



13

Diseño, construcción y validación de una caña de control automático para la pesca de túnidos



José María Ferarios
José Franco
Guillermo Boyra
Pedro Monzón

Ferriols, J.M., J. Franco, G. Boyra, P. Monzón, 2009. Diseño, construcción y validación de una caña de control automático para la pesca de túnidos. '*Revista de Investigación Marina*'. 13: 14 pp.

La serie '*Revista de Investigación Marina*', editada por la Unidad de Investigación Marina de Tecnalia, cuenta con el siguiente Comité Editorial:

Editor: Dr. Ángel Borja

Adjunta al Editor: Dña. Mercedes Fernández Monge e Irantzu Zubiaur (coordinación de las publicaciones)

Comité Editorial: Dr. Lorenzo Motos
Dr. Adolfo Uriarte
Dr. Michael Collins
Dr. Javier Franco
D. Julien Mader
Dña. Marina Santurtun
D. Victoriano Valencia
Dr. Xabier Irigoien
Dra. Arantza Murillas

La '*Revista de Investigación Marina*' de Tecnalia edita y publica investigaciones y datos originales resultado de la Unidad de Investigación Marina de Tecnalia. Las propuestas de publicación deben ser enviadas al siguiente correo electrónico aborja@azti.es. Un comité de selección revisará las propuestas y sugerirá los cambios pertinentes antes de su aceptación definitiva.



Edición: 1.^a Septiembre 2009

© AZTI-Tecnalia

ISSN: 1988-818X

Unidad de Investigación Marina

Internet: www.azti.es

Edita: Unidad de Investigación Marina de Tecnalia

Herrera Kaia, Portualdea

20010 Pasaia

Foto portada: © Pedro J. Pacheco

Diseño, construcción y validación de una caña de control automático para la pesca de túnidos

José María Ferarios^a, José Franco^b, Guillermo Boyra^c y Pedro Monzón^d

Resumen

El 10 de marzo de 2006, con motivo de la primera reunión de la Comisión de Tecnología Pesquera entre el sector de cerco cebo-vivo y AZTI-Tecnalia, el sector expresó la necesidad de desarrollar una caña para la pesca de cimarrón que minimizara el fuerte componente de esfuerzo físico y carga postural con que se viene desarrollando tradicionalmente esta actividad.

El área de Tecnología Pesquera de AZTI-Tecnalia, junto a otras empresas, ha desarrollado un sistema de pesca con caña que suple al método tradicional de pesca automatizando el proceso de captura.

En el presente artículo se exponen las actuaciones más relevantes para el diseño, construcción y validación de un prototipo de caña de control automático para la pesca de túnidos, atún rojo o cimarrón (*Thunnus thynnus*), que realiza la flota de cerco cebo-vivo del País Vasco.

El sistema de pesca tradicional y el prototipo han sido sometidos a determinados análisis de riesgos, tanto como referencia básica para el diseño y desarrollo del prototipo, como para comprobar la mejora de la seguridad, la salud y la prevención de los riesgos laborales a bordo.

El nuevo sistema de pesca desarrollado disminuye en magnitud los riesgos y mejora la ergonomía del puesto de trabajo sin aumentar significativamente la captura por unidad de esfuerzo.

Abstract

In the Fishing Technology Committee for the pole and line fishery hold on May 2006, the fishermen expressed to AZTI-Tecnalia the need of developing a new pole for catching Bluefin tuna. The aim was to improve work conditions on board in the pole and line tuna fishing, minimizing postural loads in the present fishing operation.

The Fishing Technology Area of AZTI-Tecnalia, in collaboration with some companies, has developed the new pole and line system that improves the mechanization of the fishing operation

In the present contribution all the actions taken for the design, construction and validation of the new pole prototype for catching Bluefin tuna (*Thunnus thynnus*), by the Basque pole and line fleet, are explained.

Risk assessment analyses have been performed for the traditional and the new system, not only to help in the design and construction of the new system but also to verify the improvement of working conditions on board.

The new pole and line system diminishes the risks and improves significantly the safety and working conditions on board, without increasing the catch per unit effort of the fisher

^a Dirección. Fax: +34 9498 0006; Tel: +34 9460 9400; Correo electrónico: jferarios@azti.es

^b Dirección. Fax: +34 9498 0006; Tel: +34 9460 9400; Correo electrónico: jfranco@azti.es

^c Dirección. Fax: +34 943004801; Tel: +34 943004800; Correo electrónico: gboyra@azti.es

^d Dirección. Fax: +34 9498 0006; Tel: +34 9460 9400; Correo electrónico: pmonzon@azti.es

Introducción

El sector extractivo tiene un reto ineludible con el uso de una práctica pesquera que garantice la sostenibilidad tanto del recurso como del propio sector. En este contexto, la investigación y la innovación tecnológica conforman una herramienta fundamental para asegurar el mantenimiento y desarrollo del sector pesquero.

Un instrumento para el impulso de este desarrollo son las Comisiones Tecnológicas como foro de discusión técnica, de debate e intercambio de información sobre asuntos de interés para el sector. Están formadas por representantes del sector, armadores y técnicos de AZTI-Tecnalia bajo la supervisión del coordinador del área de investigación en Tecnología Pesquera y Marina de la Unidad de Investigación Marina de AZTI-Tecnalia.

La Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco y el Instituto Vasco de Seguridad y Salud, conscientes de la necesidad de fomentar una cultura preventiva que permita la implantación de la prevención de riesgos laborales de una forma eficaz y eficiente como oportunidad del propio sector han contribuido al desarrollo de este estudio.

La pesca de túnidos a caña, con cebo vivo, se viene realizando en el País Vasco desde los años 50 del siglo XX. Desde su introducción, las alteraciones a las que se ha visto sometido este método de pesca han sido relativamente escasas. Dejando aparte las mejoras progresivas relativas a las embarcaciones así como los desarrollos tecnológicos de los equipamientos generales del barco, especialmente en lo que se refiere a la detección del pescado, las principales evoluciones del método de pesca con cebo vivo han tenido que ver básicamente con la disposición, tipo y número de los viveros.

La modalidad de cebo vivo se realiza utilizando cañas sobre cardúmenes que son atraídos y mantenidos próximos a la embarcación arrojando al agua periódicamente pequeños pelágicos, fundamentalmente, anchoa, chicharro, sardina y verdel que previamente se capturan con una red de cerco de pequeñas dimensiones, y son mantenidos vivos a bordo en grandes viveros.

