



Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



VICERRESDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Universidade de Vigo

TICS BONITO



FV7.2

INFORME DE VALIDACIÓN DEL CARRETE

Acrónimo del proyecto:	TICS BONITO
Título del proyecto	Tecnologías inteligentes para la pesca sostenible del bonito
Starting date:	21/07/2024
Duration (in months):	19
Identificador de la convocatoria:	Convocatoria 2023 Programa Pleamar
Fecha de entrega planificada:	Mes 19
Fecha de entrega definitiva:	21-02-2026
Responsable:	Universidade de Vigo
Estado:	Emitido

ESTE PROYECTO SE DESARROLLA CON LA COLABORACIÓN DE LA FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD DEL MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, A TRAVÉS DEL PROGRAMA PLEAMAR, Y SE COFINANCIA POR LA UNIÓN EUROPEA POR EL FEMPA (FONDO EUROPEO MARÍTIMO, DE PESCA Y DE ACUICULTURA).



Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Universidade de Vigo

Histórico de versiones

Revisión	Fecha	Descripción
1	21-02-2026	Versión definitiva

Contribuyentes del informe

Nombre	Nombre de la entidad	Detalles de la contribución
Julio Garrido Campos	Universidad de Vigo	Redacción de informe
Paula Gil Vicente	Universidad de Vigo	Redacción de informe y diseño de material

ESTA PUBLICACIÓN SE PRODUCE ENMARCADE DENTRO DE UN PROYECTO COFINANCIADO POR EL FONDO EUROPEO MARÍTIMO, DE PESCA Y DE ACUICULTURA.

LAS OPINIONES Y DOCUMENTACIÓN APORTADAS EN ESTA PUBLICACIÓN SON DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL AUTOR O AUTORES DE LA MISMA, Y NO REFLEJAN NECESARIAMENTE LOS PUNTOS DE VISTA DE LAS ENTIDADES QUE APOYAN ECONÓMICAMENTE EL PROYECTO.





Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



GOBIERNO
DE ESPAÑA
VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



MEMBER OF BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE

Universidade de Vigo

TABLA DE CONTENIDO

1	Resumen ejecutivo	3
2	Antecedentes	4
3	Objetivo	5
4	Resultados obtenidos	6
4.1	Representación de un ciclo	7
4.1.1	Par en el eje del motor.....	11
4.1.2	Par en la reductora y consignas del proceso de pesca.....	12
4.1.3	Velocidad del motor.....	14
4.2	Representación de varios ciclos contiguos	15
5	Conclusiones	16
6	Referencias.....	17





Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Universidade de Vigo

1 RESUMEN EJECUTIVO

Este documento recoge la validación del software desarrollado para la implementación de un carrete automático en la pesca de cacea (al curricán).

Durante dicho proceso de desarrollo, se ejecutaron varios ensayos utilizando cargas de distinto peso y tamaño para testear el dispositivo. De esta forma, se realizaron cambios durante el proceso que permitieron optimizar el sistema, hasta obtener el comportamiento que se describe a continuación.

Los resultados obtenidos se contrastaron con la literatura existente acerca de la pesca del bonito, con el fin de adaptarse lo máximo posible al comportamiento de los túnidos.

La aplicación del carretel ha sido validada en las instalaciones, no en alta mar, debido a la imposibilidad de su instalación en cubierta. No obstante, el software puede extrapolarse de forma sencilla a un dispositivo que sí opere en una embarcación, si se realizan los ajustes pertinentes tras la pesca de varios ejemplares.

De hecho, cabe destacar que parte del código se ha probado en un entorno marino, ya que el sistema de caña automática utiliza el mismo programa de detección de picada.



Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



VICERRENTA
TERCERA DEL GOBIERNO
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Universidade de Vigo

2 ANTECEDENTES

El presente documento constituye el Entregable FV7.2 **INFORME DE VALIDACIÓN DEL CARRETE** en el marco del Proyecto TICS BONITO tal como se describe en la memoria aprobada de descripción de las acciones, calendario de ejecución y resultados que se obtendrán.

Este informe forma parte de la actividad “A7 Validación de los prototipos en entornos marinos”.





Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



GOBIERNO
DE ESPAÑA
VICERREYDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



MEMBER OF BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE

UniversidadeVigo

3 OBJETIVO

Este documento ha sido preparado para:

- Validar que el software desarrollado permite el funcionamiento objetivo del ciclo realizado por el carretel.
- Demostrar que la detección de picada permite estimar la fuerza ejercida por el ejemplar durante la captura y actuar en consecuencia de forma automática.
- Demostrar que la velocidad, junto con otros parámetros, se pueden modificar con facilidad para adaptarse a la pesca del bonito en una embarcación en alta mar.

4 RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 REPRESENTACIÓN DE UN CICLO

A continuación, se muestra paso a paso la sucesión de fases realizadas por el carrito en un solo ciclo, a través de un diagrama de estados (izquierda) y fotografías del dispositivo físico (derecha). La descripción detallada de cada una de las fases se especifica en el documento F5.1 ALGORITMIA DE PESCA PARA SISTEMA CAÑA Y SISTEMA CARRETE.

