adecuadamente la velocidad en arrastre).

Habitualmente, el exceso de consumo por marea en arrastreros (hasta un 10%), se debe a una mala selección de la velocidad de operación y del paso en las hélices de paso variable durante la condición de arrastre, en la que el empuje demandado es grande y la velocidad de avance es baja.

En esta condición, el rendimiento de la hélice, a las revoluciones constantes del motor, aumentará disminuyendo el paso (y por lo tanto la potencia demandada al motor será menor).

Si la condición de navegación cambia a una con velocidad elevada y empuje demandado menor, el rendimiento de la hélice se mantendrá aumentando el paso.

5.2 Variación de consumo eléctrico según la condición de navegación

La condición de navegación que más energía eléctrica demanda es la condición de faena (principalmente virando), ya que a los consumos propios de la condición de navegación libre hay que añadirle los propios de los equipos de faena, frío e iluminación exterior, tales como:

- Maquinaria de cubierta (maquinillas, pastecas, tambores, haladores...).
- Maquinillas de carga y descarga.
- Centrales hidráulicas para accionamiento de escotillas, grúas, rompeolas...).
- Bombas del parque de pesca.
- Equipos de frío. Bodegas refrigeradas, túneles de congelación, etc.
- Iluminación exterior. Proyectoros.

Dependiendo del tipo de actividad, su tipo de operación y disposición de cámara de máquinas, la diferencia de demanda de energía eléctrica entre navegación libre y faenando, suele ser considerable.

Normalmente, el proceso de virado tiene lugar a baja velocidad. Si esto significa que el motor principal desarrolla potencias muy por debajo de la nominal, es recomendable aumentarla mejorando el rendimiento del motor, acoplándole un alternador de cola o moviendo las maquinillas desde el principal, de manera que el aumento de demanda de energía equilibra la deficiencia de potencia propulsiva.



Halador hidráulico a bordo de un palangrero

Además de los consumidores propios de la condición de faena ya mencionados, el resto de consumidores principales presentan una demanda bastante uniforme a lo largo de todas las condiciones de navegación, tales como: cocina, compresores de gambuzas, equipos de climatización (compresor y resistencias), equipos enchufados (especialmente radiadores y estufas) e iluminación interior.

6 Alternativas de ahorro energético

En las secciones anteriores se han abordado las medidas de ahorro energéticas relativas a la propulsión y generación de energía. Si bien estos son los principales consumidores, existe un conjunto de medidas adicionales que permiten mejorar el rendimiento energético del buque actuando sobre otros puntos.

La necesidad de mejorar el rendimiento energético de los buques debido al incremento del precio del combustible ha hecho que durante la última década hayan surgido diversos sistemas tanto para aprovechar el calor residual como para mejorar el rendimiento de los existentes. Las limitaciones de empacho y volumen en los barcos de pesca, así como el grado de desarrollo de algunas de estas soluciones, limitan la incorporación de estas tecnologías.

Las medidas que se analizan en este apartado implican un conjunto de pequeños ahorros que juntos, pueden constituir un ahorro significativo. Sin embargo, para que estos sistemas sean efectivos, es necesario involucrar a toda la tripulación en el propósito del ahorro energético y ser conscientes del coste de la energía que se utiliza a bordo.

Para analizar la influencia de las distintas medidas sobre el consumo energético es necesario, en primer lugar, analizar el reparto de los principales consumidores a bordo.

Es importante tomar conciencia de la influencia relevante que tiene el correcto hábito de empleo de los consumidores energéticos en la gestión eficiente de la energía.

6.1 Aprovechamiento del calor residual

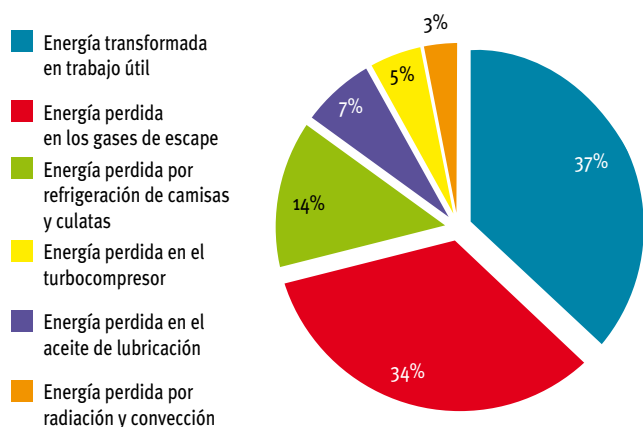
El rendimiento de un motor diésel turboalimentado se sitúa por debajo del 40%. Esto implica que, en torno al 130% de la energía útil para la propulsión se emite en forma de calor a través de los gases de escape, el agua de refrigeración y mediante radiación y conducción al ambiente. Hay que señalar que este calor no puede aprovecharse en su totalidad debido a diversas consideraciones, entre las que se encuentra que los

gases de escape no pueden enfriarse por debajo de la temperatura de condensación del vapor de agua, para evitar la aparición del ácido sulfhídrico, o la dificultad de extraer el calor radiado y emitido por convección.

Incluso considerando estas restricciones, es evidente que existe una importante fuente de calor que, de una forma sencilla, puede aprovecharse a bordo.

En el caso del agua de refrigeración, la temperatura aproximada de salida de la misma en un motor propulsor de 1.200 CV a 1.000 rpm, es de unos 90 °C en el circuito de alta temperatura y de 50 °C en el de baja temperatura.

Figura 14. Balance térmico de un motor diésel de cuatro tiempos sobrealimentado



Así pues, la energía residual generada puede ser empleada como foco caliente en intercambiadores de calor de equipos que proporcionen servicios al barco.

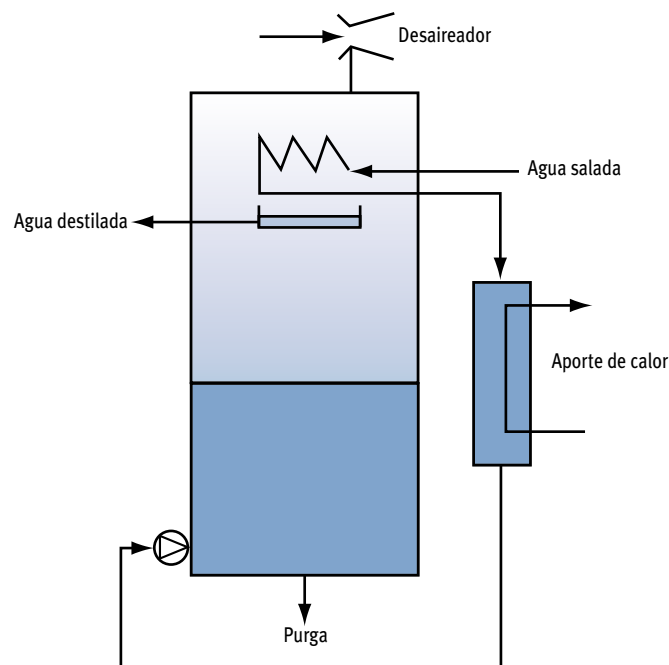
Un ejemplo de este tipo de aplicaciones sería su empleo en las plantas de desalinización, mediante destilación multietapa para el servicio de agua potable.

La sustitución de una planta de ósmosis por una de destilación utilizando energía residual (suponiendo cubiertas las necesidades térmicas por la energía residual del motor principal), supondría un ahorro de “coste energético eléctrico” aproximado del 80% en kWh/m³ (una planta de ósmosis inversa en un barco de 16 tripulantes supone un consumo continuo de unos 3,5 kW).

Otra de las alternativas es la utilización de los gases de escape. Éstos poseen una energía calorífica residual

que puede ser empleada ya que, por ejemplo, la temperatura de los gases de escape de un motor diésel de 1.200 CV a 1.000 rpm, alcanza los 300 °C. En este caso, como se ha dicho, hay que ser cuidadoso con el salto térmico que van a experimentar los gases si actúan como foco caliente (por debajo de 160 °C se produce la condensación del ácido sulfúrico, altamente corrosivo).

Figura 15. Sistema de destilación por expansión brusca de líquido saturado



Este salto térmico, de unos 140 °C (aunque condicionado por el flujo y capacidad calorífica de los gases de escape), define una potencia calorífica que puede ser empleada en un sistema de calefacción para habilitación, con aceite térmico o agua (la temperatura del agua necesaria para un sistema de calefacción convencional está entre 60 y 80 °C), mediante el uso de un intercambiador de calor.

En todo caso, cuando el motor actúe a baja potencia, sin alcanzar sus gases de escape la potencia calorífica necesaria para calentar el fluido, tendría que emplearse un calentador auxiliar. Por tanto, la conveniencia del aprovechamiento de los gases de escape está regida en gran medida por la potencia desarrollada por el motor y su continuidad en el tiempo.

Es necesario destacar que un equipo de aire acondicionado con resistencias eléctricas, supone unos 33 kW

(para una habitación de 16 personas en un barco de 36 m de eslora), por lo que cualquier posibilidad de ahorro en esta dirección debe ser tomado en consideración.