La pesca se realiza sobre cubierta, a lo largo de la banda de estribor, y cada marinero soporta una caña (Figura 1) asida con ambas manos, apoyando su extremo inferior sostenido en la entrepierna, sin más auxilio que un receptáculo de fabricación artesanal.

En la actualidad, la flota dedicada a la pesca de túnidos en la modalidad de cebo vivo utiliza cañas de bambú o fibra, de longitud variable, entre 4 y 6 metros, en cuyo extremo va una línea de monofilamento de nylon. Éstas son manipuladas manualmente para la captura e izado de ejemplares juveniles bonito (*Thunnus allalunga*) o bien mediante un conjunto motor-reductor asociado a un carrete que recoge o libera una driza ligada al extremo de la caña y conducida mediante poleas-guías para la pesca de grandes piezas de cimarrón (*Thunnus thynnus*).

Los tripulantes disponen de accionamientos, situados en la regala o la estructura del puente, para comandar el funcionamiento del motor. Cada tripulante que manipula una

caña tiene otro junto a él provisto con un gancho para asistirle en el esfuerzo de izar la captura primero hasta la superficie y posteriormente a bordo.

En las operativas arriba descritas, cada uno de los tripulantes asignado a la caña, debe soportarla por su base durante las maniobras de arriado, tiento del pescado e izado, con o sin captura para la reposición del cebo y repetir nuevamente el proceso.

Como único auxilio para afirmar la base de la caña contra la ingre se emplean mandiles de lona o recipientes de manufactura artesanal.



Figura 1. Pesca tradicional de túnidos a caña mediante cebo vivo: sujeción de la caña en soporte de manufactura artesanal.

Las tareas de pesca son así extremadamente penosas físicamente y están sujetas a riesgo alto de lesiones, fundamentalmente trastornos músculo-esqueléticos debido a las fuerzas ejercidas para el izado y posterior embarque del pescado y la repetición de los movimientos en posturas forzadas.

Objetivos

El objetivo de este trabajo es diseñar, construir y validar las prestaciones técnicas de un prototipo de caña mecanizada para la pesca de túnidos con cebo vivo.

La sustitución de las cañas actuales por una caña mecanizada que facilite el trabajo al pescador y garantice un nivel alto de seguridad en la maniobra de pesca es la base de este estudio

que, de modo general, pretende la automatización del proceso de pesca, liberando al pescador de la penosa tarea de mantener una caña asida entre las manos durante periodos largos de tiempo.

Los objetivos específicos del trabajo han sido:

- Caracterizar técnicamente los sistemas de pesca tradicionales empleados en la pesca de túnidos por la flota de cebo vivo.
- Establecer los requisitos de usuario y especificaciones técnicas que permitan realizar el diseño conceptual de prototipos.
- Construir, instalar y validar mediante pruebas de taller y de mar los prototipos construidos en base a las especificaciones técnicas.
- Estimar las prestaciones técnicas de pesca de la caña automática comparada con la operativa tradicional en pesca comercial.
- Evaluar las implicaciones en materia de seguridad y confort laboral del uso potencial del nuevo diseño, y su eficiencia preventiva.

Metodología

Inicialmente se recopiló información bibliográfica existente sobre la pesca de túnidos a caña (otros desarrollos tecnológicos, patentes, etc.). Para caracterizar las particularidades de la pesquería de túnidos en el País Vasco se realizaron entrevistas y reuniones con patrones de Bizkaia y Gipuzkoa.

Se realizaron embarques previos y posteriores a la incorporación del prototipo de caña mecanizada para recabar datos relativos a la seguridad y prevención de los riesgos laborales asociados a la operativa de pesca y mediante comparativa conocer el grado de mejora en las condiciones de trabajo de los pescadores (eficiencia preventiva de la innovación tecnológica).

Para valorar los riesgos de seguridad se ha utilizado el método de Evaluación General de Riesgos del Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). El método permite su valoración en función de la SEVERIDAD de las consecuencias de un suceso potencial y de la PROBABILIDAD de que se produzca dicho suceso. Una vez analizadas las variables que definen la situación de riesgo detectada, para calcular la magnitud de riesgo funde ambos factores en uno solo que denomina NIVEL DE RIESGO (Tabla 1).

Tabla 1. Nivel de riesgo

		SEVERIDAD		
		1 BAJA	2 MEDIA	3 ALTA
PROBABILIDAD	1 BAJA	1 MUY LEVE	2 LEVE	3 MODERADO
	2 MEDIA	2 LEVE	3 MODERADO	4 GRAVE
	3 ALTA	3 MODERADO	4 GRAVE	5 MUY GRAVE

Los riesgos ergonómicos y de carga postural han sido identificados y analizados por el Método REBA (Nota Técnica de Prevención N° 601 del INSHT) que ha sido desarrollado por Hignett y McAtamney (Nottingham, 2000) para estimar el riesgo de padecer desordenes corporales relacionados con el trabajo. El método permite el análisis conjunto de las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas. Además, define otros factores que considera determinantes para la valoración final de la postura, como la carga o fuerza manejada, el tipo de agarre o el tipo de actividad muscular desarrollada por el trabajador. Permite evaluar tanto posturas estáticas como dinámicas, y la posibilidad de señalar la existencia de cambios bruscos de postura o posturas inestables.

La información recopilada mediante los procesos anteriores, favorece la definición de los Requisitos de Usuario del sistema a desarrollar con criterios generales y concretos. Posteriormente se elaboró el documento de Especificación de Requisitos Técnicos que facilita el avance en la creación de diseños conceptuales ajustados a dichos requisitos permitiendo además anticipar las características del prototipo y predecir problemas de funcionamiento para solucionarlos en la fase de diseño.

También se buscaron posibles soluciones tecnológicas a los problemas planteados en los diseños conceptuales realizando consultas a suministradores, petición de ofertas, etc.

