

**Egoitza Nagusia / Sede Central**

Txatxarramendi Ugarte z/g

E-48395 Sukarrieta - Bizkaia (Spain)

Tel.: +34 94 657 40 00 - Fax: +34 94 657 25 55

Parque Tecnológico de Bizkaia

Astondo bidea - Edificio 609

E-48160 Derio - Bizkaia (Spain)

Tel.: +34 94 657 40 00 - Fax: +34 94 657 25 55

Herrera Kaia - Portu aldea z/g

E-20110 Pasaia - Gipuzkoa (Spain)

Tel.: +34 94 657 40 00 - Fax: +34 94 657 25 55

[www.azti.es](http://www.azti.es)

[info@azti.es](mailto:info@azti.es)



# Herramienta para la gestión del consumo de energía a bordo mediante auditorías energéticas

## Informe Final para:

EUSKO JAURLARITZA - GOBIERNO VASCO, Ekonomiaren Garapen eta  
Lehiakortasun Saila - Departamento de Desarrollo Económico y  
Competitividad, Nekazaritza, Arrantza eta Eli. Politika sail - Vice. de  
Agricultura, Pesca y Políticas Alimentarias

**Pasaia, 11 de mayo de 2015**

<b>Tipo documento</b>	Informe Final
<b>Título documento</b>	Herramienta para la gestión del consumo de energía a bordo mediante auditorías energéticas
<b>Fecha</b>	11/05/2015
<b>Proyecto</b>	04-2014-00676 - AUDOIL: Herramienta para la gestión del consumo de energía a bordo mediante auditorías energéticas
<b>Código</b>	IM14AUDOIL
<b>Cliente</b>	EUSKO JAURLARITZA - GOBIERNO VASCO, Ekonomiaren Garapen eta Lehiakortasun Saila - Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad, Nekazaritza, Arrantza eta Eli. Politika saila - Vice. de Agricultura, Pesca y Políticas Alimentarias
<b>Equipo de proyecto</b>	<b>Gorka Gabiña</b>
<b>Responsable proyecto</b>	Cabezas Basurko, Oihane (E-Mail: ocabezas@azti.es)

---

<b>Revisado por</b>	Esteban Puente
<b>Fecha</b>	08/05/2015

---

<b>Aprobado por</b>	Esteban Puente
<b>Fecha</b>	08/05/2015

---

Si procede, este documento deberá ser citado del siguiente modo:  
Basurko OC y Gabiña G, 2015. Herramienta para la gestión del consumo de energía a bordo mediante auditorías energéticas (Informe Final). Elaborado por AZTI-Tecnalia para El Gobierno Vasco. Sukarrieta, p47.

## ÍNDICE

1. ANTECEDENTES .....	6
2. OBJETIVOS.....	7
3. INTRODUCCIÓN .....	10
4. MATERIAL Y MÉTODOS .....	13
4.1 Auditorías energéticas.....	13
4.1.1 Recogida y análisis de datos para las auditorías .....	15
4.1.2 Ejecutable .....	17
4.2 Caracterización energética de la flota vasca.....	17
4.2.1 Mediciones de emisiones de gases de escape (ruta y puerto) .....	18
4.2.2 Potencial de ahorro.....	18
5. RESULTADOS.....	20
5.1 Auditorías energéticas.....	20
5.2 Emisiones de los gases de escape de los buques .....	21
5.3 Herramienta informática .....	21
5.4 Eficiencia energética en la flota vasca .....	36
5.4.1 Consumo de combustible y potencial de ahorro.....	36
6. DISCUSIÓN.....	39
7. CONCLUSIONES.....	43
BIBLIOGRAFÍA .....	44
AGRADECIMIENTOS.....	45
ANEXO A – EJEMPLO INVENTARIO .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Cronograma .....	9
<b>Tabla 2.</b> Información básica sobre buques auditados .....	15
<b>Tabla 3.</b> Ejemplo de la tabla de emisiones de gases de escape de los buques auditados: en ruta y en puerto (a presentar completo en el informe final completo).....	21
<b>Tabla 4.</b> Precio de combustible en los puertos vascos .....	36
<b>Tabla 5.</b> Índices de eficiencia energética de la flota pesquera vasca (L combustible / Tn desembarco) .....	37
<b>Tabla 6.</b> Consumo de combustible media por modalidad de pesca (en litros/año) .....	38
<b>Tabla 7.</b> Ejemplo de la lista del inventario a rellenar .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Herramienta informática: Ventana 1 - Información del buque .....	23
<b>Figura 2.</b> Herramienta informática: Ventana 2 - Patrones de operación y energético.....	24
<b>Figura 3.</b> Herramienta informática: Ventana 3 - Patrones por actividad.....	25
<b>Figura 4.</b> Herramienta informática: Ventana 4 - Consumo eléctrico .....	26
<b>Figura 5.</b> Herramienta informática: Ventana 4 – Consumo eléctrico (Sistema de Frio).....	28
<b>Figura 6.</b> Herramienta informática: Ventana 4 (Maquinaria necesaria para navegar).....	28
<b>Figura 7.</b> Herramienta informática: Ventana 4 (Maquinaria auxiliar de pesca) .....	29
<b>Figura 8.</b> Herramienta informática: Ventana 4 (Maquinaria auxiliar adicional) .....	30
<b>Figura 9.</b> Herramienta informática: Ventana 4 (Iluminación) .....	31
<b>Figura 10.</b> Herramienta informática: Ventana 4 (Habitabilidad) .....	32
<b>Figura 11.</b> Herramienta informática: Ventana 5 - Emisiones .....	33

<b>Figura 12.</b> Herramienta informática: Ventana 6 - Cálculo mejoras .....	34
<b>Figura 13.</b> Herramienta informática: Ventana 7 - Consideraciones .....	35

## 1. ANTECEDENTES

Hasta la fecha se han llevado a cabo numerosas acciones con el fin de reducir el consumo de gasóleo de la pesca extractiva; algunas de ellas con importantes resultados de éxito, otras muchas, en cambio, sin llegar a cumplir las expectativas inicialmente marcadas. El realizar una auditoría energética previa a la implantación de cualquier acción de mejora resulta ser una garantía de éxito. Existe constancia de la importancia de dichas auditorías en el sector vasco que han ayudado tener ahorros del 10-25% en los buques auditados. Ejemplo de ello es el testimonio de un patrón y armador de uno de los buques auditados, que viene recogido en el video: (<http://www.youtube.com/watch?v=YpaAD8BhK4E>).

A pesar del éxito conseguido por algunas embarcaciones gracias del desarrollo e instalación de equipos de monitorización y medición del consumo de combustible (GESTOIL, SIMUL) a bordo y otras iniciativas como las auditorías energéticas, la eficiencia energética no acaba de ser implantada de manera general en el sector. Dada la importancia de reducir el costo del combustible de los buques, el Gobierno Vasco solicitó a AZTI que presentara un proyecto para la convocatoria de ayudas FEP para impulsar el tema de las auditorías. El presente proyecto responde a dicha necesidad.

La oferta inicial aprobada tenía de duración de año y medio. Pero por exigencia del cliente se ha tenido que reducir la duración del proyecto en medio año, para tenerlo finalizarlo para el 30 de junio del 2015.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal es el desarrollar una herramienta informática para gestionar el consumo energético del buque, desde tierra o desde un ordenador a bordo, que permita: (1) visualizar los resultados de una auditoría energética, como son el patrón de actividad, consumo de energía del motor principal y auxiliares y los de principales equipos consumidores en general y para cada actividad a bordo (navegando, pescando y en puerto), curva de consumo del motor principal y huella de carbono del buque; (2) evaluar el potencial de ahorro de una posible medida de eficiencia energética que el armador esté interesado en probar antes de que se sea implantada a bordo.

Así pues, el armador y/o patrón tendrá en todo momento el consumo de energía del buque por cada actividad, y podrá modificar y gestionar su patrón operativo, así como llevar a cabo el cambio o la modificación de algún equipo o componente energéticamente ineficiente, en función de su conveniencia, con el objeto final de reducir el consumo energético. La información proporcionada, permitirá optimizar el uso de combustible a bordo de los buques auditados de tal manera que ayude a la flota a ser más competitiva al ser menos dependiente del combustible y poder así posicionarse mejor para afrontar los retos que las nuevas políticas pesqueras.

Este proyecto se engloba dentro del apartado dirigido a la experimentación de las mejores técnicas tendentes a reducir el consumo de energía de buques, motores, equipos o artes de pesca, así como las emisiones y a contribuir a la lucha contra el cambio climático.

Los objetivos específicos científico-tecnológicos se desglosan a continuación:

1. Realizar 5 auditorías energéticas que proporcionarán una base de datos para validar la herramienta. Las auditorías proporcionarán un diagnóstico ambiental y plantearán medidas para minimizar la dependencia del combustible. Además

servirán de precedente y ejemplo para otros buques de los mismos segmentos que quieran reducir su consumo.

2. Evaluar el potencial de ahorro de combustible de la flota de artesanal, cacea, cerco cebo vivo, palangre y arrastre del País Vasco.
3. Conocer en detalle el patrón operativo y energético de los segmentos seleccionados en este proyecto para tener una buena caracterización de la flota vasca.
4. Proporcionar un informe a cada buque que detalle los resultados de la auditoría.
5. Preparar un programa ejecutable de gestión energética a bordo para cada armador para que sea instalado en un ordenador para su uso.
6. Completar el informe final
7. Divulgar entre el sector, foros sectoriales y la comunidad científica los resultados obtenidos en este proyecto para facilitar futuras auditorías en el sector y aumentar la implantación de medidas de eficiencia energética que ayuden a reducir la dependencia del combustible y a reducir la huella de carbono de la flota.
8. Dar a conocer nacional e internacionalmente el interés e implicación de nuestra flota así como del Gobierno Vasco en la eficiencia energética y la protección del medio ambiente, y que sea un referente de liderazgo para otras flotas pesqueras en dichos temas.