6.2 Ahorro energético en la habitación

Los ahorros que se pueden alcanzar en los equipos eléctricos de habitación son considerables, sobre todo en lo referente a los siguientes consumidores:

- **Iluminación interior:** además de los posibles beneficios por correctas costumbres de usos de la iluminación, es necesario considerar la utilización de luminarias de bajo consumo. Así, la diferencia de consumos entre una luminaria convencional y una de aquellas se sitúa en torno al 80%. Por este motivo, y a pesar de tener mayor coste inicial, las luminarias de bajo consumo se amortizan en períodos de tiempo relativamente cortos. El tipo de luminaria de bajo consumo más adecuado para su uso a bordo, debido a la mejor distribución lumínica y el ahorro que proporcionan frente a luminarias convencionales, son los tubos fluorescentes.
- **La cocina:** se constituye como el principal consumidor no esencial del buque pesquero debido a su elevado porcentaje de utilización. Debido a los diferentes turnos de trabajo de la tripulación, la cocina está prácticamente siempre en funcionamiento. En este sentido, podemos indicar ahorros superiores al 10% en el uso de cocinas por inducción frente a placas eléctricas convencionales.
- **Otros consumidores eléctricos:** cualquier equipo eléctrico presente en la habitación ha de ser utilizado correctamente, desconectándolo en caso de no utilizarse (no en modo stand-by).

Es destacable el caso de las estufas y radiadores eléctricos (con un consumo muy alto, a menudo por encima de 1 kWh). Se recomienda el uso de aparatos de calefacción con termostato y no direccionales para camarotes, evitando en la medida de lo posible calefactores por resistencias.

6.3 Equipos de frío

Entre los equipos de frío, presentes normalmente a bordo de los buques de pesca, destacan por su consumo energético las bodegas refrigeradas, los túneles y los armarios de congelación, los generadores de hielo y las gambuzas refrigeradas.

Algunas consideraciones generales en este tipo de equipos son:

- Verificar el correcto funcionamiento de los termostatos. Entre los motivos que pueden producir este mal funcionamiento se encuentra la presencia excesiva de hielo formado en espacios refrigerados, que debe ser evitada.
- Controlar la temperatura de las instalaciones en función de la temperatura exterior (menos frío en el interior de los equipos para temperaturas ambientales bajas reduce el tiempo de operación).
- El calor liberado por la instalación no ha de tener barreras en su disipación, evitándose así la sobrecarga de la misma.
- Minimizar en la medida de lo posible el contacto directo entre el interior del equipo y el ambiente externo, ya que esto aumenta la energía consumida para preservar las condiciones taradas. En este sentido, se ha de verificar la eficacia de los medios de cierre para evitar fugas.
- En este caso el tamaño será también relevante en el consumo. Una correcta adecuación del tamaño a las necesidades reales tendrá consecuencias evidentes en el ahorro energético.

Otro factor a considerar es la conveniencia de emplear el equipo de generación de hielo a bordo o adquirir el hielo en puerto, para aquellos barcos que presenten posibilidad de ambas alternativas (tanto porque tienen generadores de hielo a bordo y posibilidad de mantenimiento del hielo a bordo como por su tiempo de marea). En este aspecto es importante tener en cuenta que la generación de hielo a bordo sale un 60% más caro que adquirirlo en puerto.

6.4 Otros equipos

A bordo del barco de pesca se dispone de un elevado número de equipos y servicios que debido a requerimientos de seguridad u operatividad han de estar siempre en funcionamiento durante la navegación, tales como el servicio de comunicaciones, la ventilación de la cámara de máquinas o el servomotor.

Sin embargo, es necesario considerar qué equipos conectados no esenciales son realmente utilizados en el momento que están encendidos, tales como radiadores, televisores y otros electrodomésticos.

Es muy importante evaluar qué equipos son realmente necesarios cuando el buque se encuentra atracado a puerto (cuando existe personal a bordo), teniendo en cuenta que muchos de los equipos esenciales durante la navegación dejan de serlo.

El ahorro con estas medidas es relativamente pequeño frente a otras. Sin embargo introduce un elemento muy importante, que es involucrar a toda la tripulación en la tarea del ahorro energético, dando una medida del coste de la energía a bordo.

7 Experiencias innovadoras

Además de las opciones ya descritas para el ahorro de combustible, existe una serie de nuevas alternativas a la propulsión convencional y que en muchos casos pueden proporcionar al armador sustanciales ahorros en sus costes de operación y, al mismo tiempo, mejoras en lo que se refiere a contaminación atmosférica. Son una serie de experiencias innovadoras que pueden formar parte del futuro inmediato de la propulsión de los buques de pesca.

7.1 Utilización de combustibles alternativos. Combustibles gaseosos (GLP + GNL)

Como se ha visto en apartados anteriores, los principales combustibles utilizados en la actualidad (y casi exclusivamente), son el gasóleo y la gasolina (en embarcaciones de esloras reducidas y en motores fuera borda).

Sin embargo, y debido al enorme crecimiento que ha experimentado el precio de ambos productos, se han iniciado proyectos para la utilización de otro tipo de combustibles para la propulsión de buques y embarcaciones de pesca, más económicos que los anteriormente citados.

Ejemplos de este tipo de experiencias son el uso de combustibles gaseosos, como el GLP (Gas Licuado de Petróleo) o el GNL (Gas Natural Licuado).

El gas natural está compuesto principalmente de metano, siendo menos denso que el aire. Para su transporte se adoptan dos estrategias diferenciadas. Por un lado, la compresión en tanques a temperatura ambiente (a presiones de hasta 240 atm) y por otro, el transporte refrigerado a unos -160 °C en tanques criogénicos, a presiones de hasta 15 atm.

La reducción de volumen que se obtiene mediante la compresión es mucho menor que en el caso de tanques refrigerados, y por lo tanto la cantidad de gas que se puede transportar de este modo, en tanques de igual volumen, es muy inferior. Si a esto unimos que los tanques deben ser mucho más resistentes, y por tanto pesados, puede apreciarse que en el caso

del gas natural, la refrigeración es el método de almacenaje más apropiado para su uso en buques.

El Gas Licuado de Petróleo (GLP), es principalmente una mezcla de butano y propano, más densa que el aire y que se almacena a presión en estado líquido, a unas 15 atm.

En ambos casos existen dos claras ventajas frente a los combustibles tradicionales. Por un lado, en este momento ambos son más económicos que el gasóleo y la gasolina, y por otro, sus emisiones atmosféricas, y por lo tanto su influencia en el deterioro del medio ambiente, son mucho menores (reducciones de hasta el 85% de emisiones de NO_x y de hasta el 20% de CO_2). Sin embargo, y por tratarse de combustibles gaseosos, presentan unos requerimientos de seguridad mayores y por tanto, una instalación sensiblemente más compleja, especialmente en el caso de los buques de mayor tamaño.

Aunque poseen unas características energéticas similares a las del gasóleo utilizado hasta ahora en la propulsión de buques pesqueros pequeños y medianos, el rendimiento de los motores con combustible gaseoso es ligeramente inferior a los que utilizan combustibles tradicionales.

Dado su carácter gaseoso, su instalación en buques precisa de un detallado análisis previo. Por un lado, su almacenaje no puede realizarse en los tanques estructurales en los que normalmente se dispone el gasóleo, y deben utilizarse tanques independientes situados adecuadamente dentro del buque. Por otro lado, los sistemas de control y seguridad, detección de gas y de incendios, son más complejos que en el caso de un buque convencional. En el capítulo dedicado a la normativa pueden encontrarse las distintas regulaciones publicadas hasta la fecha en este campo.

Hasta el momento, y motivado en gran parte por los factores anteriormente mencionados, la utilización de este tipo de combustibles no ha sido realizada en buques de pesca de mediano y gran tamaño, aunque, como veremos, existen experiencias piloto para su uso en embarcaciones menores.

Sin embargo, la aplicación del GNL como combustible sí se ha realizado con éxito en buques de otro tipo, tanto mercantes como de pasaje, obteniendo ahorros en el combustible y, principalmente, mejoras medioambientales. Esta alternativa normalmente se utiliza junto con un sistema de propulsión diésel-eléctrico, en la que los motores generadores utilizan como combustible GNL exclusivamente, o bien indistintamente GNL o gasóleo (motores duales), aunque también se utiliza la alternativa tradicional con línea de ejes, siendo el motor propulsor de alguno de estos tipos. En el caso del GLP, en parte debido a su mayor peligrosidad, mayor coste y menor reducción de las emisiones en comparación con el GNL, aún no se ha introducido como combustible para propulsión.

En el caso de las embarcaciones menores, la utilización de gases para la propulsión en motores fuera borda de gasolina adaptados es más habitual, especialmente en países de Latinoamérica. A nivel estatal existe una experiencia piloto, coordinada desde el CETPEC de Celeiro (Lugo), para la utilización de GLP en motores de este tipo.

La transformación de los motores de ciclo Otto (los de gasolina) a su uso con combustibles gaseosos, es mucho más simple que la de los motores de ciclo Diesel, y de hecho, se lleva practicando desde hace muchos años en otros sectores (transportes públicos o automóviles particulares).



Embarcación de bajura propulsada mediante GLP. Imagen cortesía de CETPEC

Esta experiencia, hasta el momento, está resultando muy positiva. Los kits de transformación son muy sencillos de instalar, su mantenimiento es reducido, y la seguridad del sistema es similar e incluso superior al uso de gasolina. Teniendo en cuenta que los consumos del motor se encuentran en ambos casos en un rango muy similar, los ahorros que se obtienen por el uso del GLP son cuantiosos (superiores al 30%), debido a la diferencia de precio entre ambos combustibles

7.2 Propulsión mediante velas y cometas

La propulsión mediante velas ha sido, desde la antigüedad y hasta la aparición de la máquina de vapor, la única forma de propulsión de todos los tipos de buques existentes. Sin embargo, y debido a la dependencia de las mismas de los factores meteorológicos, fueron progresivamente viéndose sustituidas hasta su casi total desaparición, salvo en el caso de las embarcaciones de recreo, de competición y de algunos buques aislados, tanto de pasaje como de pesca.