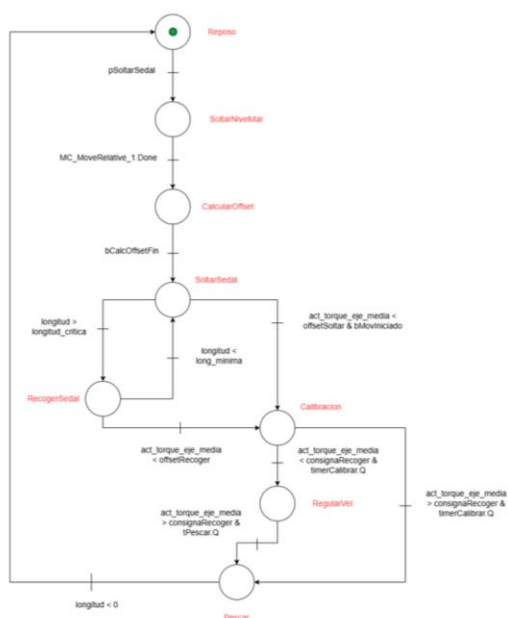


Ilustración 1. Diagrama y fotografía del prototipo cuando el carrito se encuentra en el estado de reposo

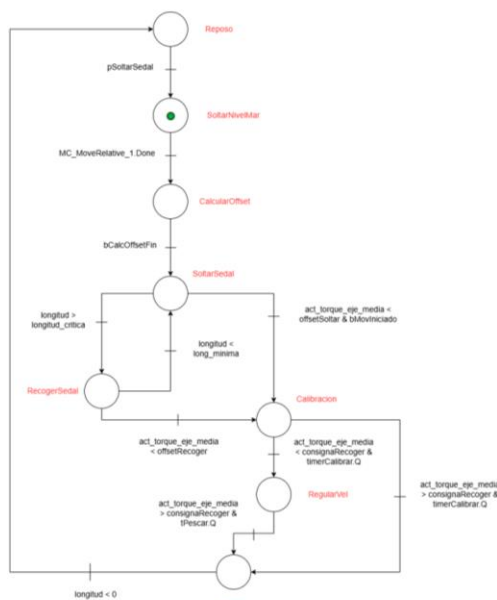


Ilustración 2. Diagrama y fotografía del prototipo cuando el carrito se encuentra en el estado de soltar a nivel del mar

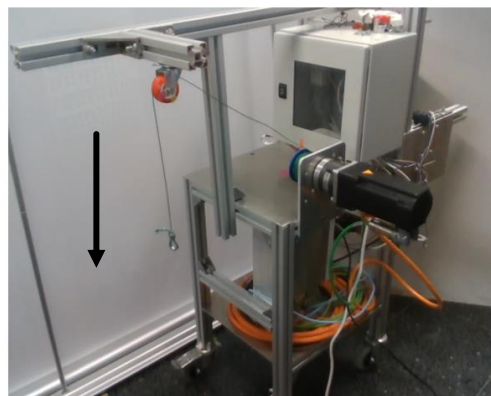
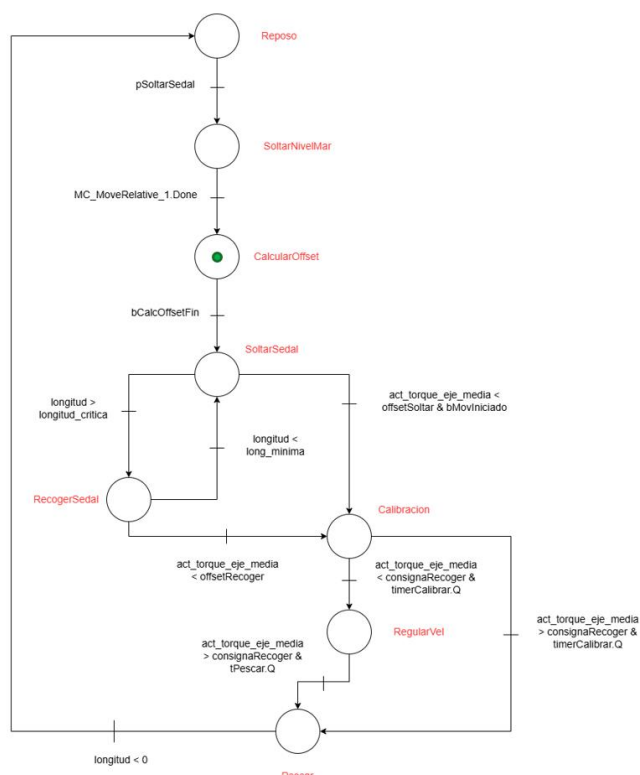


Ilustración 3. Diagrama y fotografía del prototipo cuando el carrito se encuentra en el estado de calcular el offset