A continuación se muestra el cronograma estimado del proyecto (Tabla 1):



**Tabla 1** Cronograma

	2014				2015			
	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4
Tarea 1.1								
Tarea 1.2								
Tarea 1.3								
Tarea 2.1								
Tarea 2.2								
Tarea 2.3								
Tarea 3.1								
Tarea 3.2								
Tarea 3.3								
Tarea 4.1								
Tarea 4.2								
Tarea 4.3								
Tarea 4.4								
Tarea 4.5								
Tarea 5.1								
Tarea 5.2								

### 3. INTRODUCCIÓN

La actividad pesquera es altamente dependiente del combustible, es por ello por lo que un incremento en el precio del mismo, tal y como viene sucediendo durante los últimos años, compromete de manera importante su sostenibilidad. En el 2014 se pagó por el combustible del orden de tres veces más que hace una década. Así de los 0,27 €/L registrados en 2004, se ha llegado a alcanzar los 0,61 €/L (2014), y todos los indicios apuntan a que los precios seguirán al alza en el futuro a pesar de la reducción producida en el 2015.

El combustible es esencial para la actividad pesquera industrial. Concretamente, la flota pesquera vasca se ha caracterizado principalmente por buque que navegan y realizan grandes rutas en la búsqueda de caladeros y zonas de pesca; y emplean artes menores, y realizan trayectos relativamente cortos, pero con una frecuencia suficiente como para ser altamente dependientes del gasóleo. Como resultado, el combustible puede llegar a representar aproximadamente el 40 - 50 % de los costos anuales de un buque, en función del segmento de flota [1]. Además, las cada vez más restrictivas TACs (capturas admisibles totales) que impone Europa, así como la incertidumbre del precio del pescado en lonja, hacen que el sector pesquero esté afrontando retos de gran calado para asegurar su supervivencia.

La pesca mundial representa el 1,2 % del consumo de combustible global, y esto hace que se emitan 134 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmosfera anualmente [2]. Es cierto que en el caso de los buques pesqueros, las emisiones de gases de efecto invernadero todavía no están reguladas, pero es previsible que su reducción sea una exigencia en un futuro próximo. Así pues, el sector pesquero debe ser proactivo y presentar una estrategia consistente para combatir todos estos retos, y en este contexto, las auditorías energéticas constituyen una pieza clave.

Una auditoría energética es un proceso que sirve para obtener una radiografía detallada de los flujos de energía de un buque pesquero, y plantear medida que ayuden a conseguir un ahorro energético, económico y ambiental. Son flexibles y permiten analizar el patrón de actividad del buque, midiendo el tiempo empleado y

la energía consumida en el viaje a la zona de pesca, durante las actividades de faena y durante su estancia en puertos.

La auditoría permite obtener los patrones de consumo del motor principal, motores auxiliares y consumidores de energía más destacados, entendiendo como auxiliares a los que generan electricidad y accionan sistemas hidráulicos, y como consumidores de energía a los sistemas frigoríficos, bombas de trasiego, sistema de iluminación y maquinaria de pesca.

En las auditorías llevadas a cabo por AZTI, se ha observado que en los buques de pesca, más del 80 % del gasto total de combustible del buque corresponde al consumo del motor principal o de propulsión [1]. Además, ha quedado constancia de que debido a largos desplazamientos a velocidades altas, donde la potencia demandada y el consumo son elevados, el patrón de consumos es claramente dependiente de los períodos de navegación en ruta, como en el caso del cerco-cebo vivo que el consumo en ruta del motor principal representa casi el 83% del consumo anual del buque; al contrario que en cacea, en el que el consumo del motor principal en pesca representa el 60% [1]. Este comentario es un claro ejemplo de la importancia de detallar minuciosamente el patrón operativo del buque para poder plantear acciones de mejora exitosas.

Tras varios años de análisis por parte de AZTI, tanto la eficacia de la monitorización y gestión de energía a bordo como las auditorías energéticas están demostradas. El tener acceso desde tierra al registro de datos energéticos ha pasado de ser un plus a ser codiciado por el armador para tener un mayor control sobre el funcionamiento del buque (conversación personal con armador de buque de pesca de altura).

En los últimos años, el precio de venta de pescado se ha caracterizado por su estancamiento y los cupos de captura de las especies son cada vez más limitados con el fin de evitar la sobre explotación de algunas especies. El consumidor es cada vez más exigente a la hora de apostar por un producto u otro. Con lo que un producto, como es el pescado, que vea reducida su huella de carbono podría verse favorecido en los mercados en los próximos años.

En definitiva, lograr reducir la dependencia del gasóleo de las unidades pesqueras será fundamental para garantizar el futuro de nuestra flota, así como la sostenibilidad ambiental de la actividad. Una reducción de las emisiones y huella de carbono de la operativa de pesca podrá jugar un papel importante, ya no solo a nivel legislativo, sino a nivel de estrategia empresarial, que permitirá impulsar nuevas acciones comerciales con productos eco-certificados que mejoren las expectativas de venta de cada empresa pesquera.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1 Auditorías energéticas

En España, las auditorías energéticas están reguladas mediante la norma UNE 216501. Existen diversos estudios que han desarrollado una metodología concreta para llevar a cabo auditorías energéticas a bordo de buques pesqueros [1, 3]. A la hora de hacer las auditorías, se ha aplicado la metodología descrita por los autores en un trabajo previo [1]. Dicha metodología adapta el contenido de la norma al caso de los buques pesqueros, y considera las peculiaridades de este sector. En base a ello, se han seguido los siguientes doce pasos para la realización de las auditorías:

- (1) definir el alcance de la auditoría junto con el armador
- (2) reunirse con el armador, el patrón y el maquinista para explicarles el proceso de la auditoría energética
- (3) visitar el buque para conocer el medio a auditar
- (4) enviar por escrito lo pactado al armador
- (5) reconfirmar las condiciones y alcance de la auditoría
- (6) enviar un cuestionario al armador, solicitando información general sobre el buque, que incluya la factura anual del combustible, precio y características del gasóleo, y detalle de las capturas (especies objetivo y toneladas)
- (7) recibir el cuestionario con los datos solicitados
- (8) instalar los equipos de medida

(9) recoger los datos registrados por los distintos equipos de medición por los distintos equipos de medición y los obtenidos mediante entrevistas al maquinista/patrón

(10) analizar los datos; (11) formular medidas de eficiencia energética

(12) presentar los resultados al armador en un informe final.

Se han auditado energéticamente 5 buques tipo, representativos de los principales artes de pesca presentes en la flota pesquera vasca: un buque que faena al arrastre del litoral “baka”, uno que opera al cerco-cebo vivo, uno de palangre, uno de cacea, y uno de artes menores. En total, se han estudiado 6 artes de pesca diferentes. La selección de los buques ha estado influenciada por la presencia de equipos de monitorización a bordo [4]. Se han elegido buques que disponen de los equipos SIMUL y GESTOIL. La Tabla 2 describe las características principales de dichos buques.

El alcance técnico de la auditoría y el tiempo invertido en ella son variables. El proceso puede oscilar entre 2 y 6 meses dependiendo de la variabilidad del tiempo invertido en la mar (mareas) y la necesidad de obtener datos representativos de la operación del buque [1]. Debido a la limitación derivada de la disponibilidad de los buques para instalar los equipos de medición y toma de datos, los datos recogidos para las auditorías dependerán de cada caso. Con tal de abarcar la mayoría de la casuística que se puede dar en las mareas de cada costera, los resultados finales de las auditorías se entregarán en un informe final más detallado.

Así mismo, dado que la duración del proyecto va desde otoño a primavera, las costeras de verano, como la de túnidos mediante caña y cacea, no se podrán estudiar y serán excluidas de los resultados de las auditorías.

**Tabla 2** Información básica sobre buques auditados

Buque	Madari	Gaztelugatxeko doniene	Arlanpi	Agustin deuna	Mar Mares
Puerto base	Armintza	Pasaia	Ondarroa	Getaria	Ondarroa
Sector	Artes menores	Artes Menores, Bajura	Altura	Bajura	Altura
Artes	Líneas verticales; Cacea; “Piedra-bola” palangre en cala	Líneas verticales; Cacea; enmalle	Líneas verticales; Palangre de fondo	Cerco; caña	Arrastre
Arte estudiado en AUDOIL	Líneas verticales; “Piedra-bola” palangre en cala	Líneas verticales; enmalle	Palangre	Cerco	Arrastre
Período costera		Primavera, Otoño	Otoño	Primavera, Otoño	Todo el año (excl. Julio -Agosto)
Sistema monitorización	SIMUL	SIMUL	SIMUL	SIMUL	GESTOIL
Arqueo (TRB)	8,49	41,46	65,07	149,50	251
Arqueo (GT)	7,09	51,92	79,10	226,00	409,1
Eslora PP (m)	10,00	15,00	18,00	36,20	32
Potencia instalada (CV)	60,00	200,00	365,00	1100,00	964,00
Año construcción	2006	2000	2000	2002	2003

#### 4.1.1 Recogida y análisis de datos para las auditorías

El registro de los datos necesarios para hacer las auditorías ha provenido de tres fuentes diferentes. Para los datos referentes al funcionamiento de los motores principales, se ha instalado un prototipo SIMUL en cada buque; para más información consultar el informe de Gabiña et al. [4]. Este prototipo es un equipo que simula el consumo instantáneo del motor principal, en base a mediciones de las velocidades del motor principal (RPM) y buque (nudos), y posicionamiento. Para ello, se instala un GPS para proporcionar datos sobre el posicionamiento de la embarcación en cada momento, un torsiómetro para la detección de los RPMs. Durante la instalación del prototipo, se han realizado pruebas de mar en el que se mide el consumo de combustible real de diferentes puntos operacionales del motor

mediante un sistema portátil desarrollado por los autores que incluye un set de caudalímetros. Mediante el análisis de datos de todos estos registros, se determina la curva de consumo (curvas polinómicas de tercer orden) del motor principal que se utiliza en el simulador. El prototipo SIMUL registra con una frecuencia de 10Hz y los envía a un servidor de AZTI para su posterior tratamiento. La única excepción ha sido el buque Mar Mares que dispone de un GESTOIL en lugar del SIMUL como equipo medidor del consumo de combustible del motor principal. Además de ser un equipo mucho más completo que el SIMUL, la principal diferencia recae en el uso de caudalímetros para la determinación del consumo, en vez de una simulación. Por tanto, los datos de consumo son más precisos con el GESTOIL.