Sin embargo, los ahorros energéticos que se pueden obtener mediante la propulsión a vela son muy grandes, de hasta un 80% en condiciones óptimas y en buques diseñados a tal efecto.

La máxima eficiencia obtenida de las velas se presenta cuando el barco ha sido diseñado específicamente para el uso de las mismas e, incluso en esos casos, presentan una serie de inconvenientes importantes, como por ejemplo, que es necesario una tripulación entrenada y dispuesta a realizar su manejo, la dependencia de las condiciones meteorológicas, la reducción de espacio en cubierta, etc.

En el caso de buques ya construidos, a los que se desee instalar velas, se presentan otra serie de cuestiones que deben ser estudiadas, como la reducción de estabilidad que produce la adición de pesos elevados y los pares escorantes generados por las velas, el equilibrado de las mismas, o el entorpecimiento de las maniobras de carga y descarga generado por la nueva jarcía. Hay que tener en cuenta, además, que las disposiciones generales de estos buques no suelen estar adaptadas a la instalación de velas.

Además de las velas de lona tradicionales existen otros sistemas, con una aplicación práctica mucho más reducida, pero que obtienen unos rendimientos superiores a éstas, como pueden ser los rotores Flettner, las turbovelas o las velas rígidas, aunque en todo caso son mucho más costosos que un sistema de velas de tejido tradicionales.



Buque de pesca con propulsión auxiliar mediante velas convencionales. Cortesía de Astilleros Mercurio Plastics, S.L. (www.mercurioplastics.com)

Como último sistema de propulsión eólico, mencionar la propulsión mediante cometas. Este sistema, de muy reciente implantación, se encuentra en la actualidad en fase de pruebas, con unos resultados muy prometedores.

Es un sistema auxiliar, que opera en conjunto con el motor propulsor del buque y que reduce la carga del mismo, rebajando sus consumos. Está compuesto por una gran cometa, que es la que genera la fuerza de arrastre, unida al buque mediante un carretel de sujeción y controlada mediante una unidad remota situada en la cometa. Para su correcto largado y recogida dispone de una pluma telescópica que se sitúa en la proa del buque y que se extiende para la realización de ambas maniobras.

Este sistema tiene una serie de ventajas claras frente a un sistema de velas convencional. En primer lugar, en lo que se refiere a su posible instalación en buques ya existentes, es que no es necesario un gran espacio para su instalación ni esta implica una gran dificultad o coste. Además, y dado que el punto de aplicación de la fuerza tractora está en cubierta, en crujiá, la

componente escorante de la misma es mucho menor que la generada en las velas tradicionales. Esto implica que la reducción de estabilidad que produce la utilización de este sistema será inferior a la que produce un sistema de velas convencionales.



Sistema de propulsión auxiliar mediante cometas.
© 2008 Skysails GmbH (www.skysails.de)

Teniendo en cuenta que su control es totalmente automático, no es necesario que la tripulación realice maniobras complejas ni esté entrenada al respecto.

Por último, remarcar que dado que las cometas vuelan a una altura elevada, el viento que utilizan es más estable y de una intensidad mayor que el que se encuentra al nivel del mar, obteniendo por tanto rendimientos más elevados.

Sin embargo, también presenta una serie de inconvenientes que conviene enumerar. En primer lugar, lo novedoso del sistema; aún requiere de un dilatado período de pruebas para asegurar un funcionamiento correcto y sin fallos. Y en segundo lugar, es un sistema que, al igual que las velas, depende enormemente de las condiciones meteorológicas y del rumbo que el buque desee mantener en cada momento. Asimismo, el coste de adquisición del sistema es sensiblemente superior al de las velas convencionales.

Además, al tratarse de buques de pesca, dependiendo del tipo de arte utilizada es posible que durante la faena no sea factible desplegar la cometa (por ejemplo en el caso de los buques de cerco o palangre). En estos casos, las cometas serían utilizadas exclusivamente en los viajes de ida y vuelta al caladero.

Por el contrario, se trata de un sistema que puede ser muy útil en arrastreros durante la maniobra de arrastre, que es cuando se produce mayor consumo de combustible en este tipo de buques, y durante la que además, el buque navega a baja velocidad. Si además se consigue realizar esta maniobra con vientos desde el través hacia la popa, nos encontramos en las condiciones óptimas de operación de las cometas, pudiendo obtener ahorros de combustible muy representativos.

7.3 Propulsión diésel-eléctrica

Los sistemas de propulsión diésel-eléctrica convencionales consisten en sustituir los motores propulsores diésel acoplados a la hélice mediante la línea de ejes, por un motor propulsor eléctrico, que es el que se une a la hélice, y un conjunto de generadores eléctricos diésel, encargados de suministrar la energía necesaria para los consumidores del buque y también para el motor propulsor.

Este sistema es utilizado cada vez con mayor frecuencia en buques de tamaño medio y grande, desde cruceros de pasaje hasta buques de suministro a plataformas petrolíferas u oceanográficos. La aplicación directa del mismo en buques de pesca implica una serie de problemas, especialmente el del espacio disponible.

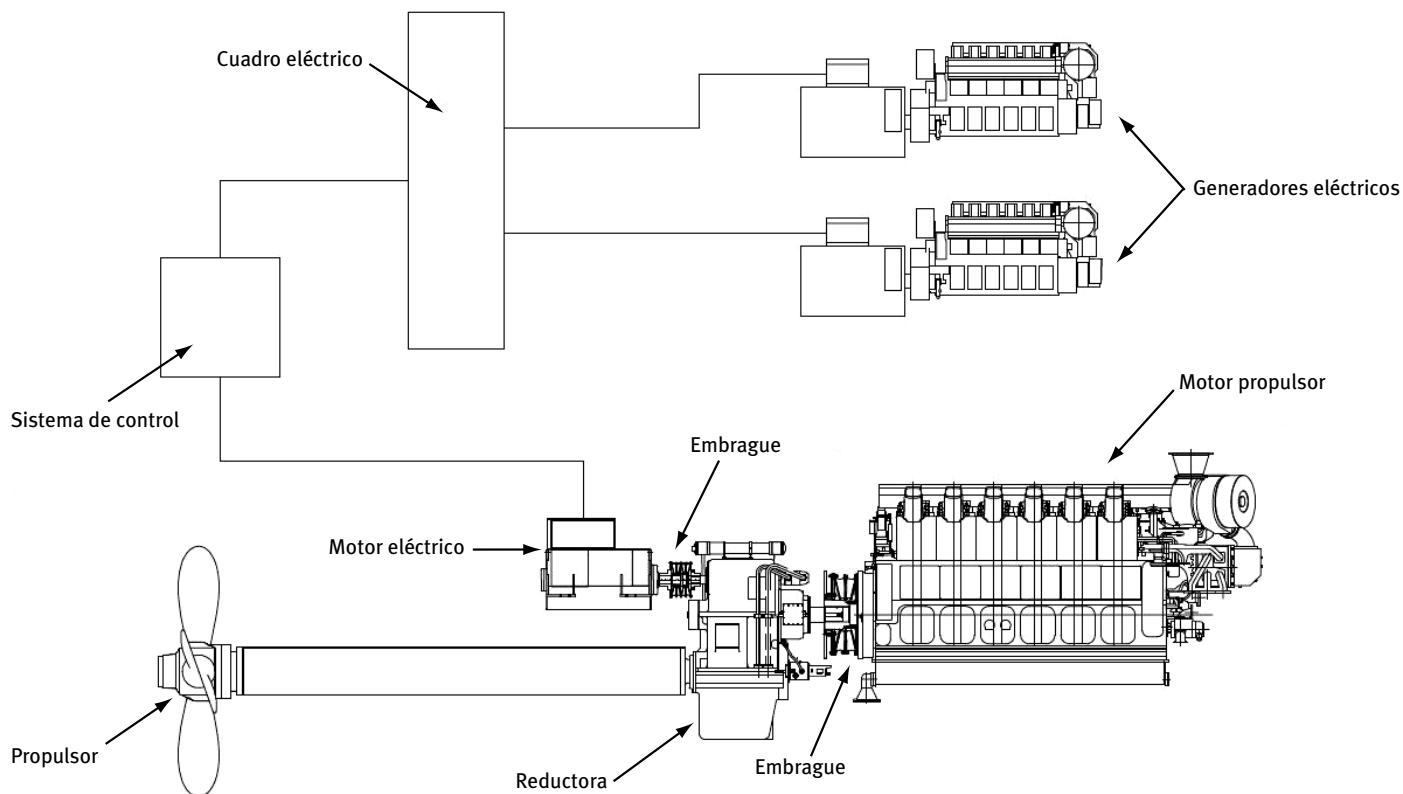
Sin embargo, puede realizarse una adaptación del mismo para un buque pesquero de tamaño medio, con unas características de operación determinadas, obteniendo otras muchas ventajas además de reducciones en el consumo de combustible.

Teniendo en cuenta que una de las ventajas de la propulsión diésel-eléctrica es la de no tener caídas de rendimiento a bajas potencias, al contrario de lo que ocurre con los motores propulsores diésel, puede aprovecharse esta característica en aquellos buques de pesca cuya actividad requiera de períodos prolongados de actividad a bajas velocidades, como pueden ser los buques palangreros.

En el caso de una planta propulsora convencional, cuando el buque se encuentra navegando a velocidad

reducida, el motor propulsor se encuentra funcionando en un punto de operación muy lejano al de diseño y, por lo tanto, muy poco eficiente.

Figura 16. Esquema de un sistema de propulsión diésel-eléctrico.