Las figuras siguientes muestran sintéticamente la metodología empleada para la identificación y evaluación de riesgos (Figura 2) así como para el desarrollo del prototipo (Figura 3)

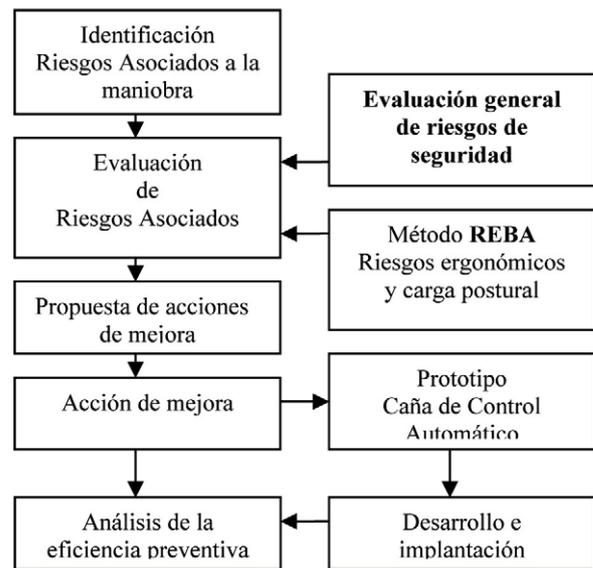


Figura 2. Esquema de metodología para identificación y evaluación de riesgos.

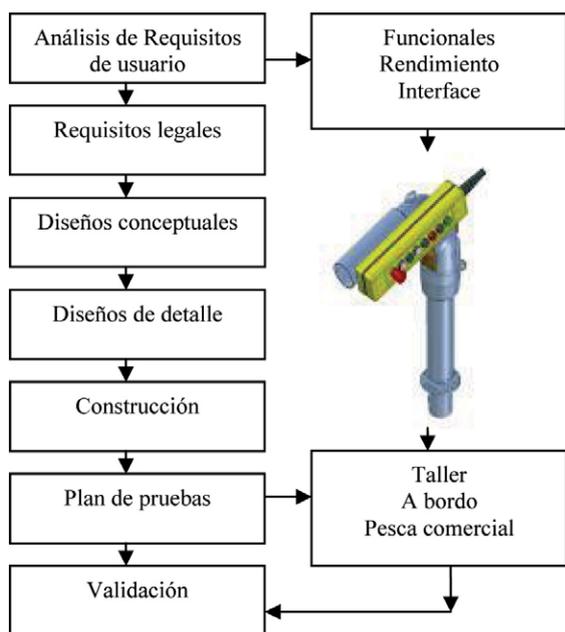


Figura 3. Esquema de metodología para desarrollo del prototipo.

De las opciones ideadas para el desarrollo del prototipo se seleccionó aquella que más ventajas técnico-económicas ofrecía, realizándose el Diseño de Detalle para posteriormente apoyar la construcción del prototipo.

Para obtener un indicador indirecto de la fuerza ejercida por los túnidos se realizaron ensayos con los materiales comúnmente empleados en los aparejos (nylon) a fin de conocer su resistencia mecánica lineal y alargamiento en el punto de rotura.

Para descartar los efectos negativos que pudiera producir la introducción de un nuevo motor a bordo para el accionamiento de la caña se realizó un estudio de las emisiones sonoras producidas por este mecanismo. El equipo de registro consta de:

- Hidrófono Bruel & Kjaer modelo 8105
- Amplificador de carga B&K 2635
- Tarjeta de sonido Sound Blaster Audigy ZS
- Calibrador de hidrófono Bruel & Kjaer modelo 4229
- PC portátil Fujitsu-Siemens
- Telémetro

Las medidas se realizaron en las proximidades del puerto de Getaria y alejados de contaminación acústica en una sonda de 30 m.

Los hidrófonos se sitúan bajo el agua desde una embarcación auxiliar. En primer lugar se registra el ruido ambiental durante un minuto aproximadamente. Luego la embarcación de la cual se quiere registrar el ruido radiado se acerca hasta una distancia comprendida entre los 10 y 50 metros del barco logístico, en condiciones de pesca, ofreciendo primero una banda y después la otra. Por último se vuelve a registrar el ruido ambiental.

La normalización de los niveles acústicos registrados requiere conocer la distancia exacta entre el emisor y el receptor. El empleo de un telémetro al paso de la embarcación objetivo por la perpendicular del hidrófono permite disponer de este dato.

Los registros acústicos obtenidos se analizaron tanto en su espectro de frecuencias como en el nivel sonoro. Para

el procesado y análisis de los datos se emplean diferentes aplicaciones propias programadas en Matlab®.

El procedimiento es el siguiente:

Cada registro obtenido es editado individualmente, realizando el corte de un fragmento de 10 s de duración, centrado en el momento de máximo acercamiento entre la embarcación pesquera y la embarcación logística donde se sitúan los hidrófonos. Cada uno de estos fragmentos se limpia de ruido de fondo y se le aplica la constante de calibración y las pérdidas por la transmisión de sonido en el mar. Después se le calcula el valor cuadrático medio del nivel de presión sonora. Posteriormente se realiza el análisis de la composición espectral, representándose en dos gráficas distintas: el espectro integrado y el espectrograma.

Las pescas comparativas se realizaron a lo largo de la campaña de túnidos 2007. Para comparar estadísticamente los resultados entre el rendimiento de la caña tradicional y la caña prototipo, y por tratarse de un caso especial de bloques aleatorios en el que las comparaciones están emparejadas, se utilizó el test no-paramétrico de Wilcoxon para muestras emparejadas debido al tamaño de la muestra (n=47) ya que no se considera una muestra grande (n>50).

En el test de Wilcoxon se calculan las diferencias entre los números pares de observaciones (lances de pesca) y se ordenan estas diferencias desde la más pequeña a la más grande sin tener en cuenta el signo. En el caso de coincidir en las diferencias, se calculan las diferencias promedio y el orden donde estarían situadas. Se asignan a los órdenes los signos originales de las diferencias y se calculan las sumas de los órdenes positivos y negativos por separado. La suma menor en valor absoluto (Ts) se compara con el valor crítico para el tamaño de muestra correspondiente.

Resultados y discusión

1. Evaluación de riesgos específicos de seguridad

La identificación de los riesgos asociados y su valoración mediante el Sistema General de Evaluación de Riesgos se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Valoración de riesgos asociados a la operativa de pesca con caña tradicional.