El consumo y demanda de energía de los motores auxiliares han sido medidos mediante un analizador de redes trifásico, FLUKE 435, que se ha instalado a bordo de los buques durante diferentes mareas. En caso de que no se ha podido instalar el analizador de redes se ha hecho una estimación del consumo y demanda basada en la entrevista realizada al armador.

Paralelamente, se ha realizado un inventario de la maquinaria o consumidores eléctricos de a bordo. Por tanto, los datos sobre los consumidores principales e información general sobre la actividad de la embarcación han sido recogidos mediante entrevistas realizadas al patrón o armador del buque a auditar. En dichas entrevistas se ha completado el listado de equipos consumidores presentes en el buque, su potencia nominal y el uso que se le da durante el año. A modo de ejemplo se presenta en el Anexo A una ficha que se ha utilizado para recoger información de los equipos consumidores del buque artesanal estudiado.

Los datos registrados tanto por los SIMUL/GESTOIL como los consumos de los motores auxiliares y principales consumidores han sido analizados matemáticamente para determinar: los patrones de actividad y energía del buque, curva de consumo del motor principal, y consumos específicos de los motores auxiliares.



### 4.1.2 Ejecutable

Se ha utilizado el software LabVIEW de National Instruments para programar las herramientas informáticas, que simulan el consumo del buque y la huella de carbono actual del buque, y permite calcular el ahorro económico, energético y ambiental de posibles medidas de ahorro que se quieran implantar a bordo.

## 4.2 Caracterización energética de la flota vasca

El índice de eficiencia energética (también llamado “indicador de uso de combustible” en la literatura) de los buques de pesca se calcula usualmente mediante la división entre litros de combustible y tonelada de la captura desembarcada. Este indicador proporciona una buena indicación del estado de cada flota, respecto a una especie concreta o en su totalidad, si se compara con la literatura científica.

Para determinar la eficiencia energética de la flota vasca, se ha estudiado los segmentos de arrastre, cerco-cebo vivo y los artesanales. Los datos de desembarco se han conseguido de la bases de datos de pesquerías de AZTI [5]; los de consumo de combustible en cambio, de la serie de datos recogidos por AZTI para el Gobierno Vasca durante más de 15 años. Para ello se solicitaba a la flota que entregaran estos datos voluntariamente. Los datos de combustible incluyen información del costo del combustible anual por buque (€/año) y/o consumo de combustible (litros/año). Para los casos que únicamente se dispuso del costo de combustible y no de los litros, se ha estimado el precio del combustible (€/litro) a partir de los casos que tuviera ambas entradas. Con la media del precio de combustible anual, se ha calculado finalmente los litros de combustible por buque y año. Así mismo, se ha completado la serie del precio de combustible, con los datos proporcionado por diversos armadores de bajura y altura de la CAPV para el período 2007-2015.

Solo se han podido obtener datos para el período 2001-2009 para altura y bajura, mientras para los artesanales la serie ha sido limitada a los años 2008-2009.

#### **4.2.1 Mediciones de emisiones de gases de escape (ruta y puerto)**

Paralelamente al registro del consumo de combustible, también se han medido los gases de escape del buque mediante el equipo TESTO 350XL MARITIME. Las mediciones de las emisiones se han tomado en ruta durante las pruebas de mar realizadas durante la instalación de los prototipos SIMUL o posteriormente durante embarques de mareas concretas. Para ver la contribución de las emisiones en puerto, las emisiones se han medido de la misma manera pero cuando el buque estaba en puerto.

El protocolo seguido para la medición de emisiones ha sido la siguiente: para estimar las emisiones en ruta se han seleccionado 5 puntos operacionales (o regímenes) del motor principal que permiten tener una buena representatividad del rango de velocidad del motor. Las emisiones se monitorizan durante 10 minutos por cada punto operacional, registrando datos con una frecuencia de 10 mientras que el buque mantiene el mismo rumbo en cada trayecto y navega a los regímenes de motor seleccionados. El cambio entre puntos de medida se realiza una vez que el consumo se estabiliza, y de manera ascendente en el trayecto de ida y descendente en el de vuelta. Con los datos registrados se han estimado los promedios para cada punto operacional.

En cuanto a la medición de las emisiones en puerto, las emisiones están relacionadas al uso de los motores auxiliares de puerto, ya que el motor principal suele estar apagado. Para su medición, al igual que en ruta, la monitorización de las emisiones ha comenzado una vez que el consumo de combustible se estabiliza. Se ha monitorizado la emisión durante 10 minutos, registrando datos con una frecuencia de 10 Hz.

#### **4.2.2 Potencial de ahorro**

Para la definición del potencial de ahorro energético de la flota pesquera se han tenido en cuenta diversas variables como: el consumo medio de cada buque tipo, el potencial de ahorro de las medidas, la aceptación por parte del armador, el período de retorno de la inversión y la reducción de la huella de carbono.

Debido a que los datos de las auditorias están todavía siendo analizados, el potencial de ahorro de los buques y segmento de flota serán presentados en el informe final completo.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Auditorías energéticas

Los datos recogidos para la realización de las auditorías energéticas están actualmente siendo tratados con lo que no se podrá todavía presentar los resultados de las auditorías. A modo de adelanto, se presentan los resultados que se esperan conseguir para cada sección. Los resultados de las auditorias vendrán incluidos en el informe final completo que se entregará durante el 2015.

Las auditorías energéticas de cada buque auditado presentarán 3 resultados: 1) el patrón operativo del buque; 2) demanda eléctrica del buque; y 3) una lista de posibles medidas de ahorro.

El patrón operativo de cada buque incluirá un histograma que representará la dedicación del buque a cada rango de RPMs que el buque opera durante una marea. Para ellos se definirán diferentes rangos, uno cada 100 RPMs del motor. Así mismo se presentará la curva de consumo o la polinómica del motor principal.

En cuanto a la demanda eléctrica, el apartado de resultados incluirá un gráfico en forma de queso que representará el porcentaje de consumo de cada grupo consumidor. El consumo específico de los motores auxiliares también vendrá detallado en esta sección.

La lista de posibles medidas de ahorro será presentado teniendo en cuenta el patrón operativo y energético, el potencial de ahorro de las medidas, el coste de la inversión inicial asociado a esa medida y la aceptación del armador.

## 5.2 Emisiones de los gases de escape de los buques

Los datos de las emisiones de los buques en ruta y puerto también están siendo analizados. Los resultados se presentarán en el informe final completo en formato de tabla (Tabla 3).

**Tabla 3** Ejemplo de la tabla de emisiones de gases de escape de los buques auditados: en ruta y en puerto (a presentar completo en el informe final completo)

Emisión contaminante	Buque 1		Buque 2		Buque 3		Buque 4		Buque 5	
	ruta	puerto	ruta	puerto	ruta	puerto	ruta	puerto	ruta	puerto
CO (ppm)										
CO <sub>2</sub> (%)										
NO <sub>x</sub> (ppm)										
SO <sub>2</sub> (ppm)										
Partículas										

## 5.3 Herramienta informática

El ejecutable pretende ser una herramienta de consulta destinada al armador. En él se presentan los resultados de la auditoria y existe la posibilidad de estimar la mejora en relación al consumo de combustible de una posible medida a implantar a bordo, antes de realizar cualquiera inversión. Esta información proporcionará al armador un buen criterio para utilizar en la toma de decisiones.