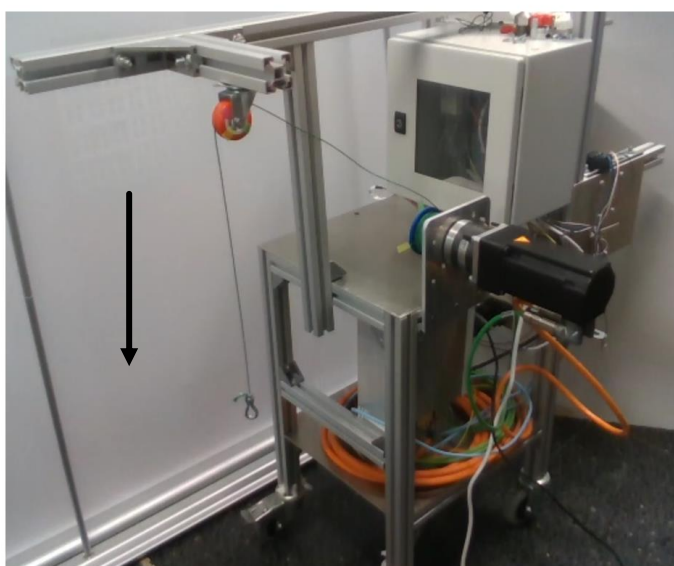
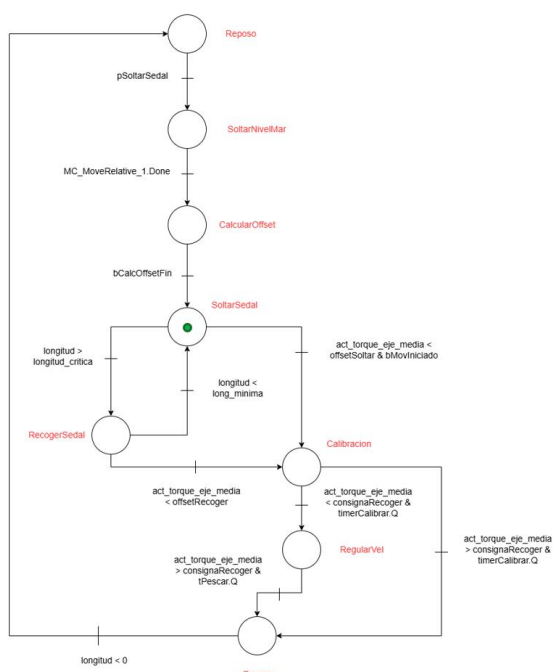


Ilustración 4. Diagrama y fotografía del prototipo cuando el carrito se encuentra en el estado de soltar sedal

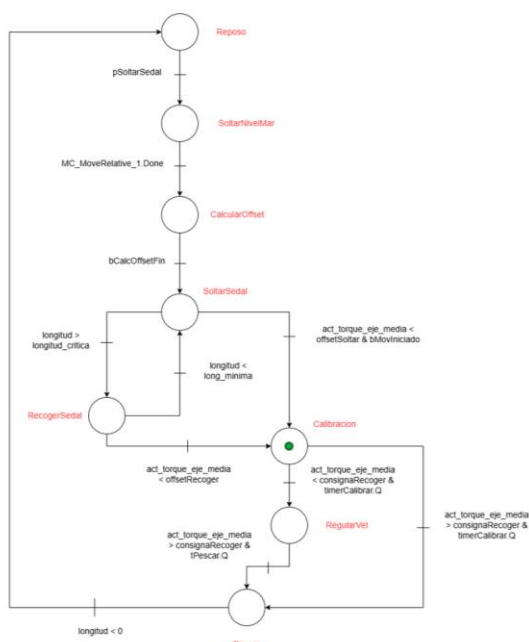


Ilustración 5. Diagrama y fotografía del prototipo cuando el carrito se encuentra en el estado de calibración

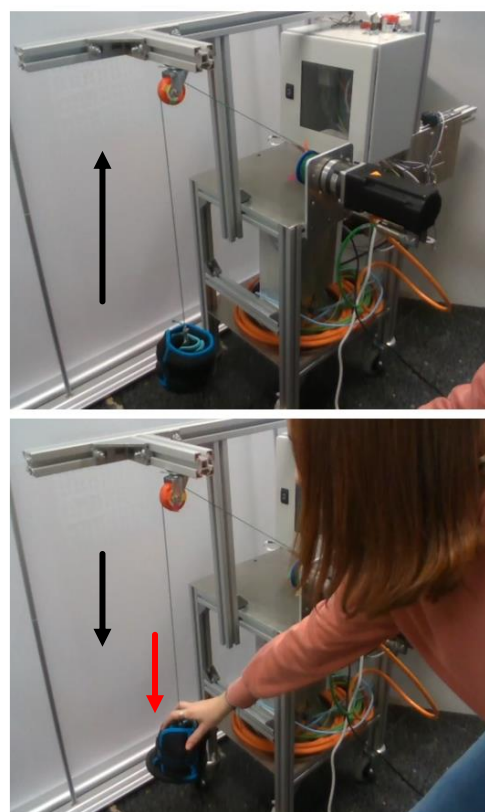
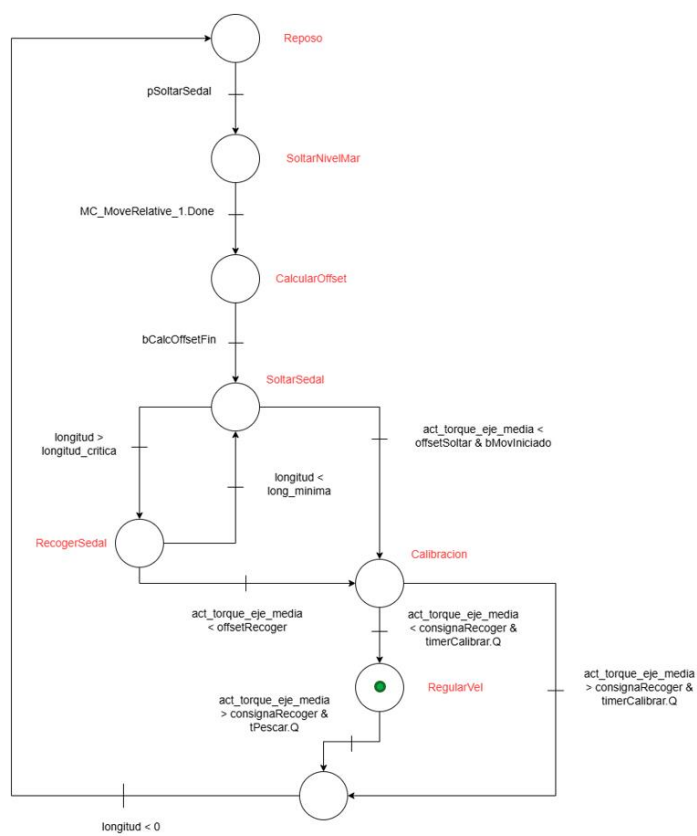