En el sistema que se plantea se utiliza un motor eléctrico acoplado a la reductora del buque, y alimentado desde los generadores (cuya disposición y potencia deben adaptarse a esta nueva configuración). El motor diésel se mantiene para la propulsión del buque a la velocidad máxima, mientras que para operación a velocidad reducida, los diésel-generadores proporcionan potencia al motor eléctrico y al buque, desembragando el motor diésel principal y actuando entonces con propulsión eléctrica. Estos diésel-generadores operan en una zona de funcionamiento cercana a su óptimo de rendimiento y por lo tanto, la eficiencia global de la planta es mucho mayor.

Este sistema, además de las ventajas económicas, presenta una serie de ventajas que podemos definir como “no cuantificables” sobre la configuración convencional. Algunas de ellas son las siguientes:

- Mayor eficacia de la propulsión a bajas velocidades (debido al mayor par a bajas revoluciones de los motores eléctricos) y una gran mejora en la maniobrabilidad (debida a la mayor rapidez de reacción de los motores eléctricos y a la no necesidad de embragar-desembragar constantemente en maniobras casi en parado o de avante-atrás).
- Una mayor redundancia y por tanto seguridad para el buque. Con este sistema, y en caso de una posible avería del motor principal, siempre se dispondrá de una propulsión de reserva para vuelta a casa.
- La posibilidad de realizar en alta mar, en momentos de poca actividad, reparaciones o mantenimientos del motor principal, que en el caso de contar únicamente con propulsión diésel sólo se podrían llevar a cabo en puerto.

8 Protocolo de auditoría energética

El objetivo principal de una auditoría energética es dar a conocer al armador cuál es el estado energético de su buque, es decir, proporcionarle un análisis detallado de cómo es el modo de explotación, funcionamiento y prestaciones de los diferentes consumidores que existen en su barco, además de conocer el estado de sus componentes, sus consumos energéticos y sus correspondientes costes de explotación.

Partiendo de esta auditoría, puede conocerse cuáles de entre los equipos del buque son más o menos eficientes, en qué puntos podrían aplicarse medidas correctoras que busquen mejorar la eficiencia energética y en qué medida afectarán las mismas a la rentabilidad del buque.

En el Anexo I se encuentran los diferentes documentos y tablas que sería necesario completar para realizar el proceso de auditoría.

Una vez finalizado el proceso de toma de datos, debería encargarse a un especialista la realización de un análisis de los mismos y un posterior informe, que resuma el contenido de la auditoría y sus principales conclusiones, incluyendo aquellos aspectos relevantes que caractericen a la embarcación desde el punto de vista energético.

En este informe debería hacerse especial mención a los siguientes aspectos:

- Calificación energética general del buque.
- Eficiencia energética de la planta propulsora instalada.
- Equilibrio de la planta de generación eléctrica frente a los consumidores presentes.
- Puntos críticos de consumo energético detectados.
- Resumen de las medidas correctoras propuestas.
- Principales recomendaciones de adopción de medidas correctoras.
- Ahorros energéticos y económicos obtenidos con las mejoras propuestas.

9 Marco Legislativo actual

El marco de actividad de la pesca se encuentra regulado en todas sus facetas. Sin embargo, en nuestro caso es interesante conocer aquellas que se encuentran afectadas cuando se desea acometer un programa de mejora de la eficiencia energética en una embarcación o buque de pesca. Por un lado, en lo que se refiere a la construcción y navegabilidad del buque, seguridad, etc., sobre las que cualquier reforma a bordo puede tener consecuencias y, por otro, en lo que se refiere a la protección del medio ambiente, ya que, en la actualidad, los requisitos en este aspecto son cada vez más estrictos y pueden llevar a la necesidad de acometer reformas a bordo.

Como sucede en otros sectores, la construcción, reforma y operación de las embarcaciones y buques dedicados a actividades de pesca, están sometidas a distintas normativas, de obligado cumplimiento, y que abarcan desde el ámbito nacional exclusivamente para las embarcaciones más pequeñas, hasta el internacional para los grandes buques de pesca de altura.

Asimismo, existe una serie de reglamentos publicados por las llamadas Sociedades de Clasificación, que aunque no son obligatorios, pueden ser muy recomendables en determinados casos y utilizados como guía o referencia en otros.

Es por ello que, en caso de tomarse la decisión de adoptar algún tipo de medida de ahorro de combustible o eficiencia energética que implique una modificación en el buque o embarcación, será necesario consultar estos reglamentos para mantenerse siempre dentro de la legalidad o solicitar los certificados precisos si fuese necesario.

Las embarcaciones y buques, en lo que se refiere a normativa de aplicación, se dividen en menores y mayores de 24 metros de eslora (cuya definición reglamentaria puede encontrarse en la citada normativa). La reglamentación de aplicación a las embarcaciones de eslora inferior a 24 m es exclusivamente de ámbito nacional, mientras que para las de eslora mayor, se dispone normativa nacional, europea e internacional.

9.1 Normativa relativa a la seguridad y prevención de la contaminación de los buques pesqueros

9.1.1 Embarcaciones de eslora inferior a 24 m

La reglamentación aplicable en lo que se refiere a seguridad y prevención de la contaminación a las embarcaciones de menos de 24 m de eslora, a la fecha de edición de esta guía, es el Real Decreto 543/2007, del 27 de abril, por el que se determinan las normas de seguridad y de prevención de la contaminación a cumplir por los buques pesqueros menores de 24 metros de eslora (L).

En este documento se recogen los requerimientos referidos a construcción, estanqueidad y equipos de fondeo (Anexo I), estabilidad y francobordo (Anexo II), máquinas (Anexo III), instalaciones eléctricas (Anexo IV), incendios (Anexo V), salvamento (Anexo VI), seguridad en la navegación (Anexo VII) y prevención de la contaminación (Anexo VIII). El cumplimiento de estos Anexos es función de la eslora de la embarcación a considerar, así como de la actividad que realiza (pesca local, de litoral, de altura o de gran altura). En todo caso, la clasificación se incluye en el citado reglamento.

Cumplir con este reglamento implica estar en posesión de una serie de documentación, función de la eslora de la embarcación (con diferenciación entre embarcaciones de menos de 6 m de eslora, entre 6 y 12 m y superiores a 12 m de eslora). Estos certificados de conformidad se expiden tras una serie de reconocimientos periódicos realizados durante la vida útil de la embarcación, pero que también pueden ser de carácter aleatorio. Es por ello que no es conveniente la realización de reformas de importancia que puedan afectar a alguno de los apartados recogidos en los Anexos antes mencionados, sin la realización previa de un estudio que verifique que la misma no se encuentra fuera de la legalidad.

Por lo tanto, y a pesar de que la mayor parte de las reformas orientadas a la mejora de la eficiencia energética se corresponden con los Anexos III y IV, modificaciones

en estos aspectos pueden producir a su vez efectos en otros apartados. Por ejemplo, cualquier embarque o desembarque de pesos va a producir variaciones en la estabilidad del buque (Anexo II), y la instalación de nuevos equipos puede requerir de la instalación de nuevas medidas de seguridad (Anexo V).

En todo caso, cualquier modificación debería ser consultada previamente con un experto y, si es necesario, realizado un proyecto detallado de la misma.

9.1.2 Embarcaciones de eslora superior a 24 m

La Reglamentación aplicable a los buques de pesca de más de 24 m de eslora se recoge en el Convenio Internacional de Torremolinos para la Seguridad de los Buques Pesqueros, de 1977, enmendado por el Protocolo de Torremolinos, de 1993, en lo que se refiere a seguridad a bordo, construcción, estabilidad, etc., y en el Convenio MARPOL para prevenir la contaminación por los buques (1973), modificado por el Protocolo de 1978, en lo que se refiere a contaminación. Ambos son convenios de la Organización Marítima Internacional, pero además de éstos, existe también una normativa europea y nacional.

El Convenio de Torremolinos fue adoptado por la Unión Europea en 1997 y modificado en 1999 (Directivas 97/70/CE y 99/19/CE) y transpuesto a la legislación española en 1999 (Real Decreto 1032/1999 del 18 de junio), incluyendo algunos requerimientos más estrictos. Al igual que sucede con las embarcaciones menores de 24 m, en este Reglamento se recogen todos los apartados referidos a construcción, estabilidad, seguridad, etc., pero de un modo mucho más exhaustivo que en el caso de aquellas.

El Convenio MARPOL pretende evitar la contaminación del ambiente marino, incluyendo las aguas y las emisiones atmosféricas. En el primer caso, y entre otros muchos objetivos, se encuentra el limitar las posibles operaciones de los buques que pueden producir contaminación del agua, o especificar las instalaciones que deben disponer los mismos para el tratamiento de residuos, etc. El caso de las emisiones atmosféricas, debido su estrecha relación con los ahorros en el

consumo de combustible, es tratado posteriormente en un punto específico.

9.2 Sociedades de Clasificación

Las Sociedades de Clasificación son organizaciones que establecen y aplican normas relativas al diseño, construcción e inspección de artefactos navales, entre ellos los buques. Su origen se remonta a la segunda mitad del siglo XVIII, y su objetivo principal era la “clasificación” del estado del buque para el posterior aseguramiento del mismo y de su carga.

En la actualidad, más del 95% del tonelaje comercial total se encuentra clasificado de acuerdo a las reglas de una de estas sociedades. Estos “certificados de clase” no son obligatorios y certifican el cumplimiento de los estándares de la citada sociedad en lo que se refiere al diseño y la construcción del buque, así como que el mismo está sometido a las revisiones especificadas en el reglamento. Sin embargo, y a pesar de no ser de carácter obligatorio, en la mayor parte de los casos la obtención de un seguro para el buque y su carga, está sometida a la obtención de un certificado de una sociedad de clasificación.