Riesgo Asociado	Valoración			Nivel Riesgo	Actuación
	S	P	NR		
Caídas a la mar	3	1	3	Moderado	Necesario
Caídas sobre cubierta	2	2	3	Moderado	Necesario
Golpes contra estructura					
Golpes contra equipos, herramientas, instalaciones y materiales	2	3	4	Grave	Necesario pronto
Pisadas sobre objetos y piezas capturadas	2	2	3	Moderado	Necesario
Proyección de anzuelos	3	1	3	Moderado	Necesario

S: severidad. P: probabilidad y NR: Nivel de riesgo (ver tabla 1)

2. Evaluación de riesgos ergonómicos y de carga postural

Del análisis con la metodología REBA, la pesca tradicional de túnidos a caña con cebo vivo alcanza un nivel de riesgo que exige una actuación inmediata.

Tronco

Las acciones de arriado, tiento y captura de la pieza requiere que el marinero deba de estar en flexión y extensión (Figura 4) de forma repetitiva. El resultado (Tabla 3) de la evaluación referida al tronco se expresa a continuación:

Tabla 3. Evaluación de la carga postural en el tronco para la operativa de pesca de túnidos a caña mediante el sistema tradicional.

MOVIMIENTO	PUNTUACION	CORRECCION
Erguido	1	Añadir + 1 Si hay torsión o Inclinación lateral
0°-20° Flexión 0°-20° Extensión	2	
20°-60° Flexión > 20° Extensión	3	
> 60° Flexión	4	
RESULTADO (Puntos)		3+1 = 4



Figura 4. Pesca de túnidos a caña.; izado de capturas.

Cuello

En la acción de tiento y captura se realiza un seguimiento activo de la tensión del aparejo cuya visión se dificulta por la cortina de agua que continuamente se proyecta sobre la mar y que es utilizada para el reclamo de la pieza y ocultación de la caña, lo que obliga al tripulante a realizar posturas de cuello con torsión e inclinación. El resultado se refleja en la Tabla 4:

Tabla 4. Evaluación de la carga postural en el cuello para la operativa de pesca de túnidos a caña mediante el sistema tradicional.

MOVIMIENTO	PUNTUACION	CORRECCION
0°-20° Flexión	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral
20° Flexión o extensión	2	
RESULTADO (Puntos)		2+1 = 3

Piernas

Las piernas permanecen en flexión apoyando las rodillas contra la borda (Figura 2) en las acciones de arriado, tiento y captura. Además el soporte es muy inestable y muy condicionado por el estado de la mar. El resultado del análisis de esta maniobra se expresa en la Tabla 5.

Tabla 5. Flexión y apoyo de las rodillas contra la borda en el proceso de captura.

MOVIMIENTO	PUNTUACION	CORRECCION
Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir + 1 si hay flexión de rodillas entre 30 y 60°.
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	Añadir + 2 si las rodillas están flexionadas más de 60° (salvo postura sedente)

Carga/fuerza

La proporción carga-fuerza está relacionada con el peso de la pieza y su reacción en la captura, así como con la capacidad física y de reacción del propio marinero (Tabla 6)

Tabla 6. Evaluación de la carga postural en función del peso de la captura y la reacción de pesca.

< 5 kg.	5-10 kg.	> 10 kg.	Instauración rápido o brusca
0	1	2	+1
RESULTADO (Puntos)			2+1 = 3

La valoración del riesgo del grupo A (Tabla 7). La obtención de la puntuación inicial del grupo A partiendo de las puntuaciones individuales del tronco, cuello y piernas, relacionado con la valoración de carga/fuerza alcanza un resultado de 12 puntos de acuerdo al método REBA. El grupo A tiene un total de 60 combinaciones posturales para el tronco, cuello y piernas. La puntuación obtenida de la tabla A estará comprendida entre 1 y 9; a este valor se le debe añadir la puntuación resultante de la carga/ fuerza cuyo rango está entre 0 y 3.

Tabla 7. Valoración del riesgo de carga postural en cuello, tronco y piernas (grupo A)

		CUELLO												
		1				2				3				
PIERNAS		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
TRONCO	1	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9
TOTAL Puntos GRUPO A 9 + 3 = 12														

Brazos

En la maniobra de arriado de la caña uno de los brazos es flexionado. En la fase de tiento uno de los brazos permanece extendido (Figura 5) con elevación del hombro hasta el momento de producirse la captura y posteriormente es flexionado de nuevo en el izado, tanto con carga de captura como sin ella, estos movimiento se repiten continuamente durante la maniobra. El resultado de esta valoración se muestra en la Tabla 8.



Figura 5. Extensión de los brazos y posición de tiento del pescado

Tabla 8. Evaluación de la carga postural en función de los brazos.

MOVIMIENTO	PUNTUACION	CORRECCION
0-20° Flexión/extensión	1	Añadir + 1 si hay abducción o rotación del hombro + 1 elevación del hombro - 1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad
> 20° Extensión	2	
20-45° Flexión	3	
> 90° Flexión	4	
RESULTADO (Puntos)		4 + 1 = 5

Antebrazos

En los movimientos descritos para los brazos, los antebrazos acompañan flexionándose, hasta 100° (Figura 6). Los resultados referidos al movimiento de los antebrazos se muestran en la Tabla 9.



Figura 6. Izado de captura hasta la superficie.

Tabla 9. Evaluación de la carga postural en los antebrazos para la operativa de pesca de túnidos a caña mediante el sistema tradicional.

MOVIMIENTO	PUNTUACION
60-100° Flexión	1
< 60° flexión > 100° flexión	2
RESULTADO	2

Muñecas

En la maniobra las muñecas soportan con la carga tanto flexión como extensión y además se produce torsión, en ocasiones de forma muy violenta y repentina, como consecuencia de la reacción de la pieza capturada (Tabla 10).

Tabla 10. Evaluación de la carga postural en las muñecas para la operativa de pesca de túnidos a caña mediante el sistema tradicional.

MOVIMIENTO	PUNTUACION	CORRECCION
0-15° Flexión/extensión	1	Añadir+ 1 si hay torsión o desviación lateral
> 15° Flexión/extensión	2	
RESULTADO (Puntos)		2 + 1 = 3

Agarre

El agarre (Figura 7) generalmente no dispone de elementos específicos que garanticen una sujeción cómoda y segura. Es frecuente envolver sobre la caña un hilo grueso para dotarla de una mayor adherencia. La valoración del agarre se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Valoración del agarre en la caña para la operativa de pesca de túnidos mediante el sistema tradicional

0- Bueno	1- Regular	2- Malo	3- Inaceptable
Buen agarre y fuerza de agarre.	Agarre aceptable.	Agarre posible pero no aceptable	Incómodo, sin agarre manual. Aceptable usando otras partes del cuerpo
RESULTADO			2



Figura 7. Detalle de agarre de la caña.