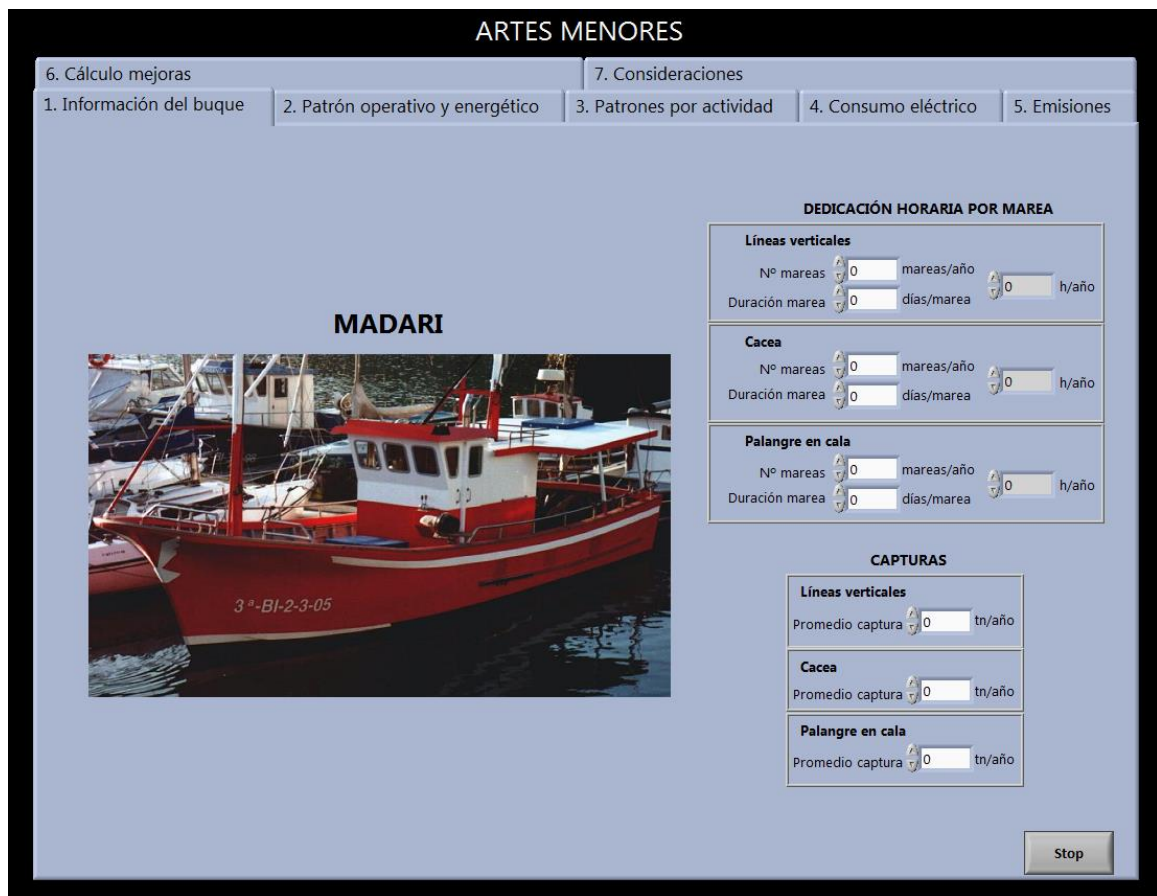
Aunque los datos de la actividad del buque y los resultados de la auditoría estén introducidos en la herramienta, existen variables que pueden ser modificados por el usuario. Por tanto, se ha intentado diseñarla de una manera amigable para que su uso sea lo más fácil e intuitivo posible.

Cada herramienta informática está estructurada en 7 ventanas:

1. Información del buque
2. Patrón operativo y energético
3. Patrones por actividad
4. Consumo eléctrico
5. Emisiones
6. Cálculos de mejoras
7. Consideraciones

A continuación se detallan la información existente en cada una de estas ventanas, junto con sus imágenes para el caso del buque del sector artesanal. Por temas de confidencialidad, todos los valores se han puesto en 0.

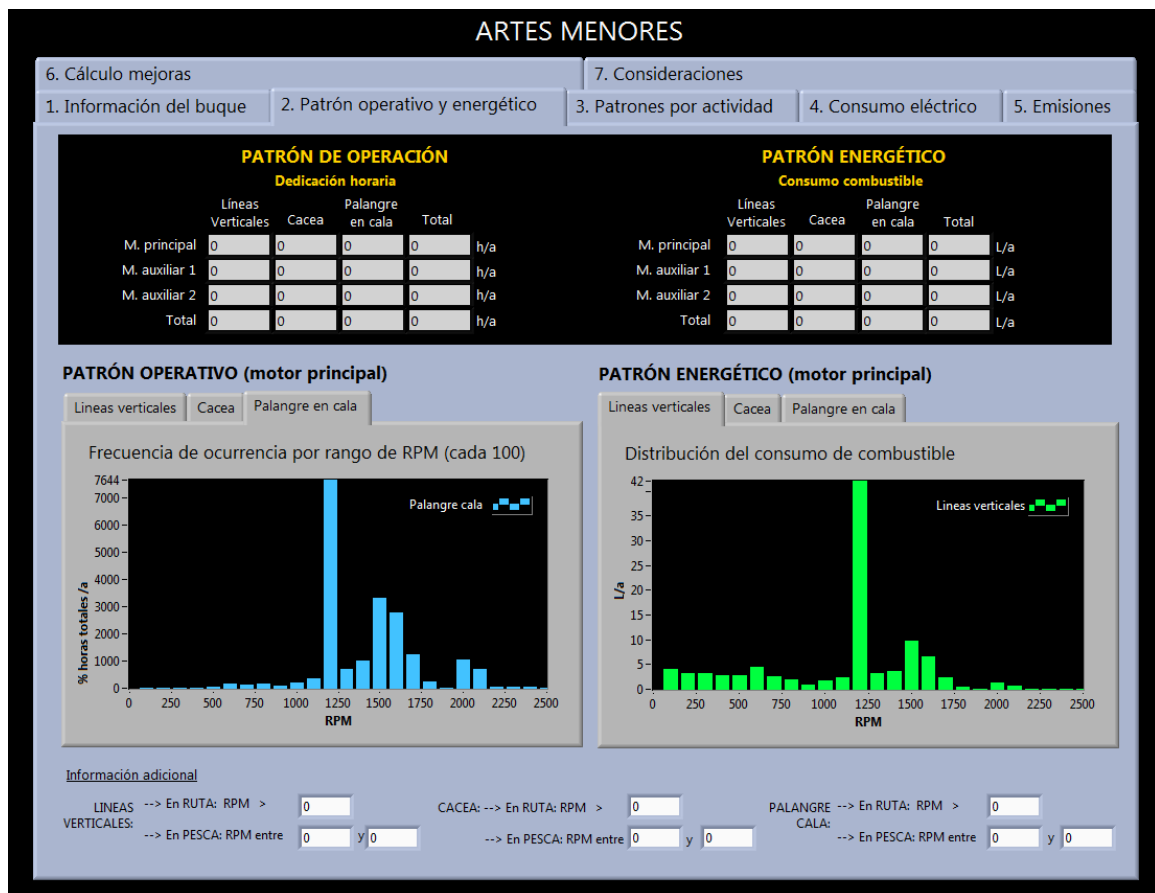
La Figura 1 muestra la imagen de la pantalla principal de la herramienta. En ella se detalla la información general del buque como la dedicación que el buque dedica a las diferentes modalidades de pesca en un año. Esto incluye el número de mareas que realiza por modalidad, la duración media de las mareas por modalidad. Así mismo se define las capturas medias obtenidas por año por cada modalidad. Este dato en concreto servirá para calcular el índice de eficiencia energética del buque ( $\text{kg combustible} / \text{tn captura}$ ) que está relacionado con la huella de carbono, presentes en la ventana 7.



**Figura 1** Herramienta informática: Ventana 1 - Información del buque

La segunda ventana (Figura 2) muestra el patrón operativo y energético del buque. Aquí se detallan por un lado la dedicación horaria (h/año) de cada motor a bordo (el principal y los auxiliares) por cada modalidad de pesca; y por otro el consumo de combustible (litros/año) de cada motor y por modalidad de pesca.

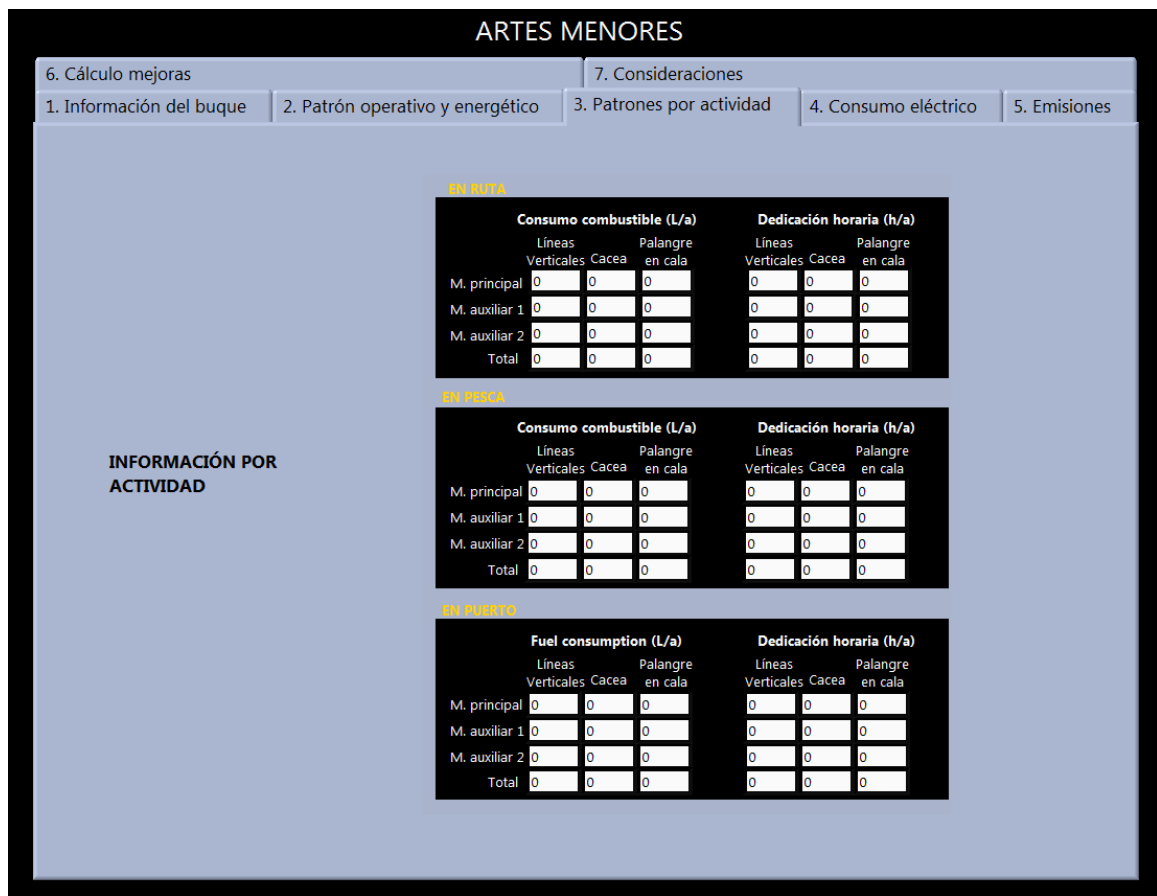
Los patrones de operación y energía vienen complementados por unos histogramas que presentan los datos de actividad y consumo en función de un rango de RPMs, que son cada 100 RPMs. De esta manera es posible ver que rango presenta la mayor actividad o consumo y viceversa. Por último también viene información sobre los RPM habituales durante la ruta y pesca por cada modalidad.