Ilustración 6. Diagrama y fotografía del prototipo cuando el carrito se encuentra en el estado de regular en velocidad supervisando el par

Durante este ciclo, en el que se ha detectado un ejemplar en el extremo de la línea y se ha procedido a su captura, se han registrado los datos que se muestran en la siguiente figura.

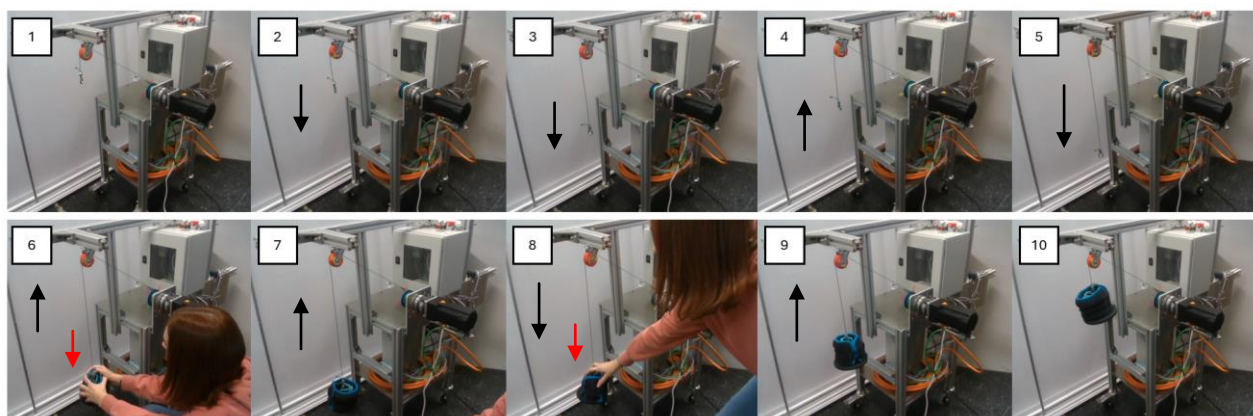
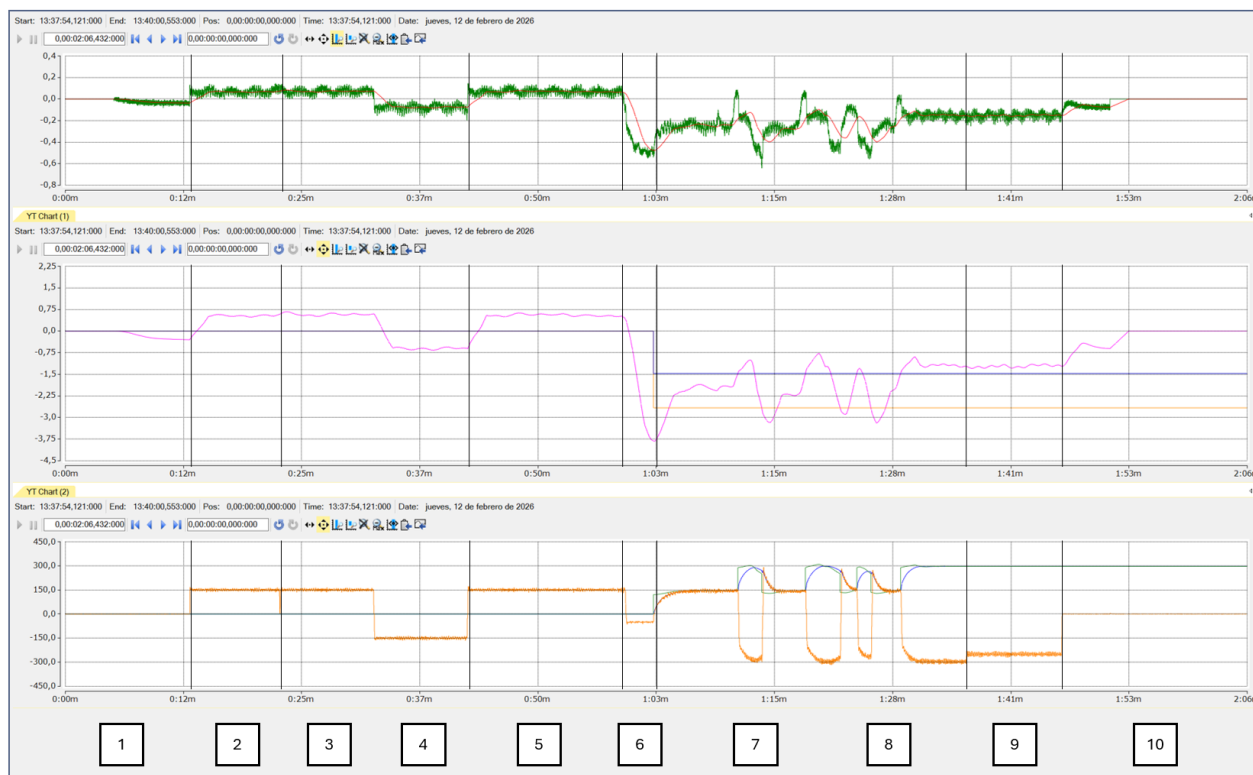