En el caso que nos ocupa, la mayor parte de los buques de pesca de pequeña y mediana eslora no están clasificados, siendo suficiente con la obtención de los correspondientes certificados por parte de la Dirección General de la Marina Mercante. Sin embargo, y según especifica el Real Decreto 1032/1999 del 18 de junio: *Las normas para el diseño, construcción y mantenimiento del casco, la maquinaria principal y auxiliar y las instalaciones eléctricas y automáticas de un buque serán las [...] especificadas para su clasificación por una organización reconocida o empleada por una Administración.* Es por ello que, para buques de más de 24 m de eslora, aunque no sea necesaria la obtención de los certificados de la sociedad clasificadora, el buque sí debe cumplir los requisitos especificados por una de ellas.

De todas maneras, las reglas de las distintas sociedades de clasificación representan una muy buena guía de diseño en todos los apartados del buque, desde la estructura al equipamiento, maquinaria, sistemas

eléctricos, etc., para todos los tipos de buques y encontrándose normalmente un paso por delante en lo que se refiere a la elaboración de normativa que regule los nuevos avances en el sector. De hecho, sus normas y experiencia son, en muchos casos, tomadas como base para la posterior redacción de reglamentos a nivel internacional.

Las sociedades de clasificación más importantes se agrupan en una sociedad llamada IACS (International Association of Classification Societies), que busca una armonización de las reglas de las mismas. Entre las más conocidas se encuentran ABS (American Bureau of Shipping), BV (Bureau Veritas), DNV (Det Norske Veritas), GL (Germanischer Lloyd), LR (Lloyd’s Register of Shipping) o RINA (Registro Italiano Navale).

9.3 Normativa medioambiental. Emisiones atmosféricas.

A través de las medidas que pueden ser tomadas para aumentar la eficiencia energética de los buques de pesca, además de obtenerse mejoras económicas derivadas de la reducción del consumo de combustible, se obtienen también y por la misma causa, una serie de mejoras medioambientales de un valor incluso superior, teniendo en cuenta la situación global actual en este campo.

En el caso de los buques, contrariamente a lo que sucede con las instalaciones terrestres, no existe una reglamentación muy severa en cuanto a emisiones contaminantes a la atmósfera se refiere; la previsión es que, si no se adoptan medidas, los buques sean en 2020 la principal fuente contaminante de la atmósfera, por delante de las instalaciones terrestres.

Sin embargo, la tendencia es a aumentar los requisitos exigidos a corto plazo y, por lo tanto, es interesante conocer la reglamentación existente y las posibles tendencias futuras. De hecho, una norma severa en este aspecto puede llevar a la necesidad de la adopción de medidas de ahorro energético, o lo que es lo mismo, invertir la situación actual, en la que es la necesidad de obtener ahorros la que lleva a reducir las emisiones contaminantes.

Las emisiones contaminantes que emiten los buques a la atmósfera se dividen en sustancias contaminantes de la atmósfera, gases que producen efecto invernadero y sustancias que agotan la capa de ozono. Entre las más destacadas se encuentran las de dióxido de azufre (SO₂, que provocan deposiciones ácidas), las de óxidos nitrosos (NO_x, que producen también deposiciones ácidas, ozono superficial y eutrofización del medio), los compuestos orgánicos volátiles (COV, que producen ozono superficial), las de dióxido de carbono (CO₂) y las de los halones (que afectan a la capa de ozono).



Unidad de conexión a la red eléctrica portuaria

Teniendo en cuenta que la legislación aplicable al respecto en el ámbito terrestre es mucho más exigente que en el marino, las emisiones contaminantes procedentes de los buques (NO_x y SO₂) son, comparativamente, más elevadas que las de las fuentes terrestres. Al mismo tiempo, el coste que supone el endurecimiento de esta legislación y la aplicación de las subsiguientes medidas técnicas, sería mucho mayor para éstas últimas que para las marítimas.

La comunicación COM (2002) 595, “Estrategia de la Unión Europea para reducir las emisiones atmosféricas de los buques de navegación marítima”, representa la

respuesta de la Comisión Europea a esta situación, y en ella se establecen las directrices para que a nivel europeo se apliquen una serie de medidas que regulan las emisiones contaminantes a la atmósfera de los buques, algunas de las cuales se encuentran hoy en día en aplicación. Entre estas medidas se encuentra la limitación de contenido en azufre de algunos combustibles de uso marítimo o el fomento de la utilización en puerto de la electricidad suministrada por éstos, en lugar de la generada a bordo.

En cuanto a normativa internacional, el Convenio MARPOL (Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques 1973/78) de la Organización Marítima Internacional (OMI), es el encargado de regular todo lo que se refiere a contaminación generada por los buques. Su Anexo VI trata especialmente la contaminación atmosférica, y en él se encuentran las regulaciones referentes a las emisiones contaminantes. Este Anexo es relativamente reciente, y su aprobación data de mayo de 2005.

En este Convenio se establecen restricciones en lo que se refiere a emisiones de sustancias que agotan la capa de ozono, óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y a instalaciones de incineración a bordo.

Su última revisión es de octubre de 2008, en la que sin embargo, aún no se han adoptado medidas reguladoras de las emisiones de CO₂.

En todo caso, como sucede con el resto de la normativa presentada hasta el momento, y en este caso especialmente, son documentos que se encuentran en continua revisión, por lo que es necesario informarse, en el momento que sea necesario su utilización, de cuál es la última revisión, enmienda o documento publicado al respecto.

9.4 Normativa de uso de gases como combustible

En lo referente a la utilización en buques de combustibles gaseosos, no existe una reglamentación

internacional, europea o nacional que regule este tipo de propulsión.

Sin embargo, y dado que en determinados países, como Noruega, la utilización de GNL se encuentra en pleno crecimiento, ha sido una Sociedad de Clasificación (DNV), la que ha publicado una serie de reglas al respecto.

Actualmente, otras sociedades de clasificación han publicado o están en proceso de hacerlo, sus propias normas al respecto. Asimismo, la Organización Marítima Internacional se encuentra desarrollando su Código para Buques Propulsados a Gas (IGF).

En el caso de pequeñas embarcaciones, se encuentra en desarrollo, a nivel europeo por el Comité Técnico CEN/TC 286 de la Unión, una normativa con vistas a la regulación de la propulsión mediante GLP (prEN 15609), aunque no ha sido publicada aún como Estándar Europeo. Este estándar no está orientado directamente a embarcaciones de pesca, aunque puede aportar una base sobre la que en un futuro se elabore una reglamentación al respecto a aplicar en las embarcaciones objeto de estudio.

Por ello y a la fecha de edición de esta guía, la aplicación de este tipo de alternativa debe ser estudiada caso por caso y presentada en la respectiva Capitanía Marítima para su estudio y aprobación.

10 Conclusiones

Como resumen y conclusiones de lo expuesto a lo largo del texto, pueden enunciarse los siguientes puntos para la optimización de la eficiencia y la minimización de consumos a bordo de las embarcaciones de pesca, referidas a cada uno de los apartados siguientes:

Diseño y construcción

- Es esencial determinar la actividad a que se va a dedicar el buque y diseñar el mismo para que realice ésta de manera óptima. Los buques diseñados para realizar varias actividades muy diferentes suelen ser los más ineficientes y los menos rentables a largo plazo.
- Las formas y dimensiones del buque condicionan la resistencia al avance del mismo, por lo que han de ser estudiadas cuidadosamente para tratar de minimizar el consumo.
- La introducción de apéndices y otros elementos en la obra viva del buque, como las toberas, debe ser estudiada con detalle, ya que, en ocasiones, las ventajas que proporcionan no compensan frente a los aumentos de resistencia que generan.
- Ha de tenerse en cuenta la correcta integración de los equipos para optimizar el rendimiento global de la instalación en las distintas condiciones de operación. Esta consideración es extensible a los consumidores y su relación con los generadores de potencia.

Condiciones de operación

- La velocidad del buque es el factor más relevante en el consumo de combustible. Su selección debe hacerse de manera cuidadosa, tras analizar objetivamente las posibles ventajas económicas que un incremento en la misma genera y compararlas con el gasto extra de combustible que este aumento implica.
- El incremento de consumo no es una función lineal de la velocidad. Así, a altas velocidades, aumentar un nudo la misma supone un incremento de consumo mayor que cuando este mismo aumento se hace a bajas velocidades.

Sistema propulsor. Motor y hélices

- El conjunto motor-propulsor representa entre el 70 y el 85% del consumo de combustible, e incluso más en embarcaciones pequeñas. En caso de iniciar un estudio para aplicar medidas de ahorro energético a bordo, las actuaciones sobre este punto son las que a priori generarán mayores beneficios.
- Los motores deben seleccionarse de manera que operen la mayor parte de la marea en su rango de rendimiento óptimo, es decir, entre el 80 y el 90% de su potencia máxima continua (MCR). Si esto no es así, las pérdidas de eficiencia serán tanto mayores cuanto más lejos de este punto opere el motor.
- La selección de la hélice, al igual que el motor, debe hacerse cuidadosamente. Para buques con condiciones de operación muy diferentes a lo largo de la marea, puede estudiarse el uso de un propulsor de paso variable.

Mantenimiento del buque o embarcación

- Tan importante o más que la selección del motor es la realización de un correcto mantenimiento del mismo. El no seguir las instrucciones del fabricante en lo referido al rodaje o las revisiones periódicas, puede llevar a grandes incrementos del consumo y caídas de rendimiento.
- La limpieza del casco y el propulsor es fundamental para mantener una resistencia al avance mínima y, por tanto, minimizar también el consumo. La presencia de suciedad o irregularidades en el casco, en los casos más extremos, puede implicar incrementos de hasta el 35% de resistencia.
- En el caso de las hélices propulsoras, la presencia de incrustaciones o defectos sobre las mismas puede llevar a aumentos del combustible, derivados de la caída de rendimiento, de hasta el 10%.