**Figura 2** Herramienta informática: Ventana 2 - Patrones de operación y energético

La misma idea de la Ventana 2 (Figura 2) viene presentada en la Ventana 3 Patrones por actividad (Figura 3). Aquí la dedicación horaria y el consumo viene especificado por actividad realizada por el buque: en ruta, pescando y en puerto.





**Figura 3** Herramienta informática: Ventana 3 - Patrones por actividad

La Ventana 4 de la herramienta está enfocada en el consumo de electricidad de los equipos consumidores de energía del buque. Se ha seguido la clasificación presentada en [1]. De esta manera los consumidores vienen clasificados en 6 grupos principales que son:

- Sistemas de frío
- Maquinaria necesaria para navegar
- Maquinaria auxiliar de pesca
- Maquinaria auxiliar adicional
- Iluminación
- Habitabilidad

El usuario puede acceder a los equipos consumidores pinchando en los iconos azules de cada grupo de consumidores. Una vez seleccionado un grupo se abrirá la ventana

específica de ese grupo consumidor y el usuario podrá modificar los valores de los equipos. Los resultados del consumo de los consumidores vienen detallados en el recuadro negro. Una vez finalizado cualquier cambio, los resultados modificados se incorporarán/actualizarán en el recuadro negro. Los resultados se muestran en kWh/año, y su equivalente de consumo de combustible anual (Litros/año). Se presentan los resultados por modalidad de pesca.

**ARTES MENORES**

6. Cálculo mejoras      7. Consideraciones

1. Información del buque    2. Patrón operativo y energético    3. Patrones por actividad    4. Consumo eléctrico    5. Emisiones

**CONSUMIDORES DE ELECTRICIDAD**

Rellenar

Ir a maquinaria/equipos a bordo

PALANGRE DE CALA

LINEAS VERTICALES      CACEA

Maqu. auxiliar de pesca	Maqu. auxiliar adicional
Habitabilidad	Maquinaria navegación
Sistema de Frio	Iluminación

	Por arte		Total consumidores
Lineas verticales	0	kWh/año	0 kWh/a
Cace	0	kWh/año	0 L/a
Palangre en cala	0	kWh/año	0 €/a

	% cada grupo consumidor y por arte pesca		
	Lineas Verticales	Cace	Palangre en cala
Maquinaria aux. pesca	0	0	0
Habitabilidad	0	0	0
Sistema de Frio	0	0	0
Maquinaria auxiliar	0	0	0
Maquinaria navegación	0	0	0
Iluminación	0	0	0
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**Figura 4** Herramienta informática: Ventana 4 - Consumo eléctrico

Las Figuras 4-10 muestran la imagen de los grupos de consumidores de energía específicos para el arte de palangre en cala. Cada una de ellas contiene información sobre el equipo en sí como potencia unitaria, número de unidades presentes en el

buque, así como el tiempo de uso de esa maquinaria durante un año. Como resultado le herramienta calcula su consumo eléctrico (kWh/a).

Como ejemplo de un buque artesanal que opera a palangre en cala, estos serían los equipos consumidores: el sistema de frío incluye los compresores de las maquinas de hielo, neveras, etc, y las bombas de agua necesarias para dichas maquinas (Figura 5). El grupo de la maquinaria necesaria para navegar contempla aquella maquinaria relacionada con el uso del gasoil, agua, aceite y otros como pueden ser las bombas de trasiego de gasoil y aceite, la depuradora de gasoil, bombas de aspiración de agua salada y dulce para refrigeración, compresores de aire, hélices transversales (Figura 6). En el grupo de la maquinaria auxiliar de pesca entran todas aquellas maquinarias utilizadas durante la pesca como las gruas y haladores (Figura 7). La maquinaria auxiliar adicional engloba aquellos que no entran en ningun otra clasificación. Estos son ventiladores, grupos hidróforos, bombas adicionales como las de depuración de lodos, achique, sanitarios, baldeo, sanitarios, etc. (Figura 8). El consumo de la iluminación está dividida entre la luminaria instalada en el exterior, salas de maquinas y en el resto del interior del buque (Figura 9). Por último el grupo habitabilidad contempla consumidores relacionados con la cocina y el resto del buque (Figura 10).

Además de los equipos consumidores, la herramienta también se incluye las emisiones que el buque emite a la atmosfera como resultado de su actividad en alta mar y en puertos (Figura 11). A partir de las emisiones, se calcula la huella de carbono del buque por modalidad de pesca y en general.

La ventana 6 de la herramienta incluye el cálculo de un posible ejemplo de mejora relacionada con la reducción de velocidad del buque (Figura 12). En el se presenta la curva de consumo del motor principal sacada de las pruebas de mar. Y da posibilidad al usuario a ver el posible ahorro que podría suponer la reducción de velocidad como puede ser en la navegación hacia los caladeros.

Por último se incluye una ventana que incorpora las consideraciones adoptadas en la herramienta. Estos son el consumo específico de los motores auxiliares, el precio del combustible y la densidad del combustible (Figura 13).

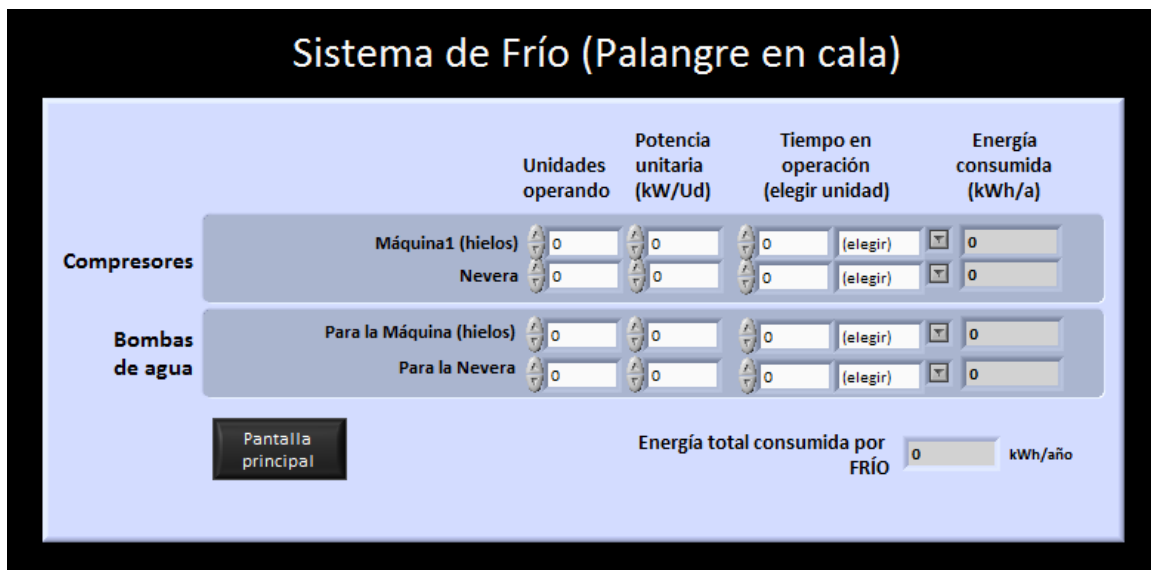


Figura 5 Herramienta informática: Ventana 4 – Consumo eléctrico (Sistema de Frío)