Ilustración 9. Gráfica de los valores de par y velocidad registrados durante el ciclo descrito

La primera gráfica se corresponde con el par detectado en el eje del motor; la segunda, con el par detectado en el eje de la reductora y las consignas de proceso aplicadas; y la última, con la velocidad a la que trabaja el motor.

4.1.1 PAR EN EL EJE DEL MOTOR

El par detectado en el eje del motor no es un valor constante, sino que varía en función de la fase del ciclo operativo en la que se encuentre el carretel.

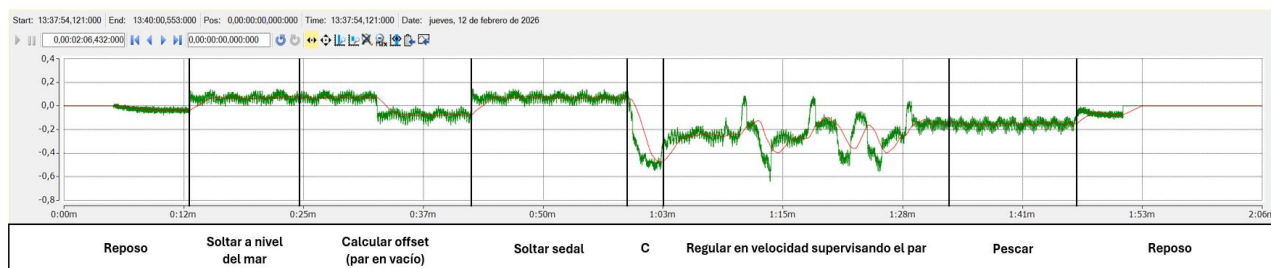


Ilustración 10. Gráfica del par detectado en el eje del motor y la media móvil de este

En la figura se distinguen dos curvas: el par detectado en el eje se corresponde con la curva verde, mientras que la curva roja representa la media móvil del par medido. El cálculo de la media móvil proporciona un valor estable y con menor variabilidad, lo que permite filtrar la señal para eliminar el ruido presente.

El valor de par obtenido cuando el dispositivo está en *reposo* (aún no se ha dado la orden de inicio del proceso), es muy pequeño, cercano a cero.

En las fases de *soltar sedal hasta alcanzar el nivel del mar*, *calcular el offset* y *soltar sedal* se observa que el par medido presenta, aproximadamente, la misma magnitud. Únicamente varía el signo en función del sentido de movimiento: positivo cuando se larga sedal y negativo cuando se recoge. Esto demuestra que el par en vacío oscila en torno al mismo valor, de manera que se puede estimar con facilidad en qué momento pica un ejemplar; cuando el par medido sea de mayor magnitud al detectado hasta ese momento.

En la fase de *calibración (C)*, se observa el incremento de magnitud del par mencionado. Esta variación será de mayor o menor magnitud en función de la fuerza que ejerza cada captura, en proporción a su tamaño, peso y profundidad, entre otros factores. Se estima que el par detectado en esta fase se corresponde con un valor cercano al par máximo que puede ejercer el bonito.

En la etapa de *regulación en velocidad supervisando el par* se registran variaciones en el par medido, las cuales dependen tanto de la fuerza ejercida por el bonito como de la velocidad del bobinado.

En la fase de *pescar*, el par detectado es uniforme y de mayor magnitud que en las primeras fases del ciclo, debido al incremento de carga en el extremo de la línea.

4.1.2 PAR EN LA REDUCTORA Y CONSIGNAS DEL PROCESO DE PESCA

En la siguiente figura, cada color se corresponde con la siguiente curva:

- Rosa: par medido en el eje de la reductora
- Azul: valor calculado de la consigna de largada (constante)
- Amarillo: valor calculado de la consigna de recogida (constante)

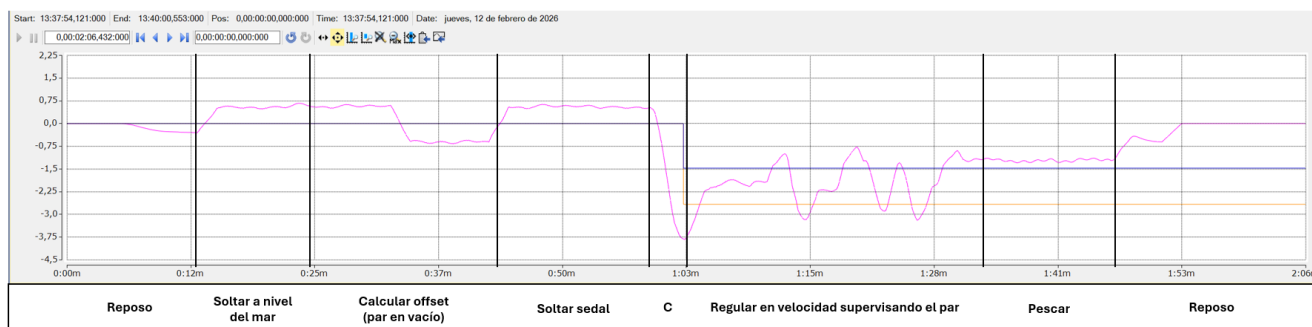


Ilustración 11. Gráfica del par detectado en el eje de la reductora y las consignas calculadas