La valoración del riesgo del grupo B a partir de las puntuaciones del brazo, antebrazo y muñeca, relacionado con el agarre alcanza un resultado de 10 puntos de acuerdo con el método REBA. El grupo B tiene un total de 36 combinaciones posturales para la parte superior del brazo, parte inferior del brazo y muñecas, la puntuación final de este grupo (Tabla 12) está entre 0 y 9; a este resultado se le debe añadir el obtenido de la tabla de agarre, es decir, de 0 a 3 puntos.

Tabla 12. Valoración del riesgo de carga postural en brazos, muñecas y agarre (grupo B)

		ANTEBRAZO					
		1			2		
MUÑECA		1	2	3	1	2	3
BRAZO	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9
TOTAL PUNTOS GRUPO B = 8 + 2 = 10							

Los resultados A y B se combinan en C (Tabla 13) para dar un total de 144 posibles combinaciones, y finalmente se añade el resultado de la actividad para dar el resultado final BEBA que indicará el nivel de riesgo y el nivel de acción

Tabla 13. Valoración de los riesgos de los grupos A + B = C

		PUNTUACION B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PUNTUACION A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Actividad	+ 1 Una o más partes del cuerpo estáticas o aguantadas + de 1 minuto												
	+ 1 Movimientos repetitivos, por ej. Repetición superior a 4 veces/minuto												
	+ 1 Cambios posturales importantes p posturas inestables												
PUNTUACION DE LA ACTIVIDAD = 12 + (1+1+1) = 15													

A las 144 combinaciones posturales finales hay que sumar las puntuaciones correspondientes al concepto de puntuaciones de carga, al acoplamiento y a las actividades; ello da la puntuación final REBA que estará comprendida en un rango de 1-15, lo que indicará el riesgo que supone desarrollar el tipo de tarea analizado e indicará los niveles de acción necesarios en cada caso (ver Tabla 14).

Tabla 14. Valoración de los niveles de riesgo de carga postural asociado a la maniobra de pesca de túnidos a caña en la operativa tradicional por el método REBA.

NIVEL DE ACCION	PUNTUACION	NIVEL DE RIESGO	INTERVENCION Y POSTERIOR ANALISIS
0	1	Inapreciable	No necesario
1	2-3	Bajo	Puede ser necesario
2	4-7	Medio	Necesario
3	8-10	Alto	Necesario pronto
4	11-15	Muy alto	Actuación inmediata

En los procesos de la pesca de túnidos a caña tradicional en el sector de bajura, los marineros deben soportar importantes cargas posturales que implican niveles de riesgos muy altos, por lo que es necesario realizar actuaciones de carácter inmediato.

3. Análisis de la eficiencia preventiva

El sistema de cañas de control automático no elimina el riesgo grave de proyección de anzuelos, sin embargo la nueva operativa confiere una menor exposición al riesgo. Además permite desarrollar una pesca más ordenada, ajena a los sucesos propios de la pesca tradicional: cruce de cañas, irrupción forzada de tripulantes en otras posiciones de trabajo lo que resta claridad y visión de la maniobra en general y del anzuelo en particular.

La innovación tecnológica ha permitido disminuir el 100% de los riesgos. El 71 % de los riesgos considerados graves disminuyen en su magnitud a moderados o leves. El 29 % pasan de moderados a leves (Tabla 15).

Tabla 15. Valoración de niveles de riesgo y acción

RIESGO ASOCIADO	Nivel de Riesgo ANTES	Nivel de Riesgo DESPUÉS	MEJORA OBTENIDA
Caídas a la mar	Grave	Moderado	Reducción magnitud
Caídas sobre cubierta	Moderado	Leve	Reducción magnitud
Golpes contra la estructura.	Grave	Moderado	Reducción magnitud
Golpes contra equipos, herramientas, instalaciones y materiales.	Grave	Moderado	Reducción magnitud
Pisadas sobre objetos y piezas capturadas.	Moderado	Leve	Reducción magnitud
Proyección de anzuelos	Grave	Moderado	Reducción magnitud
Sobreesfuerzos posturales	Grave	Leve	Reducción magnitud

4. Resistencia mecánica de aparejos.

Un indicador indirecto de las fuerzas ejercidas por las capturas es la resistencia del material que comúnmente emplean en los aparejos: monofilamento de nylon de 1,8 mm de diámetro y que dependiendo del tamaño de las piezas se arma en doble o triple (dos o tres de 1,8 mm.) y con diferentes tipos de anzuelos.

Por tanto ante la dificultad técnica de verificar la tracción que ejercen los túnidos en el momento de ser capturados se realizan ensayos en laboratorio (Figura 8) de resistencia mecánica a la tracción y alargamiento con los resultados a continuación expuestos (Tabla 16). En los ensayos se verifica que la resistencia lineal del monofilamento es de 121 kg y 326 mm de alargamiento en el punto de rotura. Si hay un nudo, tanto la carga de rotura como la elasticidad bajan considerablemente.



Figura 8. Ensayos de resistencia mecánica de los aparejos.

Tabla 16. Ensayos de resistencia mecánica lineal y alargamiento en el punto de rotura bajo diferentes condiciones de fijación.

Condición de la prueba	Resistencia a la tracción (Kg.)	Alargamiento (mm.)
Monofilamento estirado sin nudos	121.7	326.9
Monofilamento estirado con un nudo central	55.2	172.9
Monofilamento en doble unido en gaza	114.0	171.9
Monofilamento en doble con gaza unida en bulón	187.0	214.5

5. Diseño, construcción y validación

Generalidades

El sistema de caña automática se puede dividir en cinco partes diferenciadas:

- Soporte mecánico de caña y actuadores
- Cuadro eléctrico y autómatas programables
- Variador de frecuencia
- Elemento motor/reductor
- Pantalla de configuración

Para controlar el movimiento del soporte mecánico (Figura 9), donde se inserta la caña, es necesario un motor con un carretel que al girar, enrolla o desenrolla una driza que se une al extremo de la caña, por lo que transmite a ésta el movimiento del motor. Para controlar el movimiento del motor, y dado que este puede girar a distintas velocidades, se utiliza un variador de frecuencia. De este variador de frecuencia sale la señal de alimentación al motor. La alimentación del variador así como las consignas de funcionamiento salen del cuadro eléctrico que incluye un autómatas programable o unidad de control.