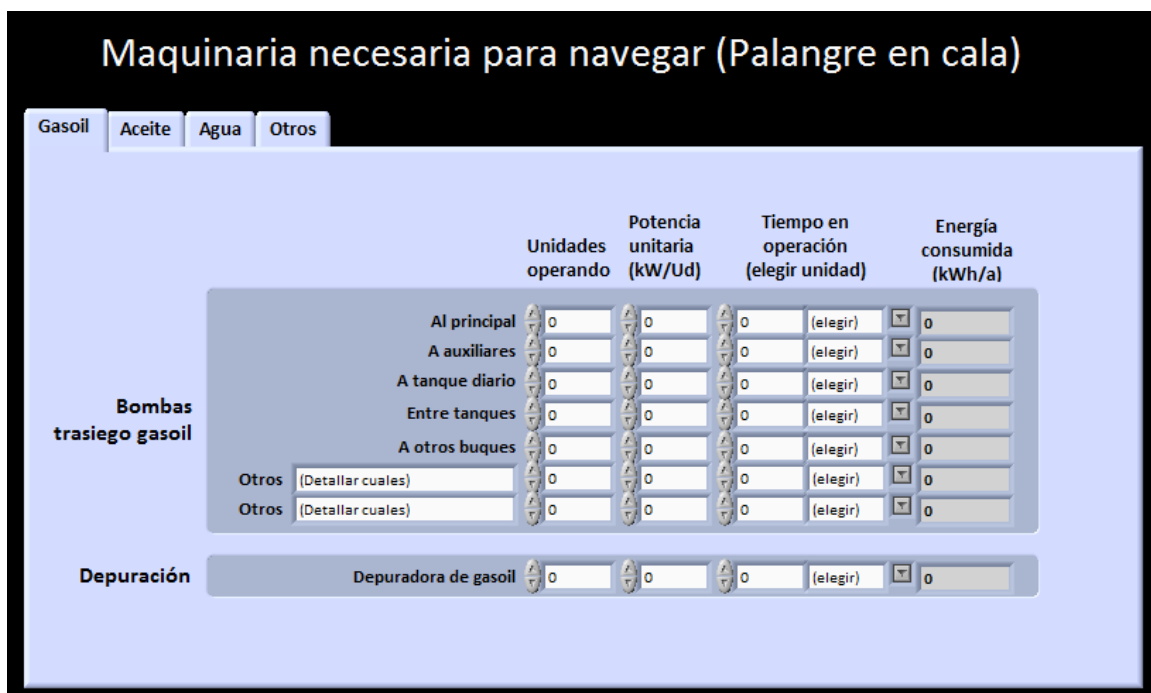


Figura 6 Herramienta informática: Ventana 4 (Maquinaria necesaria para navegar)

### Maquinaria Auxiliar de Pesca (Palangre cala)

	Accionamiento	Unidades operando	Potencia unitaria (kW/Ud)	Tiempo en operación (elegir unidad)	Energía consumida (kWh/a)
Grúa 1	(elegir) ▼	0	0	0	0
Grúa 2	(elegir) ▼	0	0	0	0
Haladores de verdel	(elegir) ▼	0	0	0	0
Halador palangre	(elegir) ▼	0	0	0	0
Haladores de bonito	(elegir) ▼	0	0	0	0

Pantalla principal

Energía total consumida por Maquinaria auxiliar de PESCA  kWh/año

**Figura 7** Herramienta informática: Ventana 4 (Maquinaria auxiliar de pesca)

### Maquinaria auxiliar adicional (Palangre en cala)

		Unidades operando	Potencia unitaria (kW/Ud)	Tiempo en operación (elegir unidad)	Energía consumida (kWh)
<b>Ventiladores</b>	Ventilador1	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Ventilador2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Ventilador3	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Ventilador4	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
<b>Agua salada y dulce</b>	Grupo hidróforo de agua salada^	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Grupo hidróforo de agua dulce^	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba de agua para depuradora	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba de baja para desalinizadoras	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba de alta para desalinizadora1	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
<b>Depuración</b>	Bomba de alta para desalinizadora2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba vaciado de lodos	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba sumideros	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
<b>Bombas adicionales</b>	Bomba separador de sentinas	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba achique 1	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba achique2	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba baldeo 1("caballo")	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba baldeo 2("caballo")	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba contra incendios	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba sanitarios*1 (de retorno)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba sanitarios*2 (de descarga)	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
<b>Herramientas</b>	Bomba de limpieza - agua pulverizada	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Bomba pilotaje	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
<b>Otros</b>	Taladro	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Amoladora	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Otros <input type="text" value="(Detallar cuales)"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>
	Otros <input type="text" value="(Detallar cuales)"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> (elegir) ▼	<input type="text" value="0"/>

Energía total consumida por MAQUINARIA AUXILIAR (kWh)  kWh/año

**Pantalla principal**

Figura 8 Herramienta informática: Ventana 4 (Maquinaria auxiliar adicional)



### Habitabilidad (Palangre en cala)

	Unidades operando	Potencia unitaria (kW/Ud)	Tiempo en operación (elegir unidad)	Energía consumida (kWh/a)
<b>Cocina</b>	Placas	0	0	(elegir) 0
	Horno	0	0	(elegir) 0
	Freidora	0	0	(elegir) 0
	Microondas/Panificador	0	0	(elegir) 0
	Frigo / nevera (arcón)	0	0	(elegir) 0
<b>Otros</b>	Radio	0	0	(elegir) 0
	TV	0	0	(elegir) 0
	Lavadora	0	0	(elegir) 0
	Hervidor de agua	0	0	(elegir) 0
	Ventilación - Dormitorios	0	0	(elegir) 0
	Otros (Detallar cuales)	0	0	(elegir) 0
	Otros (Detallar cuales)	0	0	(elegir) 0

Pantalla principal

Energía total consumida por HABITABILIDAD (kWh)  kWh/año

Figura 10 Herramienta informática: Ventana 4 (Habitabilidad)



**ARTES MENORES**

6. Cálculo mejoras      7. Consideraciones

1. Información del buque    2. Patrón operativo y energético    3. Patrones por actividad    4. Consumo eléctrico    5. Emisiones

**EMISIONES**

**EN RUTA**

	Lineas Verticales	Cacea	Palangre en cala
O2 (%)	0	0	0
CO (ppm)	0	0	0
CO2 (%)	0	0	0
NOx (ppm)	0	0	0

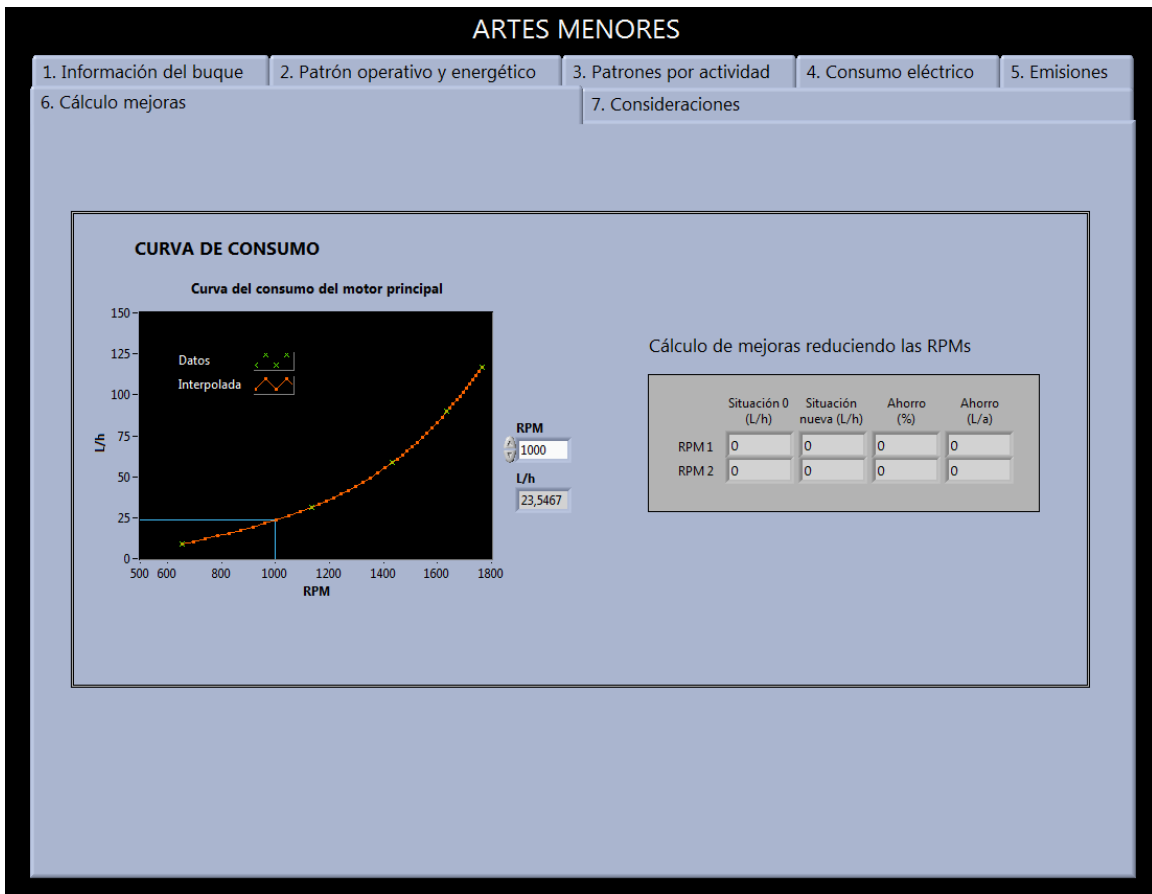
**EN PUERTO**

	Lineas Verticales	Cacea	Palangre en cala
O2 (%)	0	0	0
CO (ppm)	0	0	0
CO2 (%)	0	0	0
NOx (ppm)	0	0	0

**HUELLA DE CARBONO**

Lineas verticales	0	CO2/tn
Cacea	0	CO2/tn
Palangre en cala	0	CO2/tn

Figura 11 Herramienta informática: Ventana 5 - Emisiones



**Figura 12** Herramienta informática: Ventana 6 - Cálculo mejoras

**ARTES MENORES**

1. Información del buque	2. Patrón operativo y energético	3. Patrones por actividad	4. Consumo eléctrico	5. Emisiones
6. Cálculo mejoras		7. Consideraciones		

Promedio del consumo específico de los motores auxiliares  g/kWh

Precio gasoleo  €/L

Densidad gasoleo  kg/L

**Figura 13** Herramienta informática: Ventana 7 - Consideraciones

## 5.4 Eficiencia energética en la flota vasca

### 5.4.1 Consumo de combustible y potencial de ahorro

El precio del combustible es cambiante. En la Tabla 4 se presenta los precios medios obtenidos en los puertos vascos para el período (2001-2015).