El par detectado en la reductora presenta las mismas variaciones y oscilaciones en cada fase que la curva de par detectado en el motor, ya que se trata de la misma señal amplificada. Esto se debe a que el par ejercido por el bonito se transmite directamente al eje de la reductora, mientras que el par detectado en el motor se transforma mediante la relación de transmisión.

Por lo tanto, la curva rosa representa el par real ejercido por la captura situada en el extremo de la línea.

En cuanto a las consignas, se calculan en la fase de *calibración*. Se establecen en función del valor (anteriormente almacenado) de par en vacío y la fuerza ejercida por el bonito durante esta etapa.

En la fase de *regulación en velocidad*, mientras se suelta sedal, se compara el par detectado con la consigna de largada (azul). En el caso de recoger sedal, se compara con la consigna de recogida (amarillo). En función del margen en el que se encuentre el par medido, el carretel continuará realizando la misma maniobra o realizará la contraria, con el fin de no dañar al bonito.

La siguiente figura muestra la maniobra realizada en cada momento.

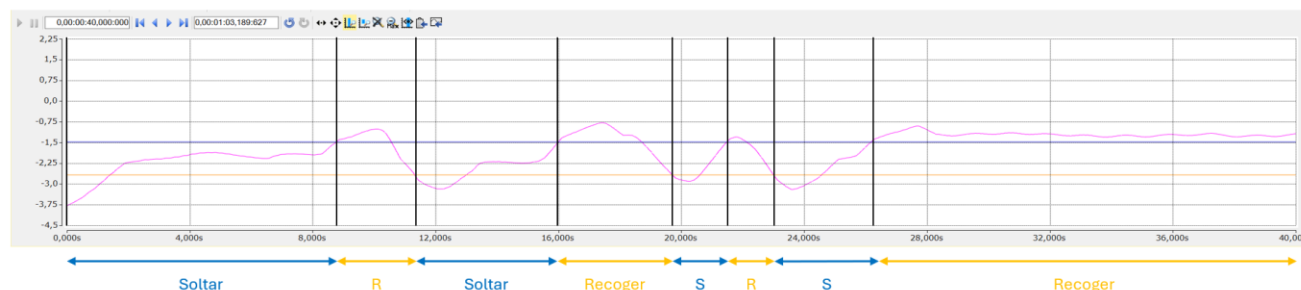


Ilustración 12. Gráfica del par detectado en el eje de la reductora en el estado regulación en velocidad supervisando el par

La duración de esta fase variará de una captura a otra, puesto que dependerá de la fuerza que ejerza cada ejemplar. En este caso, la regulación en velocidad se lleva a cabo durante 40 segundos.

En cada ciclo ejecutado, el carrete calcula las consignas en función del par inicial ejercido por el bonito. De esta forma, en la fase de *regulación en velocidad* siempre se trabajará en los márgenes adecuados para determinar qué maniobra se debe realizar en cada momento.

Por lo que se puede concluir que el software de detección de picada permite que el dispositivo reaccione de forma instantánea a los cambios de par producidos en la línea.

4.1.3 VELOCIDAD DEL MOTOR

En la siguiente figura se muestran las siguientes curvas:

- Naranja: Velocidad instantánea del eje del motor
- Verde: Consigna de velocidad que se debe alcanzar durante la fase de *regulación en velocidad supervisando el par*
- Azul: Velocidad a la que se ordena que se mueva el motor (valor absoluto)

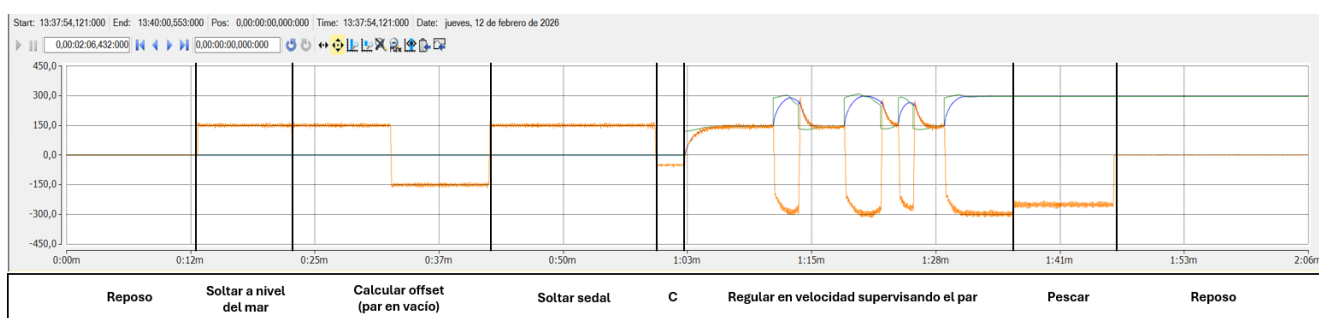


Ilustración 13. Gráfica de velocidades: instantánea y consignas

En todas las etapas del ciclo excepto en la de *regulación en velocidad supervisando el par*, el carretel opera a velocidad constante. En el caso de la fase de *pescar*, la velocidad de recogida es de $250^\circ/\text{s}$, mientras que en las demás, opera a $150^\circ/\text{s}$.