Tanto la botonera (Figura 9), de tipo industrial, integrada en la caña, como la pantalla táctil o interfaz de usuario instalada en el puente de mando y desde la cual se configura y calibra el funcionamiento del sistema de comunicación, se comunican con el autómatas programable.

Soporte mecánico

Lo forma un tubo-soporte mecánico con una rótula que le confiere dos grados de movimiento.



Figura 9. Soportes caña con botonera industrial.

Su anclaje sobre la borda queda afirmado al tiempo que permite una rápida extracción para sustituir una caña rota o bien liberar la banda ante cualquier otro acontecimiento.

Cuadro eléctrico y autómatas programables.

El armario eléctrico (Figura 10) contiene además sus correspondientes autómatas programables (PLC) y es el órgano de gobierno o de funcionamiento principal del sistema.



Figura 10. Cuadro eléctrico con autómatas programables

Variador de frecuencia

El variador de frecuencia (Figura 11) se dimensiona en función de la potencia del motor, por lo que tanto el variador como el motor responden a la misma configuración (2,2 Kw). Mediante este equipose alimenta el motor y se controla su marcha/paro, sentido de giro y velocidad de funcionamiento. El variador se puede instalar en zonas protegidas (armarios, estantes...) y se encuentra en la bajada de acceso a la sala de máquinas.



Figura 11. Variadores de frecuencia.

Motor reductor

El motor tiene una potencia de 2,2 Kw, *encoder* de 1024 pulsos, freno, ventilación forzada y pintura especial con protección IP 65. Al motor le llegan tres cables, uno de alimentación y otro de freno y el de ventilación, que se protegen con una manguera de tubo corrugado con pantalla. Los cables entran al motor a través de prensas, y los empalmes de los hilos del cable del *encoder* se ubican fuera de la caja de conexiones del motor. La reductora lleva acoplado un carretel (Figura 12), cuya particularidad es que la driza se enrolla haciendo capas sobre sí misma, manteniendo constante la tensión entre éste y el extremo de la caña.



Figura 12. Conjunto motor/reductor y carretel.

Pantalla de configuración

El patrón o técnico de pesca, mediante una pantalla táctil puede programar todos los movimientos de la caña:

- Tamaño de la caña (3 tamaños)
- Posiciones de pesca (3 posiciones por cada tamaño)
- Posición de izado
- Velocidades de izado con captura (3 velocidades en función del tamaño del pez)
- Velocidades de izado sin captura
- Velocidades de arriado
- Corrección de posición de la caña en tiento.

Una vez fijados en la pantalla de configuración (Figura 13) todos los puntos de trabajo de las cañas, en función del criterio del patrón para adecuarse a su estrategia de pesca, los pescadores manipulan las cañas a través de una botonera industrial que reproduce los movimientos previamente configurados.



Figura 13. Pantalla de configuración.

Esta es una opción abierta de manera que el patrón puede modificar puntos de trabajo, velocidades, etc., siempre que así lo requiera la situación de pesca o estado de la mar, de modo que cada sistema tiene cierto grado de personalización.

6. Análisis del ruido radiado.

Una de las mayores inquietudes ante la instalación de motores y elementos eléctricos es si el nivel de ruido producido por estos pueda afectar negativamente a la pesca. Por tanto se

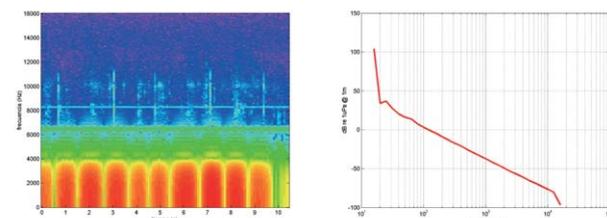
realizó un estudio del ruido en el B/Mariñelak maniobrando con las cañas tradicionales y con la “automática”. El lugar de la medición fue las aguas costeras de Getaria sobre una sonda de 30 m y en condiciones de viento de 4 nudos y mar de 1,5 m.

Se registró el ruido en tres condiciones distintas:

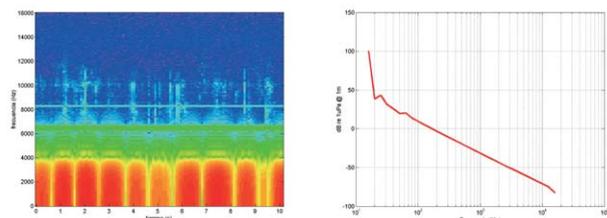
- Ruido de fondo. Esta grabación se realizó antes y después de la aproximación del Mariñelak a la zona de registro.
- Motor auxiliar + caña automática. Se realizó con el barco parado (motor principal parado), estando en marcha tan sólo el motor auxiliar y la caña automática.
- Motor auxiliar + caña normal. Se realizó con el barco parado, estando en marcha el motor auxiliar y el motor de izado de la caña normal.

El análisis del ruido radiado proporciona dos resultados principalmente:

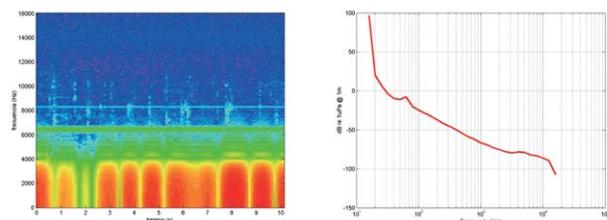
- El ruido emitido por el motor auxiliar y las cañas es de baja intensidad. Esto se puede observar en el parecido que presentan los tres espectrogramas (Figura 14), lo que quiere significar que la mayor parte del ruido presente en el momento de la grabación es ruido natural o ambiental. También se puede apreciar en el nivel de ruido registrado, donde se ve que el incremento de ruido debido a los motores supone alrededor de un 30% del ruido total presente.
- El ruido emitido por la caña automática es, tanto en intensidad como en composición espectral, muy semejante al emitido por la caña tradicional.



Motor auxiliar + automática



Motor auxiliar + tradicional



Ruido de fondo

Figura 14. Espectrogramas (arriba) y diagramas espectrales integrados (abajo) de las grabaciones realizadas en diferentes condiciones.