Otras medidas de ahorro

- Las medidas de ahorro energético sobre consumidores han de ser coherentes con el peso relativo del conjunto de consumidores instalados. Por tanto, a

la hora de adoptar medidas de cambio de equipos, se ha de priorizar según los pesos energéticos ponderados de los mismos (no sólo potencias instaladas sino también su tiempo de uso, potencias durante el mismo y relación con otros equipos).

- Los sistemas de generación de energía eléctrica, al igual que sucede con los motores propulsores, deben ser dimensionados para que operen la mayor parte del tiempo en sus rangos óptimos de rendimiento (cerca del 85% de su MCR). Puesto que el rendimiento de un motor crece con su tamaño, suele ser aconsejable la utilización de un alternador de cola que aproveche la energía del motor principal para la generación eléctrica.
- Cuando el buque se encuentre en puerto es más rentable el uso de la electricidad de tierra y de otros servicios (como el suministro de hielo), que la generación propia. La generación a bordo es menos eficiente, más contaminante y más cara que la conexión a tierra.
- Si se desean implementar otras medidas de ahorro a bordo, las que más ventajas aportarán serán aquellas que aprovechen el calor residual del motor. En forma de calor, se pierde más del 130% de la energía que se utiliza en la propulsión.

Ventajas medioambientales

- Hay que señalar, por último, que las medidas de mejora en la eficiencia no sólo implican ahorros en los costes de explotación del buque. Estas medidas también implican mejoras medioambientales, que normalmente no son cuantificadas, pero que a largo plazo pueden tener una importancia mayor que los propios ahorros obtenidos a corto plazo.

Factor humano

- Es muy importante destacar que, para que cualquier medida de ahorro energético tenga una correcta aplicación y se obtengan resultados positivos, es fundamental la colaboración de la tripulación que es la que, al fin y al cabo, utiliza el buque. Del mismo modo, la forma en que el buque es patroneado es vital para la obtención de ahorros de combustible.

REGLAS CLAVE

Para el Ahorro y la Eficiencia en embarcaciones y buques de pesca

- ✓ Es fundamental implicar a la tripulación en el proceso de ahorro energético.
- ✓ El buque debe estar optimizado para la tarea que se pretende realizar.
- ✓ Gestionar adecuadamente la velocidad del buque es de máxima importancia para disminuir el consumo. Debe seleccionarse según las necesidades reales de operación valoradas desde un punto de vista objetivo.
- ✓ El motor y la hélice representan más del 70% del consumo total de energía del buque. Cualquier estudio de ahorro energético debe iniciarse en este punto.
- ✓ El motor propulsor debe mantenerse el mayor tiempo posible cercano a su régimen óptimo (80-85 % de su potencia nominal) y su potencia debe seleccionarse teniendo esto en cuenta. Lo mismo sucede con los motores auxiliares.
- ✓ La selección correcta de la hélice es de gran importancia para aumentar la eficiencia energética del buque.
- ✓ Debe realizarse un correcto mantenimiento de los motores del buque y principalmente del motor propulsor.
- ✓ La correcta limpieza del casco y el propulsor minimizan la resistencia al avance y, por tanto, también el consumo.
- ✓ Cuando sea posible, se recomienda el uso de los servicios de puerto y en especial la electricidad, en sustitución de la generada a bordo.
- ✓ El aprovechamiento del calor residual es otra de las opciones en que se pueden obtener elevadas mejoras en la eficiencia energética del buque.
- ✓ Al valorar la posible adopción de medidas de ahorro energético, hay que tener en cuenta también los beneficios que implica la reducción de las emisiones contaminantes asociada a las mismas.

Anexo 1

Protocolo de auditoría energética

1 Datos generales

1.1 Datos generales de la embarcación

Datos generales identificativos de la embarcación			
Titular de la embarcación			
Domicilio social			
Tipo de barco ⁽¹⁾			
Población	Provincia	Código postal	
Datos persona de contacto	Cargo	Teléfono	Correo electrónico
Año de construcción		Tipo de embarcación	
Dimensiones			
Lpp (m)	B trazado (m)	T medio (m)	
Peso en rosca (t)	Capacidad de carga (TRBs)		

(1) Referido a su actividad: arrastrero de litoral, arrastrero de altura, etc.

Datos generales de cámara de máquinas			
<i>Propulsor</i>			
Hélice	Número		
	Tipo de paso	Paso fijo	Paso variable
	Número de palas		
	Diámetro exterior (m)		
Otros	Características		

Datos generales de cámara de máquinas

Motores principales

Número de motores			
Motor 1	Potencia nominal (CV)		
	Régimen (rpm)	Constantes (rpm)	Variables
Motor 2	Potencia nominal (CV)		
	Régimen (rpm)	Constantes (rpm)	Variables

Reductora

Índice de reducción			
Número de entradas	Motores principales		
	Otros (indicar cuántos y cuáles)		
Número de salidas	Hélices		
	Equipos de pesca		
	Alternador		
	Otros equipos (indicar cuántos y cuáles)		

Motores auxiliares

Número de motores			
Motor 1	Potencia nominal (CV)		
	rpm		
Motor 2	Potencia nominal (CV)		
	rpm		
Motor 3	Potencia nominal (CV)		
	rpm		

1.2 Datos empresa auditora

Datos empresa auditora			
Nombre de la empresa			
Domicilio social			
Población	Provincia	Código postal	
<i>Responsable de la empresa auditora</i>			
Nombre y Apellidos	Cargo	Teléfono	Correo

2 Datos de funcionamiento interno

2.1 Gastos e ingresos

Datos de funcionamiento interno	
Año	
Euros/litro combustible	
Precio medio (euros/kg pescado capturado)	
Toneladas de capturas anuales	
Litros combustible consumidos/año	
Número mareas/año	
Duración de marea (h)	
<i>Gastos anuales (euros)</i>	
Gasto anual en personal	
Gasto anual mantenimiento	
Gastos financieros- gastos amortizaciones	
Gasto anual en combustible	
Otros gastos	
Total gastos anuales	
Total gastos por marea*	
<i>Ingresos anuales (euros)</i>	
Ingresos amortizaciones	
Ingresos por venta de capturas	
Otros ingresos	
Total ingresos anuales	
Total ingresos por marea *	

* Aplíquese la cantidad anual entre el número de mareas al año

3 Datos técnicos y energéticos de la embarcación

3.1 Consumos por condición de navegación y marea

En este capítulo se presentan unas tablas con los datos técnicos y energéticos fundamentales para la realización de la auditoría. De cara a facilitar la toma de datos, se considera necesario como mínimo, determinar el consumo y generación real de los motores principales y en cuanto al resto de los elementos, calcular el consumo teniendo en cuenta la potencia y una estimación de las horas de funcionamiento.

Las medidas reales de los diferentes sistemas que consumen energía en un barco, supone un despliegue elevado de sensores. Estas medidas complementan el cálculo recomendado en el párrafo anterior y dan mayor precisión al cálculo del consumo energético; además, la toma de datos de consumo de energía relacionados con la posición del barco en cada momento y su operación, hacen que los resultados y las mejoras a proponer sean más reales y eficientes.

Los datos horarios de funcionamiento, producción, etc., determinan el consumo en un periodo temporal (día, marea, año...). Lo recomendable sería trabajar por marea para homogeneizar todos los índices de rendimiento.

Horas operación por marea	
Horas navegando*	
Horas largando	
Horas virando	
Horas arrastrando	
Otros	

* Se incluye navegación entre caladeros

DATOS TÉCNICOS Y ENERGÉTICOS SEGÚN CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN

Navegación

Velocidad (Kn)	Horas ⁽²⁾	rpm del motor	% ángulo de pala de la hélice

Motores

<i>Motores principales</i>					<i>Equipos accionados (indicar cuáles)</i>			
	Tipo de combustible	Pot.media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kWh)	Hélices	Alternadores de cola	Otros equipos
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Energía total producida por motores principales (kWh)								

<i>Motores auxiliares</i>					<i>Equipos accionados (indicar cuáles)</i>			
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kWh)	Alternadores	Otros equipos	Alimentación PTI
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Motor 4								
Energía total producida por motores auxiliares (kWh)								

Energía total producida por motores (kWh)

Alternadores				
	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal producida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Alternador 1				
Alternador 2				
Alternador 3				
Alternador 4				
Alternador de cola 1				
Alternador de cola 2				
PTI*				
WARD LEONARD				
Otros				
Energía total producida por los alternadores (kWh)				

(2): Horas de operación para esa condición de navegación.

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(*): Téngase en cuenta que la PTI transforma la energía eléctrica consumida en energía mecánica para propulsión.