En la fase de *regulación en velocidad supervisando el par*, la velocidad objetivo en cada maniobra se determina mediante una relación lineal, calculada en función de la fuerza ejercida por el bonito en el extremo de la línea y la consigna correspondiente. Cabe destacar que la velocidad de recogida siempre será de mayor magnitud que la velocidad de largada, ya que la intención es acercar el bonito a la embarcación a pesar de largar sedal.

La siguiente figura muestra la maniobra realizada en cada momento durante esta fase.

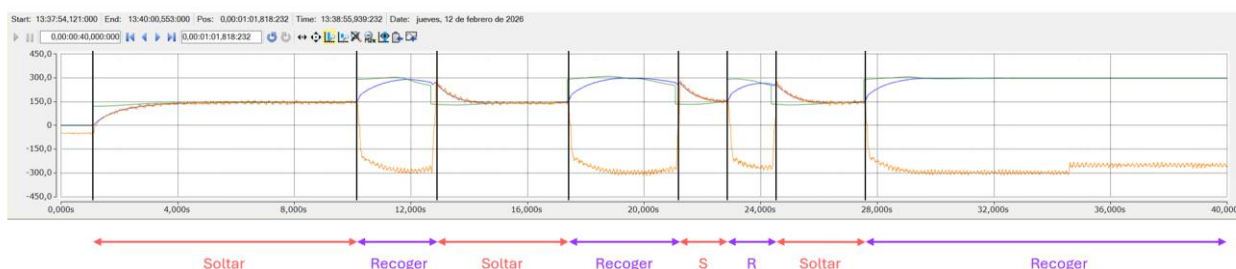


Ilustración 14. Gráfica de velocidades en el estado de regulación en velocidad supervisando el par

La consigna de velocidad (verde) y la velocidad a la que se ordena que se mueva el motor (azul), se representan únicamente en magnitud (es decir, en valor absoluto). Así, se puede comparar la velocidad alcanzada en las maniobras de lanzada y recogida con mayor facilidad.

En el caso de la velocidad instantánea del eje (naranja), ésta alcanza valores negativos porque también se representa el sentido de giro.

Se concluye que la regulación aplicada es la correcta, puesto que el motor alcanza la velocidad objetivo de forma rápida, con una transición suave y sin tirones. No obstante, la relación lineal aplicada podría optimizarse tras un periodo prolongado de uso del dispositivo en alta mar, ya que permitiría ajustar con mayor precisión los parámetros del carrete.

4.2 REPRESENTACIÓN DE VARIOS CICLOS CONTIGUOS

La siguiente figura muestra la realización de varios ciclos consecutivos del carrete. Se observa que el par ejercido por la carga varía en cada ciclo, al igual que las consignas aplicadas.

También se aprecia una ligera variación en la magnitud de la velocidad del eje del motor, debido a la diferencia de peso de cada carga y la fuerza ejercida por cada una de ellas.

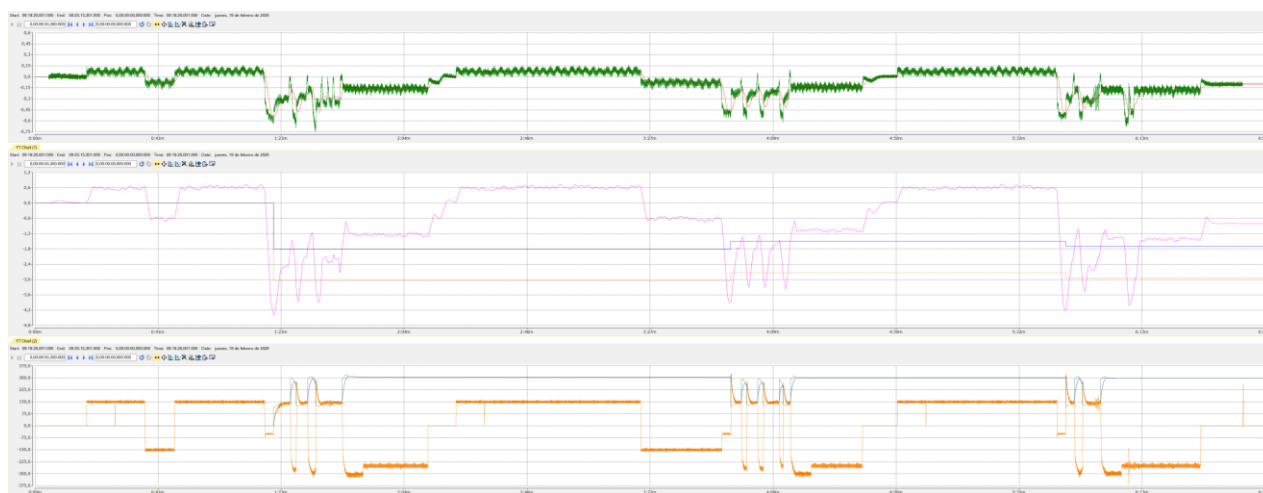


Ilustración 15. Gráfica de los valores de velocidad y par registrados a lo largo de 3 ciclos consecutivos

Las cargas utilizadas en el testeo del carrete varían entre 1 y 2.5 kg. Tras enganchar uno de estos pesos en el extremo de la línea, se ha ejercido fuerza sobre la carga para simular los cambios de par que produciría el bonito. De esta manera, se comprobó que el código respondía correctamente a las variaciones de par, independientemente de su magnitud o frecuencia.