7. Análisis de la operativa de pesca automática/manual

Arriado

En la operativa automática en primer lugar se arria la caña (Figura 15) mediante un botón específico de arriado hasta la “posición de lance” y con la “velocidad de arriado” que previamente se selecciona en la función de ajustes de la pantalla instalada en el puente. Una vez alcanzada la posición el tripulante encarna el anzuelo y lanza el aparejo con la caña ya arriada. En esta función el tripulante no necesita agarrar la caña ni afirmar la base en soportes de manufactura artesanal.



Figura 15. Caña arriada.

Tiento

El sistema automático soluciona la función de tiento mediante dos botones específicos integrados en la botonera de mando; uno de arriado y otro de izado para la “corrección en tiento”. Una vez la caña esta arriada hasta la posición de lance se puede modificar su posición dependiendo de la tensión del aparejo ejercida por el cebo vivo, velocidad del barco, así como la situación respecto a las cañas adyacentes ajustando los parámetros de velocidad entre los puntos de referencia configurados en el programa.



Figura 16. Izado con captura (prototipos caña automática) y gancheado.

Izado

En esta función de izado, tanto el tripulante que manipula la caña no realiza mayor esfuerzo que el de pulsar el botón específico “izado con captura”.

Como se puede ver en la Figura 17, comparando el izado de la caña automática con el método tradicional, éste requiere del esfuerzo conjunto de dos tripulantes.



Figura 17. Izado con captura; método tradicional

8. Pescas comparativas

Se comparó el rendimiento de la caña prototipo (Prot) frente a la caña tradicional (Trad) teniendo en cuenta el número de ejemplares de peces capturados en cada lance por cada una de las cañas. Las 6 cañas que normalmente se utilizan en los lances de pescas son operadas por 6 tripulantes distintos ayudados por los tripulantes que manejan el “kako” o gancho.

Para evitar sesgos, las cañas Prot. y Trad. se encontraban adyacentes en la zona más a proa de la embarcación y fueron operadas siempre por los mismos tripulantes. Dado que el tripulante que sabía operar con la caña Prot. estaba ya fijado previamente bajo el criterio del patrón, (Trip 4), la caña Trad. fue manejada por un tripulante de similares aptitudes y capacidad en la pesquería (Trip. 5), para lo cual se llevaron a cabo comparaciones previas entre los distintos tripulantes (Tabla 17).

Tabla 17. Ranking de los tripulantes por su habilidad en el manejo de la caña y tripulantes escogidos para la comparativa de las cañas.

Tripulantes	Puntuación	Dato
Trip. 1	45	-
Trip. 2	39	-
Trip. 3	30	-
Trip. 4	28	→ Tripulante Caña PROTOTIPO
Trip. 5	27	→ Tripulante Caña TRADICIONAL
Trip. 6	19	-

De las 101 detecciones de pescado con el sonar que generaron capturas de bonito, en 47 ocasiones se produjeron

Tabla 18. Datos de los 47 lances de pesca utilizados en la comparativa

Nº	Código Lance	Fecha	Latitud	Longitud	Hora inicio	Hora final	PROT	TRAD	Captura Total
1	DT005	20070810	44° 06.8N	2° 07.3W	11:09	11:16	11	11	74
2	DT010	20070810	44° 07.3N	2° 10.0W	12:23	12:56	16	11	89
3	DT011	20070810	44° 07.1N	2° 09.0W	14:10	14:17	5	5	30
4	DT012	20070810	44° 07.0N	2° 09.6W	14:22	14:48	31	24	186
5	DT013	20070810	44° 07.9N	2° 09.7W	14:51	15:33	11	10	144
6	DT022	20070810	44° 05.9N	2° 08.7W	18:26	18:47	21	16	143
7	DT024	20070810	44° 06.0N	2° 09.8W	19:42	19:53	4	4	32
8	DT025	20070810	44° 01.6N	2° 10.3W	20:25	20:46	7	9	55
9	DT026	20070811	44° 09.0N	2° 09.8W	8:43	8:48	1	0	10
10	DT027	20070811	44° 06.7N	2° 08.6W	9:02	9:14	0	3	5
11	DT030	20070811	44° 01.9N	2° 09.2W	10:49	10:59	3	3	23
12	DT033	20070811	44° 10.9N	2° 05.9W	12:32	12:40	3	2	17
13	DT037	20070811	44° 19.4N	2° 12.3W	14:22	14:32	6	7	47
14	DT040	20070811	44° 06.1N	2° 05.3W	16:26	16:49	28	27	185
15	DT041	20070811	44° 06.5N	2° 05.1W	17:21	17:29	3	5	20
16	DT043	20070811	44° 05.3N	2° 07.2W	17:48	17:58	1	3	12
17	DT044	20070811	44° 01.8N	2° 10.9W	18:34	18:39	0	0	1
18	DT045	20070811	43° 54.7N	2° 20.6W	19:53	20:07	2	2	14
19	DT049	20070812	45° 01.3N	4° 07.5W	17:59	18:07	6	7	40
20	DT050	20070812	45° 05.0N	4° 06.8W	18:28	18:53	6	7	280
21	DT051	20070812	45° 05.1N	4° 07.3W	19:11	19:22	4	2	22
22	DT052	20070812	45° 05.0N	3° 51.0W	21:18	21:29	6	11	46
23	DT053	20070812	45° 04.6N	3° 51.7W	21:57	22:06	5	7	31
24	DT054	20070813	44° 58.5N	3° 03.9W	7:24	7:31	3	0	6
25	DT055	20070813	44° 55.8N	3° 06.2W	8:10	8:26	20	27	154
26	DT057	20070813	44° 53.5N	3° 09.5W	10:06	10:15	11	10	58
27	DT059	20070813	44° 53.4N	3° 06.0W	11:29	11:36	8	5	32
28	DT061	20070813	44° 58.2N	3° 11.8W	12:25	12:33	6	6	25
29	DT062	20070813	44° 58.8N	3° 13.8W	12:44	12:47	1	0	3
30	DT063	20070813	44° 58.8N	3° 14.8W	12:48	12:51	0	0	4
31	DT064	20070813	44° 58.9N	3° 15.1W	12:54	13:01	3	5	26
32	DT065	20070813	44° 59.8N	3° 14.8W	13:41	14:03	18	12	72
33	DT068	20070813	45° 06.7N	3° 32.4W	16:32	16:47	17	20	123
34	DT070	20070813	45° 07.3N	3° 24.3W	17:53	18:00	7	5	34
35	DT071	20070813	45° 07.1N	3° 23.9W	18:05	18:10	2	3	12
36	DT074	20070813	45° 06.2N	3° 19.6W	18:40	19:03	14	13	93
37	DT077	20070813	45° 06.0N	3° 18.6W	19:33	19:40	7	5	33
38	DT078	20070813	45° 06.3N	3° 19.8W	19:46	19:51	6	6	36
39	DT079	20070813	45° 06.9N	3° 20.3W	19:57	20:02	2	1	7
49	DT080	20070813	45° 07.3N	3° 21.1W	20:07	20:12	3	4	20
41	DT082	20070813	45° 08.8N	3° 24.5W	20:49	20:54	4	3	31
42	DT085	20070814	44° 42.6N	2° 54.6W	10:27	10:38	9	5	43
43	DT086	20070814	44° 42.2N	2° 54.1W	10:48	10:58	8	7	53
44	DT089	20070814	44° 42.9N	2° 53.8W	11:11	11:33	11	10	73
45	DT099	20070814	44° 10.2N	2° 30.9W	19:25	19:38	10	12	83
46	DT100	20070814	44° 10.8N	2° 31.9W	19:59	20:05	3	3	17
47	DT101	20070814	44° 07.630N	2° 28.6W	21:03	21:11	5	7	45