**Tabla 4** Precio de combustible en los puertos vascos

Año	Precio combustible (€/l)
2001	0,23
2002	0,14
2003	0,23
2004	0,27
2005	0,38
2006	0,42
2007	0,42
2008	0,55
2009	0,35
2010	0,48
2011	0,63
2012	0,70
2013	0,63
2014	0,61
2015	0,47 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Promedio de Enero a Abril 2015.

La Tabla 5 presenta los índices de eficiencia energética para cada sector. El menos eficiente de todas las modalidades es el arrastre “baka”, seguido por el palangre de altura, los rederos artesanales pequeños y los naseros. Los rederos grandes artesanales son significativamente más eficientes que los de menor dimensión. En sexto lugar están los palangreros pequeños artesanales seguidos por el cerco-cebo vivo y los atuneros pequeños artesanales. Los más eficientes son los palangreros y los cerqueros artesanales. El ranking entre las modalidades (en orden de más a menos eficiente) viene detallado entre paréntesis en la línea del promedio.

**Tabla 5** Índices de eficiencia energética de la flota pesquera vasca (L combustible / Tn desembarco)

Año	Altura	Altura	Bajura	Artesanal	Artesanal	Artesanal	Artesanal	Artesanal	Artesanal	Artesanal
	Arrastre "baka"	Palangre altura	Cerco cebo-vivo	Atunero pequeño	Cerquero	Nasero	Palangrero bajura	Palangrero pequeño bajura	Redero grande	Redero pequeño
2001	2498	5447	563	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2002	2019	918	103 <sup>2</sup>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2003	3019	1137	978	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2004	2346	1261	993	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2005	1705	1451	558	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2006	1485	1251	502	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2007	1876	1264	497	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2008	1720	875	505	479	ND	1318	337	302	1176	1311
2009	1759	ND	364	598	223	1256	195	1117	613	1581
Promedio <sup>1</sup>	2047 (1)	1701 (2)	620 (7)	538 (8)	112 (10)	1287 (4)	266 (9)	710 (6)	895 (5)	1446 (3)

<sup>1</sup> Promedio de los años, valor entre paréntesis indica la posición del ranking de menos a más eficiente energéticamente.

<sup>2</sup> Se excluye el dato del 2002 en el promedio por ser un valor atípico.

ND: datos no disponible.

La Tabla 6 incluye el consumo de combustible promedio (en litros/año) por cada modalidad de pesca estudiada, junto con las desviaciones estándar de la muestra de datos utilizada para estos cálculos. También incluye el ranking de las modalidades en función del consumo de combustible y del índice de eficiencia energética relacionado con la Tabla 5.

**Tabla 6** Consumo de combustible media por modalidad de pesca (en litros/año)

Flota	Consumo combustible anual (L/a) $\pm$ DS	Ranking <sup>1</sup> (L/a)	Ranking (L/tn) <sup>2</sup>
Arrastre “baka”	777.468 $\pm$ 63.857	(1)	(1)
Palangre altura	333.712 $\pm$ 188.658	(2)	(2)
Cerco-cebo vivo	200.307 $\pm$ 28.895	(3)	(7)
Atunero pequeño	83.137 $\pm$ 26.297	(4)	(8)
Cerquero	42.669 $\pm$ 38.140	(5)	(10)
Palangrero bajura	29.107 $\pm$ 10.656	(6)	(9)
Palangrero pequeño bajura	11.184 $\pm$ 12.713	(7)	(6)
Redero grande	20.061 $\pm$ 8.358	(8)	(5)
Redero pequeño	9.587 $\pm$ 5.314	(9)	(3)
Nasero	4.800 $\pm$ 5.253	(10)	(4)

<sup>1</sup> Ranking de mayor a menor consumidor de combustible

<sup>2</sup> Ranking de peor a mejor índice de eficiencia energética

## 6. DISCUSIÓN

Existen diversas opciones de ahorro energético. Éstas van desde cambios estructurales (como el uso de bulbos, cambio de la hélice actual por una más eficiente, uso de variadores de frecuencia) a medidas operacionales, como reducir la velocidad de navegación u optimizar rutas en función de criterios varios. El ahorro potencial puede variar orientativamente entre un 15-20 %, aunque la decisión sobre los cambios a implantar (estructurales u operativos) dependen habitualmente del período de retorno de la inversión. Es cierto que hay casos en el que los cambios estructurales, en un primer momento, implican una inversión importante, pero pueden ser amortizados en corto tiempo como es el caso con hélices más eficientes, que se estima pueden amortizarse en períodos menores a de 3 años. No obstante, una inversión cuantitativamente importante puede resultar poco atractiva por el contexto económico actual, y es frecuente que los armadores se inclinen por las decisiones más económicas.

Las posibles medidas de ahorro identificadas en los procesos de auditoría energética, son específicas en cada buque auditado, debido a que las instalaciones, estado de los motores y consumidores de energía así como los patrones de actividad y energéticos son específicos de cada buque. El factor humano también juega un papel importante, ya que el consumo viene asociado a las costumbres de a bordo.

El hecho de que se instalaran los prototipos SIMUL en los buques y que estuvieran registrando datos sin que el patrón/armador pudiera ver su consumo instantáneo simulado, permite observar el posible efecto del armador sobre el consumo de combustible, su patrón de actividad y energético, ya que se puede estudiar el posible efecto que haya podido ejercer el conocimiento del consumo instantáneo del motor principal en el comportamiento del patrón en relación principalmente a la velocidad en ruta. En este proyecto no se ha estudiado este efecto, pero se espera realizar una contribución científica desarrollando esta idea en un futuro cercano.

Por lo general las modalidades pasivas como nasas, palangre y enmalle son considerados más eficientes desde un punto de vista energético que los activos [6]. Esto se traduce en índices de eficiencia energética de alrededor de 0,1 - 0,4 L/kg (100 - 400 L/tn)<sup>1</sup> para los pasivos, y de entre 0,5 y 1,5 L/kg (500 - 1500 L/tn)<sup>1</sup> para los activos [6], a excepción de la flota de cerco y arrastre pelágicos, para los que se presenta un índice más reducido de 100 L/tn. No obstante, los mismos autores observan que dependiendo la distancia al caladero, especialmente en las artes de los cercos, los índices pueden diferir y resultar en menos eficientes. Este es el caso de la flota de cerco vasca, que aun siendo eficiente en comparación con otras modalidades muestra un índice de 112 L/tn, ligeramente superior al presentado por Suuronen et al [6] para el mismo arte.

La flota artesanal de atuneros pequeños de la CAPV (cacea) presenta un índice de eficiencia energética de 538 L/tn, muy inferior al 1107 L/tn de los homólogos a nivel mundial [7], lo que podría indicar que esta flota es mucho más eficiente respecto a la literatura científica. Aunque, los autores del presente estudio encontraron valores muy superiores a los presentados en el promedio de toda la flota al realizar una auditoría energética en un buque concreto de cacea de la flota vasca [1]. Esto apunta a que los datos de los buques utilizados para realizar el promedio deberían de ser evaluados nuevamente y ver si se aproximan a la realidad. El resultado de la auditoría energética del buque de cacea de este proyecto podrá dar alguna indicación de la fiabilidad de los datos.

En cuanto al arrastre “baka”, el promedio de la flota vasca es muy similar al encontrado por otros autores, esto es 2047 L/tn de la flota vasca respecto a 2300<sup>1</sup> L/tn encontrado en la literatura [8], que dista mucho de los valores presentados para arrastre de fondo de la flota noruega por otros autores de 0,28 kg combustible / kg desembarco (244 L/tn) [9].

---

<sup>1</sup> El índice original está presentado en L/tn o L/kg. Para su conversión a kg/tn se ha considerado una densidad de combustible de 0,87 kg/L.



En general las modalidades artesanales son menos intensivas que las de bajura o altura pero no por eso tienen mejor índice de eficiencia energética. La flota de cerco-cebo vivo por ejemplo está en el número 3 del ranking de consumo de energía pero no está tan mal posicionado en cuanto a su índice de eficiencia energética. Justo lo contrario de los rederos pequeños que a pesar de consumir poco combustible, son uno de los menos eficientes.

Los resultados obtenidos no coinciden con los de la literatura. Thrane [10] ya analizó estas diferencias concluyendo que el índice de eficiencia energética varía en relación al arte utilizado y el tamaño del buque. Así mismo, el patrón de actividad del buque, las rutas migratorias de la especie objetivo, la distancia a los caladeros junto con los hábitos y costumbres a bordo también influyen en el índice [1]. De hecho, en relación a la distancia a los caladeros, algunos autores ya han debatido sobre la posibilidad de introducir políticas que favorezcan que se pesque en caladeros cercanos a puerto como medida para reducir el consumo de combustible y sus respectivos GEI [11].