Ilustración 16. Personal ejerciendo fuerza sobre la pesa para validar el funcionamiento de la aplicación

Además, se verificó que la interfaz de usuario representaba correctamente los cambios de estado, a través del cuadro de *Estado actual* y los LEDs de colores correspondientes.

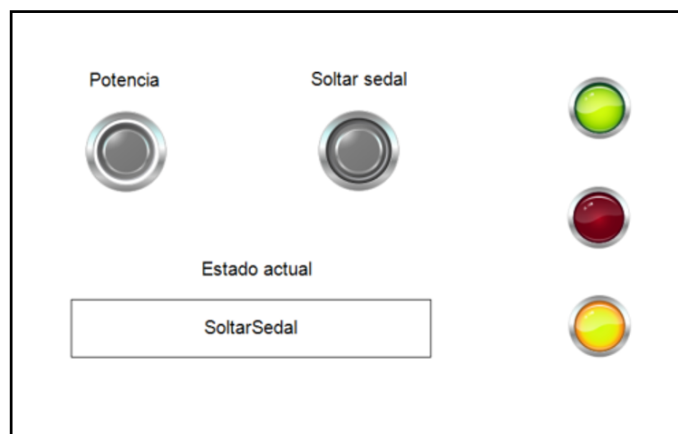


Ilustración 17. Interfaz de usuario de la aplicación del carrete



Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Universidade de Vigo

5 CONCLUSIONES

Este documento recoge la validación del software implementado en el carrete automático para la pesca de cacea (curricán).

Durante el proceso de validación, se han realizado múltiples pruebas en las que se ha modificado el peso suspendido en el extremo de la línea y la fuerza aplicada sobre la misma. De esta forma, se han estudiado los valores de par muestreados a lo largo del ciclo, tanto en el eje del motor como en el de la reductora. También se ha verificado la algoritmia de detección de picada; el carrete utiliza el valor de par registrado inicialmente para estimar las consignas de actuación y así, posteriormente, evolucionar de estado en función del par instantáneo. En cuanto a la velocidad, la regulación aplicada al motor permite una transición rápida, de forma suave y sin tirones.

El proceso desarrollado en el laboratorio ha dado lugar a resultados prometedores, permitiendo implementar parte de la lógica, principalmente de detección de picada, en el prototipo final del soporte de caña automático.

No obstante, debido a la imposibilidad de la instalación en cubierta del carrete, no ha sido posible comprobar el funcionamiento del ciclo operativo en alta mar.

Por lo tanto, de cara a trabajo futuro, podría implementarse la lógica de control a bordo. Esto permitiría tomar datos durante el proceso de pesca, tales como la fuerza realizada por los ejemplares, el peso de las capturas o el tiempo que se tarda en ejecutar el ciclo completo. Con la información recopilada, se realizaría un ajuste preciso de los parámetros del bucle de regulación, además de adecuar las velocidades aplicadas en ciertas fases del proceso.

Se concluye que se han alcanzado los objetivos previstos para este informe y, en consecuencia, para el proyecto.



6 REFERENCIAS

- [1] Brownscombe J. W., Marchand K., Tisshaw K., Fewster V., Groff O., Pichette M., Seed M., Gutowsky L. F. G., Wilson A. D. M., Cooke S. J. – *The influence of water temperature and accelerometer-determined fight intensity on physiological stress and reflex impairment of angled largemouth bass* – 2014, Conservation Physiology (2, 1)
- [2] Taniguchi Y., Harada T., Kawahara S. – *A Study of Fish Bite Data Collection System Using Acceleration Sensor for Sabiki Fishing* – 2025, IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering (20, 10)
- [3] Dettù F., Centurioni M., Formentin S., Savaresi S. M. – *Model-based estimation of the line tension in a fishing reel* – 2021, IFAC-PapersOnLine
- [4] Liu G., Yu Y.-L., Tong B.-G. – *Flow control by means of a traveling curvature wave in fishlike escape responses* – 2011, Phys. Rev. E (84, 5)
- [5] Song L., Qi Y., Li J., Shen Z., Zhang X., Shen X. – *Dynamic Simulation of Pelagic Longline Retrieval* – 2019, Journal of Ocean University of China (18, 2)
- [6] Thandiackal R., White C. H., Bart-Smith H., Lauder G. V. – *Tuna robotics: hydrodynamics of rapid linear accelerations* – 2021, Proc. Biol. Sci. (288, 1945)
- [7] Gleiss A. C., Schallert R. J., Dale J. J., Wilson S. G., Block B. A. – *Direct measurement of swimming and diving kinematics of giant Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*)* – 2019, R. Soc. Open Sci. (6, 5)