capturas para ambos tipos de caña. Los resultados de estos 47 lances de pesca se presentan en la tabla 18, en la que se resume el código del lance, la fecha (AAAAMMDD), la hora de inicio y final del lance (HH:MM), las capturas obtenidas por la caña prototipo (Prot.) y la tradicional (Trad.) y las capturas totales en dicho lance.

En el rendimiento de la caña prototipo (Tabla 19) no hubo diferencias significativas ($P = 0,6346$, N.S.) comparada con la caña tradicional; 21 lances (operativa de pesca con resultado de captura) a favor del prototipo frente a 16 a favor de la caña tradicional.

Tabla 19. Resumen de la comparativa entre las cañas tradicional y prototipo.

Cañas	Lance positivo	Empates	Lance negativo	PROT vs TRAD
PROT	21	10	16	P=0,6346 NS (No significativo)
TRAD	16	10	21	

Conclusiones

La innovación tecnológica desarrollada permite disminuir el 100% de los riesgos, mejora significativamente la ergonomía del puesto y contribuye a la higiene postural de los marineros.

El 71 % de los riesgos considerados graves disminuyen en su magnitud a moderados o leves. El 29 % pasan de moderados a leves.

El prototipo de caña automática responde a las resistencias mecánicas requeridas para el izado de tñidos de 100 kilos de peso (máximo peso de tñido capturado en campaña experimental).

El prototipo responde a las velocidades y posiciones de arriado e izado requeridas por los usuarios.

El rendimiento del prototipo frente a la caña tradicional en número de ejemplares capturados fue mayor si bien no muestra significación estadística.

La aplicación de la innovación tecnológica supone una pesca más ordenada y con menor riesgo, ajena a los sucesos propios de la operativa tradicional: cruce de cañas, irrupción forzada de tripulantes en otras posiciones de trabajo, etc. lo que resta eficiencia en la pesca y representa una fuente de peligros.

El sistema de cañas de control automático instalado a bordo del buque Mariñelak de Getaria ha estado operativo durante toda la campaña de tñidos.

Todas las capturas de cimarrón se han realizado exclusivamente con el nuevo sistema.

El técnico de pesca determina, vía software, los ajustes de funcionamiento más adecuados según su criterio y estrategia de pesca.

El pescador reproduce a través de una botonera industrial los movimientos previamente fijados por el técnico de pesca.

El sistema de cañas de control automático no elimina el riesgo grave de proyección de anzuelos, sin embargo la nueva operativa confiere una menor exposición al riesgo.

El nivel de exigencia física en el puesto de gancheador (“kako”) mejora ostensiblemente al no ser necesaria su ayuda complementaria a la acción de izado con caña automática.

Agradecimientos

Es difícil hacer referencia a todas y cada una de las personas que directa o indirectamente han favorecido y han apoyado en este proyecto.

Agradecemos al Departamento de Medio Ambiente, Planificación territorial, Agricultura y Pesca y OSALAN, Instituto Vasco de Seguridad y salud Laborales, por su aportación, sin la cual hubiera sido imposible realizar este proyecto.

Tenemos que hacer mención especial a Joseba Arregi, Patrón del B/MARIÑELAK de Getaria por su gran motivación y profesionalidad.

Asimismo no podemos olvidar las valiosas aportaciones técnicas que al inicio del proyecto prestaron los Patrones de Pesca; Bernardo Sistiaga del B/ItsasLagunak, Juanjo Azkue del B/Santana Berria, Emeterio Urresti del B/Santa Lucía Iru, Norberto Emazabel del B/Tuku-tuku y Jon Kepa Uskola del B/Ondarabal.

También a Juan Atxa, Patrón de Pesca de Bermeo ya retirado, pero con la “memoria fresca” para aportar esos detalles que solo da la experiencia...

A la Asociación de Armadores de Guipúzcoa, GARELA y las Federaciones de Cofradías del País Vasco.

Pero, sin lugar a dudas, lo que definitivamente más ha contribuido a este trabajo, han sido las aportaciones de infinidad de arrantzales, que no han dudado en facilitar su “saber hacer” y animarnos abiertamente.

Esta es la contribución número 467 de la Unidad de Investigación Marina de AZTI-Tecnalia’.

Gracias a todos.

Referencias

- Abancéns, A., A. Olazagoitia, 2002. Manual de Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo a bordo de los Buques de Pesca, 13-31.
- Ben Yami, 1980. Tuna Fishing With Pole and Line, FAO, Fishery Industries Division, 1:105-124.
- Hameed, S., 2000. Modern Fishing Gear Technology, 104-122.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo. NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA (Rapid Entire Body Assessment) y método de Evaluación General de Riesgos.
- Matlab®, Software matemático.
- Merino, J.M., 1997. La pesca. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. 647-652
- Santiago, J., 1992. La pesca de atún blanco en Euskadi, Campañas 1990-91, 13-16
- Tomiyama, T., 1975. Fisheries in Japan Tuna, 57-63.