Equipos consumidores de energía

Sistema de frío						
		Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Sistema de refrigeración de bodegas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración de gambuzas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración túnel de congelación	Compresores					
	Bomba					
Sistema de generador de hielo	Compresores					
	Bomba					
Otros	Compresores					
	Bomba					
Energía total consumida frío (kWh)						
Agua sanitaria						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grupo hidróforo agua dulce sanitaria						
Grupo hidróforo agua salada sanitaria						
Calentador de agua						
Generador de agua dulce						
Otros						
Energía total consumida agua sanitaria (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

Cocina							
	Tipo (eléctrico, etc.)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Placas							
Horno							
Microondas							
Otros							
Energía total consumida cocina (kWh)							
Centrales hidráulicas							
	Equipos accionados por la central (indicar cuáles)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Central 1							
Central 2							
Central 3							
Otros							
Energía total consumida centrales hidráulicas (kWh)							
Equipos de arte de pesca							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Indicar accionamiento (motor principal, auxiliar...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Haladores							
Maquinillas arrastre							
Tambores							
Pasquetas							
Power block							
Otros							
Energía total consumida equipos de arte de pesca (kWh)							
Equipos de carga-descarga							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grúas							
Maquinillas							
Otros							
Energía total consumida equipos de carga-descarga (kWh)							

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

<i>Equipos aire acondicionado y calefacción</i>						
	Tipo	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Aire acondicionado	Compresor					
Calefacción	Radiadores					
	Resistencias					
	Otros					
Energía total consumida equipos de aire acondicionado y calefacción (kWh)						
<i>Iluminación exterior</i>						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación exterior (kWh)						
<i>Iluminación interior</i>						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación interior (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

<i>Ventiladores</i>					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Cámara de máquinas					
Parque de pesca					
Túnel de congelación					
Otros					
Energía total consumida ventiladores (kWh)					
<i>Equipo de puente</i>					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Equipos de navegación					
Pesca					
Comunicaciones					
Otros					
Energía total equipo de puente (kWh)					
<i>Bombas</i>					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Achique					
Contra incendios					
Baldeo					
Servicios generales					
Otras					
Energía total consumida bombas (kWh)					
Energía total consumida por equipos en navegación (kWh)					

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

DATOS TÉCNICOS Y ENERGÉTICOS SEGÚN CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN

Largando

Velocidad (Kn)	Horas ⁽²⁾	rpm del motor	% ángulo de pala de la hélice

Motores

Motores principales						Equipos accionados (indicar cuáles)		
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kWh)	Hélices	Alternadores de cola	Otros equipos
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Energía total producida por motores principales (kWh)								

Motores auxiliares						Equipos accionados (indicar cuáles)		
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kWh)	Alternadores	Otros equipos	Alimentación PTI
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Motor 4								
Energía total producida por motores auxiliares (kWh)								

Energía total producida por motores (kWh)

Alternadores

	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal producida	Energía producida (kW h) ⁽³⁾
Alternador 1				
Alternador 2				
Alternador 3				
Alternador 4				
Alternador de cola 1				
Alternador de cola 2				
PTI*				
WARD LEONARD				
Otros				
Energía total producida por los alternadores (kWh)				

(2): Horas de operación para esa condición de navegación.

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(*): Téngase en cuenta que la PTI transforma la energía eléctrica consumida en energía mecánica para propulsión.

Equipos consumidores de energía

Sistema de frío

		Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Sistema de refrigeración de bodegas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración de gambuzas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración túnel de congelación	Compresores					
	Bomba					
Sistema de generador de hielo	Compresores					
	Bomba					
Otros	Compresores					
	Bomba					
Energía total consumida frío (kWh)						

Agua sanitaria

	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grupo hidróforo agua dulce sanitaria						
Grupo hidróforo agua salada sanitaria						
Calentador de agua						
Generador de agua dulce						
Otros						
Energía total consumida agua sanitaria (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

<i>Cocina</i>							
	Tipo (eléctrico, etc.)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Placas							
Horno							
Microondas							
Otros							
Energía total consumida cocina (kWh)							
<i>Centrales hidráulicas</i>							
	Equipos accionados por la central (indicar cuáles)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Central 1							
Central 2							
Central 3							
Otros							
Energía total consumida centrales hidráulicas (kWh)							
<i>Equipos de arte de pesca</i>							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Indicar accionamiento (motor principal, auxiliar...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Haladores							
Maquinillas arrastre							
Tambores							
Pasquetas							
Power block							
Otros							
Energía total consumida equipos de arte de pesca (kWh)							
<i>Equipos de carga-descarga</i>							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grúas							
Maquinillas							
Otros							
Energía total consumida equipos de carga-descarga (kWh)							

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

<i>Equipos aire acondicionado y calefacción</i>						
	Tipo	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh)
Aire acondicionado	Compresor					
Calefacción	Radiadores					
	Resistencias					
	Otros					
Energía total consumida equipos de aire acondicionado y calefacción (kWh)						
<i>Iluminación exterior</i>						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación exterior (kWh)						
<i>Iluminación interior</i>						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación interior (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

<i>Ventiladores</i>					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Cámara de máquinas					
Parque de pesca					
Túnel de congelación					
Otros					
Energía total consumida ventiladores (kWh)					
<i>Equipo de puente</i>					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Equipos de navegación					
Pesca					
Comunicaciones					
Otros					
Energía total equipo de puente (kWh)					
<i>Bombas</i>					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Achique					
Contra incendios					
Baldeo					
Servicios generales					
Otras					
Energía total consumida bombas (kWh)					
Energía total consumida por equipos largando (kWh)					

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

DATOS TÉCNICOS Y ENERGÉTICOS SEGÚN CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN

Virando

Velocidad (Kn)	Horas ⁽²⁾	rpm del motor	% ángulo de pala de la hélice

Motores

Motores principales						Equipos accionados (indicar cuáles)		
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kW h)	Hélices	Alternadores de cola	Otros equipos
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Energía total producida por motores principales (kWh)								

Motores auxiliares						Equipos accionados (indicar cuáles)		
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kWh)	Alternadores	Otros equipos	Alimentación PTI
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Motor 4								
Energía total producida por motores auxiliares (kWh)								

Energía total producida por motores (kWh)

Alternadores

	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal producida	Energía producida (kW h) ⁽³⁾
Alternador 1				
Alternador 2				
Alternador 3				
Alternador 4				
Alternador de cola 1				
Alternador de cola 2				
PTI*				
WARD LEONARD				
Otros				
Energía total producida por los alternadores (kWh)				

(2): Horas de operación para esa condición de navegación.

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(*): Téngase en cuenta que la PTI transforma la energía eléctrica consumida en energía mecánica para propulsión.

Equipos consumidores de energía

Sistema de frío						
		Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Sistema de refrigeración de bodegas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración de gambuzas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración túnel de congelación	Compresores					
	Bomba					
Sistema de generador de hielo	Compresores					
	Bomba					
Otros	Compresores					
	Bomba					
Energía total consumida frío (kWh)						
Agua sanitaria						
		Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Grupo hidróforo agua dulce sanitaria						
Grupo hidróforo agua salada sanitaria						
Calentador de agua						
Generador de agua dulce						
Otros						
Energía total consumida agua sanitaria (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

Cocina							
	Tipo (eléctrico, etc.)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Placas							
Horno							
Microondas							
Otros							
Energía total consumida cocina (kWh)							
Centrales hidráulicas							
	Equipos accionados por la central (indicar cuáles)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Central 1							
Central 2							
Central 3							
Otros							
Energía total consumida centrales hidráulicas (kWh)							
Equipos de arte de pesca							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Indicar accionamiento (motor principal, auxiliar...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kW h) ⁽³⁾
Haladores							
Maquinillas arrastre							
Tambores							
Pasquetas							
Power block							
Otros							
Energía total consumida equipos de arte de pesca (kWh)							
Equipos de carga-descarga							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grúas							
Maquinillas							
Otros							
Energía total consumida equipos de carga-descarga (kWh)							

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

<i>Equipos aire acondicionado y calefacción</i>						
	Tipo	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh)
Aire acondicionado	Compresor					
Calefacción	Radiadores					
	Resistencias					
	Otros					
Energía total consumida equipos de aire acondicionado y calefacción (kWh)						
<i>Iluminación exterior</i>						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación exterior (kWh)						
<i>Iluminación interior</i>						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación interior (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

<i>Ventiladores</i>					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Cámara de máquinas					
Parque de pesca					
Túnel de congelación					
Otros					
Energía total consumida ventiladores (kWh)					
<i>Equipo de puente</i>					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Equipos de navegación					
Pesca					
Comunicaciones					
Otros					
Energía total equipo de puente (kWh)					
<i>Bombas</i>					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Achique					
Contra incendios					
Baldeo					
Servicios generales					
Otras					
Energía total consumida bombas (kWh)					
Energía total consumida por equipos virando (kWh)					

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

DATOS TÉCNICOS Y ENERGÉTICOS SEGÚN CONDICIÓN DE NAVEGACIÓN

Arrastrando

Velocidad (Kn)	Horas ⁽²⁾	rpm del motor	% ángulo de pala de la hélice

Motores

Motores principales						Equipos accionados (indicar cuáles)		
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kW h)	Hélices	Alternadores de cola	Otros equipos
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Energía total producida por motores principales (kWh)								

Motores auxiliares						Equipos accionados (indicar cuáles)		
	Tipo de combustible	Pot. media desarrollada (kW)	rpm	Consumo medio (l/h)	Energía producida (kWh)	Alternadores	Otros equipos	Alimentación PTI
Motor 1								
Motor 2								
Motor 3								
Motor 4								
Energía total producida por motores auxiliares (kWh)								

Energía total producida por motores (kWh)

Alternadores

	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal producida	Energía producida (kW h) ⁽³⁾
Alternador 1				
Alternador 2				
Alternador 3				
Alternador 4				
Alternador de cola 1				
Alternador de cola 2				
PTI*				
WARD LEONARD				
Otros				
Energía total producida por los alternadores (kWh)				

(2): Horas de operación para esa condición de navegación.

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(*): Téngase en cuenta que la PTI transforma la energía eléctrica consumida en energía mecánica para propulsión.