El precio de venta en lonja junto con el precio del combustible, la abundancia del stock y la eficiencia energética de la actividad juegan un papel decisivo a la hora de hacer la pesca en una actividad rentable. Las especies con bajo precio de venta son más vulnerables a la subida del precio del combustible; mientras que las especies de alto valor económico soportan mejor dichas fluctuaciones. Considerando la baja correlación que existe entre el consumo de combustible y las capturas [3], las estrategias para reducir la factura del gasoil pueden llegar a ser más atractivas a la hora de combatir las presentes dificultades. Aunque no se haga ninguna mención en las políticas internacionales (como el protocolo Kyoto) en relación a los gases de efecto invernadero (GEI) producidos por la pesca, las cantidades consumidas de gasoil y GEI emitidas por el sector son considerables.

Cualquier política o estrategia regulatoria relacionada con la eficiencia energética en pesca, debería de contemplar los mencionados factores para poder actuar adecuadamente según cada circunstancia. En esta línea, la Comisión Europea ha propuesto que el índice de “fuel efficiency of fish capture indicator” (un ratio

adimensional entre el valor de la captura desembarcada y los costos de combustible relacionados para la extracción) para respaldar la Política Pesquera Común mediante la medición del efecto de las pesquerías en el ecosistema marino [12]. Este indicador da información sobre la tendencia de la eficiencia del uso de combustible de diferentes pesquerías; una tendencia a la baja indicaría una reducción en la rentabilidad de la actividad. Este indicador es inversamente proporcional al propuesto efecto del precio de venta (L/1000€ captura desembarcada) mencionada en otras contribuciones [1].

## 7. CONCLUSIONES

Se ha estudiado el consumo energético de la flota vasca, por modalidades. Se han realizado auditorías energéticas en 5 buques de modalidades de pesca diferentes con el fin de obtener una buena representatividad de la flota vasca. Los resultados de las auditorías así como diagnóstico del potencial de ahorro que puede tener la flota pesquera vasca están todavía siendo analizados y no se han podido añadir a este informe.

En paralelo a las auditorías, se ha desarrollado una herramienta informática que está destinada al armador para representar los resultados de las auditorías y proporcionar al armador un medio para que pueda ser proactivo en materia de eficiencia energética y estimar la viabilidad de aplicar una medida de ahorro energética en su buque antes de que se realice ninguna inversión.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Basurko, O.C., G. Gabiña, and Z. Uriondo, *Energy performance of fishing vessels and potential savings*. Journal of Cleaner Production, 2013. **54**(0): p. 30-40.
2. Tyedmers, P.H., R. Watson, and D. Pauly, *Fueling global fishing fleet*. Ambio, 2005. **34**(8): p. 635-638.
3. Thomas, G., et al., *Energy audit of fishing vessels*. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment, 2010. **224**(2): p. 87-101.
4. Gabiña, G., et al., *Desarrollo e implantación de un simulador de consumo de combustible para buques pesqueros de bajura*, in *Elaborado por AZTI-Tecnalia para el Gobierno Vasco*2015: Sukarrieta.
5. AZTI-Tecnalia, *Base de datos de pesquerías*, in *Annual report*2014, AZTI-Tecnalia: Sukarrieta.
6. Suuronen, P., et al., *Low impact and fuel efficient fishing—Looking beyond the horizon*. Fisheries Research, 2012. **119–120**(0): p. 135-146.
7. Tyedmers, P. and R. Parker, *Fuel consumption and greenhouse gas emissions from global tuna fisheries: a preliminary assessment*, in *ISSF Technical Resport 2012-2013*, I.S.S. Foundation, Editor 2012: McLean, Virginia, USA. .
8. Tyedmers, P., *Fisheries and Energy Use*, in *Encyclopedia of Energy*, J.C. Editor-in-Chief: Cutler, Editor 2004, Elsevier: New York. p. 683-693.
9. Schau, E.M., et al., *Energy consumption in the Norwegian fisheries*. Journal of Cleaner Production, 2009. **17**(3): p. 325-334.
10. Thrane, M., *Energy Consumption in the Danish Fishery: Identification of Key Factors*. Journal of Industrial Ecology, 2004. **8**(1-2): p. 223-239.
11. Bastardie, F., et al., *Effects of fishing effort allocation scenarios on energy efficiency and profitability: An individual-based model applied to Danish fisheries*. Fisheries Research, 2010. **106**(3): p. 501-516.
12. Cheilari, A., et al., *Effects of the fuel price crisis on the energy efficiency and the economic performance of the European Union fishing fleets*. Marine Policy, 2013. **40**(0): p. 18-24.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo, en particular las auditorías energéticas, no hubiera podido realizarse sin la valiosa colaboración de los armadores, patronos y la tripulación de los buques auditados. Su ayuda queda agradecida. Este trabajo ha sido posible gracias a la ayuda financiera del programa FEP (Fondo Europeo de Pesca).

## ANEXO A – EJEMPLO INVENTARIO

En este Anexo se incluye el ejemplo de la lista de equipos que se disponían para rellenar con información sobre los equipos consumidores a la hora de hacer las entrevistas a los armadores o patrones.

**Tabla 7** Ejemplo de la lista del inventario a rellenar

MADARI - ARTES MENORES										
Modalidad	LINEAS VERTICALES		Activo desde mes XX a XX; duración mareas (nº días por marea y nº mareas por año); El. Desde FEBRERO a mediados de JUNIO; de LUNES a VIERNES (asumidos 5 días por marea; en un mes 4,5 semanas)							
Modalidad	PALANGRE EN CALA		Activo desde mes XX a XX; duración mareas (nº días por marea y nº mareas por año)							
Modalidad	CACEA		Activo desde mes XX a XX; duración mareas (nº días por marea y nº mareas por año)							
Número de mareas (mareas/año)	PALANGRE EN CALA		LINEAS VERTICALES		CACEA					
Días totales en la mar por año:	PALANGRE EN CALA		LINEAS VERTICALES		CACEA					
Nº días en puerto por marea (descanso semanal)	PALANGRE EN CALA		LINEAS VERTICALES		CACEA		Apuntar cuando y que motor / maquinaria están encendidos (y durante cuanto) en puerto por cada modalidad			
Parada biológica	días por año		Apuntar cuando							
Nº festivos (Navidades y fiestas patronales) parados en puerto	días por año		Apuntar cuando							
Consumo gasoil por año y modalidad (tn/año)	PALANGRE EN CALA		LINEAS VERTICALES		CACEA					
Pesca total y por modalidad (tn/año)	PALANGRE EN CALA		LINEAS VERTICALES		CACEA					
	Ud	CV/Ud	kw/Ud	Palangre en cala h/día Ud	h/año Ud	Lineas verticales h/día Ud	h/año Ud	Cacea h/día Ud	h/año Ud	Comentario
<b>MOTORES</b>										
Principal										
Auxiliar 1										
Auxiliar 2										
Alternador										
<b>MAQUINARIA ESENCIAL NAVEGACIÓN</b>										
Gasoil										
Bomba de trasiego de a gasoil al principal										
Depuradora de gasoil (incluye bomba aspiración de gasoil)										
Aceite										
Bomba aceite lubricación para motor principal /reductora/auxiliares										
Bomba aceite hidráulico para maquinaria hidráulica										
Agua										
Bomba de aspiración de agua salada para refrigeración motores										
Motor principal										
Compresor de aire (para el arranque del motor principal)										
Gobierno										
Bomba hidráulica hélices transversales										
Bomba servo timón										
<b>MAQUINARIA AUXILIAR</b>										
Agua dulce										
Bomba servicio de agua dulce (grupo hidróforo) - (cocina, duchas...)										
Motor eléctrico para potabilizadora de agua dulce										
Agua salada										
Bomba de servicio de agua salada (para WCs)										
Motor eléctrico para desalinizadora de agua salada										
Extractores/ventiladores										
Sala de maquinas										
Dormitorios										
Bombas adicionales										
Bomba de achique (para limpieza sangre en cubierta...)										
Bomba de baldeo ("caballo") (para limpieza)										
Bomba contra incendios										
Bomba de sanitarios										
Bomba de limpieza (para agua pulverizada): para limpieza del buque con chorro de agua pulverizada)										
Bomba pilotaje										
<b>SISTEMA DE FRÍO</b>										
Maquina de hacer hielos										
Bomba de agua salada para la maq. generador de hielos										
Maquina de hielo										
Neveras										
Compresor para generar frío en nevera										
Bomba de agua salada para el compresor de nevera										
<b>MAQUINARIA PESCA</b>										
Grúas										
Grúa de proa (hidráulico)										
Grúa popa (eléctrico)										
Maquinaria hidráulica										
Carretes de verde										
Halador / carretel de palangre										
<b>HABITABILIDAD</b>										
Cocina										
Plancha-Placas (butano/eléctrico)										
Horno										
Freidora										
Microondas (horno-microondas)										
Frigo-Nevera (arcón)										
TV y DVD										
Radio										
Puente										
Ordenadores										
Maq. navegación										
Kettle										
Equipos de comunicación										
<b>ALUMBRADO</b>										
Sala de maquinas										
18W (Conjunto de 2 de 18 W)										
Interior										
18W (Conjunto de 2 de 18 W)										
Cubierta										
18 W (Conjunto de 2 de 18 W) al rededor de la caseta de gobierno										
11 W (dos tubos halógenos) al rededor de la caseta de gobierno										
Puente (caseta gobierno)										
Halógenos (tubos de 2 unidades)										
Camarotes										
Tubos de (18Wx2)										
WC										
60 W										
Exteriores (focos)										
500 W (+/- 2 pr, pp, bb, es)										
1500 W (4?)										