Equipos consumidores de energía

Sistema de frío

		Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Sistema de refrigeración de bodegas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración de gambuzas	Compresores					
	Bomba					
Sistema de refrigeración túnel de congelación	Compresores					
	Bomba					
Sistema de generador de hielo	Compresores					
	Bomba					
Otros	Compresores					
	Bomba					
Energía total consumida frío (kWh)						

Agua sanitaria

		Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Grupo hidróforo agua dulce sanitaria						
Grupo hidróforo agua salada sanitaria						
Calentador de agua						
Generador de agua dulce						
Otros						
Energía total consumida agua sanitaria (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

<i>Cocina</i>							
	Tipo (eléctrico, etc.)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Placas							
Horno							
Microondas							
Otros							
Energía total consumida cocina (kWh)							
<i>Centrales hidráulicas</i>							
	Equipos accionados por la central (indicar cuáles)	Potencia nominal (kW)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾		
Central 1							
Central 2							
Central 3							
Otros							
Energía total consumida centrales hidráulicas (kWh)							
<i>Equipos de arte de pesca</i>							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Indicar accionamiento (motor principal, auxiliar...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kW h) ⁽³⁾
Haladores							
Maquinillas arrastre							
Tambores							
Pasquetas							
Power block							
Otros							
Energía total consumida equipos de arte de pesca (kWh)							
<i>Equipos de carga-descarga</i>							
	Tipo (eléctrico, hidráulico...)	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾	
Grúas							
Maquinillas							
Otros							
Energía total consumida equipos de carga-descarga (kWh)							

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

<i>Equipos aire acondicionado y calefacción</i>						
	Tipo	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh)
Aire acondicionado	Compresor					
Calefacción	Radiadores					
	Resistencias					
	Otros					
Energía total consumida equipos de aire acondicionado y calefacción (kWh)						
<i>Iluminación exterior</i>						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación exterior (kWh)						
<i>Iluminación interior</i>						
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Tipo luminaria	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Luminaria tipo 1						
Luminaria tipo 2						
Luminaria tipo 3						
Otros						
Energía total consumida iluminación interior (kWh)						

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

<i>Ventiladores</i>					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Cámara de máquinas					
Parque de pesca					
Túnel de congelación					
Otros					
Energía total consumida ventiladores (kWh)					
<i>Equipo de puente</i>					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Equipos de navegación					
Pesca					
Comunicaciones					
Otros					
Energía total equipo de puente (kWh)					
<i>Bombas</i>					
	Unidades operando ⁽⁴⁾	Potencia nominal (kW/Ud)	% tiempo en operación	% potencia nominal consumida	Energía consumida (kWh) ⁽³⁾
Achique					
Contra incendios					
Baldeo					
Servicios generales					
Otras					
Energía total consumida bombas (kWh)					
Energía total consumida por equipos arrastrando (kWh)					

(3): Se obtendrá como resultado de multiplicar las horas de navegación (2) por los datos de las columnas precedentes.

(4): Se refiere sólo a los equipos operativos en esta condición de navegación, no a los instalados.

3.2 Consumos totales por marea

Consumos energéticos totales por marea y equipos		
Consumidores	Energía total (kWh)	% sobre el total potencia consumida
Sistema de frío		
Agua sanitaria		
Cocina		
Centrales hidráulicas		
Equipos de arte de pesca		
Equipos de carga-descarga		
Equipos aire acondicionado y calefacción		
Iluminación exterior		
Iluminación interior		
Ventiladores		
Equipo de puente		
Bombas		

Consumos por marea de motores						
Motores		Potencia media desarrollada (kW) ^(*)	Consumo medio (l/h) ^(*)	Energía total (kWh)	Consumo marea (l)	Ratio (l/kW)
Motores principales	Motor 1					
	Motor 2					
	Motor 3					
Motores auxiliares	Motor 1					
	Motor 2					
	Motor 3					
	Motor 4					
Total						

(*): Para el cálculo de estos parámetros se deberá tener en cuenta que es la suma de ese parámetro en cada condición de navegación por el tiempo relativo en esa condición.

4 Ratios de operación

Ratios por marea		
Coste medio combustible	€/l	
Energía total consumida por capturas (Energía TOTAL producida por todos los motores/Cantidad de pescado capturado por marea en kg)	kWh/kg pescado	
Energía consumida en equipos y sistemas por capturas (Σ Energía total consumida por equipos para cada condición de navegación/Cantidad de pescado capturado por marea en kg)	kWh/kg pescado	
Combustible invertido por capturas (Consumo TOTAL de todos los motores por marea/Cantidad de pescado capturado por marea en kg)	l/kg pescado	
Energía consumida por marea (Energía TOTAL producida por todos los motores/Cantidad de tiempo empleado en una marea en horas)	kWh/horas de marea	
Energía consumida en equipos y sistemas por marea (Σ Energía total consumida por equipos para cada condición de navegación/Cantidad de tiempo empleado en una marea en horas)	kWh/horas de marea	
Combustible invertido por tiempo de marea (Consumo TOTAL de todos los motores por marea/Cantidad de tiempo empleado en una marea en horas)	l/horas de marea	
Combustible invertido por energía total generada (Consumo TOTAL de todos los motores por marea/Energía TOTAL producida por todos los motores)	l/kWh	
Gasto en combustible en una marea/gastos totales (Consumo TOTAL de todos los motores por marea/TOTAL de gastos por marea)	(%)	

5 Recomendaciones

Se incluirán las recomendaciones sobre las mejoras que deberían llevarse a cabo, tanto en el diseño como en el manejo de los distintos equipos, priorizando la implantación de las mismas en función de la dificultad de implantación así como de su repercusión energética y económica.

En caso de que una de las recomendaciones sea la sustitución del motor principal, se marcará como destacada esta opción y se indicará claramente la potencia recomendada para el nuevo motor. (Añadir tantas como sean necesarias).

Mejoras recomendadas relativas a una marea

	Inversión necesaria (€)	Ahorro energético (kWh/marea)	Ahorro combustible (l/marea)	Incremento costes de mantenimiento (€/marea)	Ahorro neto total (€/marea)	Amortización (mareas)
MEJORA Nº 1						
	DESCRIPCIÓN:					
MEJORA Nº 2						
	DESCRIPCIÓN:					
MEJORA Nº 3						
	DESCRIPCIÓN:					
MEJORA Nº 4						
	DESCRIPCIÓN:					

Bibliografía

- CASANOVA RIVAS, E. *Máquinas para la propulsión de buques*. Servicio de Publicacións da Universidade da Coruña. 2001.
- EL PALANGRERO HALIOS. *Infomarine Ship Report*. Diciembre 1998.
- MARTÍNEZ I. *Termodinámica básica y aplicada*. Editorial Dossat. 1992.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. *El Libro Blanco de la Pesca*. 2007.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. *Estadísticas Pesqueras*. Diciembre de 2008.
- NÚÑEZ BASÁÑEZ, J.F. *Apuntes sobre buques pesqueros*. ETSIN. Sección de Publicaciones. 1984.
- NÚÑEZ BASÁÑEZ, J.F. *Resultados obtenidos en arrastreros con hélices en tobera*. Apuntes sobre buques pesqueros. ETSIN. Sección de Publicaciones. 1984.
- PÉREZ SOBRINO, M., CALLEJÓN BAENA, J. L. *Comportamiento de un propulsor de paso controlable en diferentes condiciones de funcionamiento*. Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo. 1978.
- PIKE, D. *Fishing boats and their equipment* (3rd Edition). Fishing News Books. 1992.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. *Energy Efficiency and Renewable Energy. Technical Support Document. Energy Conservation Standards for Consumer Products*. Cooking Products. 1994.
- WILSON, J.D.K. *Medidas de ahorro de combustible y de costos para armadores de pequeñas embarcaciones pesqueras*. FAO. Documento Técnico de Pesca 383. 2005.
- YOSHIMURA, Y. *A Prospect of Sail-Assisted Fishing Boats*. Hokkaido University, Japan.
- ZARZA MOYA, E. *Desalinización de agua de mar mediante energías renovables*. Actas del I y II Seminario del Agua. Págs. 199-226. Instituto de Estudios Almerienses. 1997.

Títulos publicados de la serie
*Ahorro y Eficiencia Energética
en la Agricultura:*

Nº Especial: *Consumos Energéticos en las Operaciones Agrícolas en España.* 2005

Tríptico promocional: *Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura.* 2005

Nº 1: *Ahorro de Combustible en el Tractor Agrícola.* 2005

Nº 2: *Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío.* 2005

Nº 3: *Ahorro y Eficiencia Energética en Instalaciones Ganaderas.* 2005

Nº 4: *Ahorro, Eficiencia Energética y Sistemas de Laboreo Agrícola.* 2006

Nº 5: *Ahorro, Eficiencia Energética y Estructura de la Explotación Agrícola.* 2006

Nº 6: *Ahorro, Eficiencia Energética y Fertilización Nitrogenada.* 2007

Nº 7: *Ahorro y Eficiencia Energética en Invernaderos.* 2008

Nº 8: *Protocolo de Auditoría Energética en Invernaderos. Auditoría energética de un invernadero para cultivo de flor cortada en Mendigorriá.* 2008

Nº 9: *Ahorro y Eficiencia Energética en las Comunidades de Regantes.* 2008

Nº 10: *Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes.* 2008

Nº 11: *Ahorro y Eficiencia Energética en los Cultivos Energéticos y Agricultura.* 2009

Nº 12: *Ahorro y Eficiencia Energética con Agricultura de Conservación.* 2009

Nº 13: *Ahorro y Eficiencia Energética en Buques de Pesca.* 2009

IDAE Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía

c/ Madera, 8 - 28004 Madrid
Tel.: 91 456 49 00. Fax: 91 523 04 14
comunicacion@idae.es
www.idae.es



P.V.P.: 8 € (IVA incluido)