

Jornadas de Automática

Análisis del Control de Profundidad del Perfilador μ -Nautilus en el Mar Menor

Morales-Aragón, I. P.^{a*}, Torres-Sánchez, R.^a, Gilabert, J.^b, Soto-Valles, F.^a

^a Dpto. de Automática, Ingeniería Eléctrica y Tecnología Electrónica, Universidad Politécnica de Cartagena, C/ Dr. Fleming, s/n, 30202 Murcia, España

^b Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 52, 30202 Murcia, España

To cite this article: Morales-Aragón, I. P., Torres-Sánchez, R., Gilabert, J., Soto-Valles, F. 2024. Depth Control Analysis of the μ -Nautilus Profiler in the Mar Menor. *Jornadas de Automática*, 45.
<https://doi.org/10.17979/ja-cea.2024.45.10857>

Resumen

El ecosistema del Mar Menor ha experimentado crisis ambientales en la última década, lo que ha afectado negativamente a las actividades de turismo, ocio y pesca, y reduciendo el valor de las propiedades en la zona. Para abordar los desafíos de restauración de este ecosistema, se está promoviendo el desarrollo de métodos automatizados para la monitorización continua de diversos parámetros a distintas profundidades y ubicaciones. En este contexto, se ha diseñado un perfilador autónomo y sumergible de bajo peso, con capacidad de control de profundidad mediante un sistema de lastre variable, para la monitorización de las distintas estratificaciones de este entorno marino. En este estudio se presenta el algoritmo de control utilizado para gestionar la profundidad del dispositivo, basado en una estructura de control en cascada con un punto de funcionamiento ajustable. Además, se presentan los resultados obtenidos en diferentes ubicaciones del Mar Menor, junto con la autonomía y las limitaciones identificadas en función de las condiciones ambientales.

Palabras clave: Vehículos submarinos autónomos, Sistemas robóticos autónomos, Arquitecturas de control en sistemas marinos, Sensores y actuadores, Problemas de control bajo conflicto y/o incertidumbres

Depth Control Analysis of the μ -Nautilus Profiler in the Mar Menor

Abstract

The ecosystem of the Mar Menor has undergone environmental crises in the past decade, negatively impacting tourism, leisure activities, and fishing, and devaluing properties in the area. To address the restoration challenges of this ecosystem, there is a growing emphasis on developing automated methods for continuous monitoring of various parameters at various depths and locations. In this context, a lightweight, autonomous, and submersible profiler has been developed with depth control capability using a variable ballast system, enabling monitoring of the different stratifications of this marine environment. This paper presents the control algorithm used to manage the depth of the profiler, which is based on a cascade control structure with an adjustable setpoint. Additionally, the results obtained at various locations within the Mar Menor, along with the autonomy and limitations identified based on environmental conditions, are discussed.

Keywords: Autonomous underwater vehicles, Autonomous robotic systems, Control architectures in marine systems, Sensors and actuators, Control problems under conflict and/or uncertainties

1. Introducción

El Mar Menor es una laguna de agua salada situada en la Región de Murcia, rodeada por una zona donde confluyen diversas actividades económicas e industriales, destacando entre ellas la agricultura en explotaciones intensivas, cuyos insumos en forma de fertilizantes ha provocado un exceso de

nitrógeno en el acuífero. Durante las temporadas más lluviosas, este exceso ha resultado en un aumento de la descarga de aguas subterráneas ricas en nitratos, causando episodios severos de eutrofización y mortandad masiva de peces en 2019 (Pérez-Ruzafa et al., 2019) y 2021.

Estas crisis ambientales han afectado negativamente a la pesca (Zamora-López et al., 2022) y han devaluado las

propiedades en la zona (Lamas Rodríguez et al., 2023; Maté-Sánchez-Val & Aparicio-Serrano, 2023).

Para abordar los desafíos de la restauración del Mar Menor, es crucial la monitorización continua de diversos parámetros, como el nivel de oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, temperatura, y clorofila, en múltiples ubicaciones y profundidades. Esto permitirá desarrollar modelos que permitan predecir el comportamiento hidrodinámico de la laguna y, poder así, tomar medidas ante episodios desfavorables.

Actualmente, la monitorización de estos parámetros se realiza manualmente con una frecuencia semanal en distintos puntos del Mar Menor (CARM, n.d.). Sin embargo, esta metodología está limitada por las condiciones meteorológicas y requiere un esfuerzo considerable en términos de personal y embarcaciones, además de ofrecer datos limitados debido a la baja frecuencia de muestreo.

Por ello, la comunidad científica y las administraciones públicas apuestan por el desarrollo de métodos automatizados que permitan aumentar la cantidad de datos registrados y reducir las laboriosas tareas operativas. En un estudio anterior, se introdujo un perfilador diseñado para aguas someras, denominado s-Nautilus, instalado en ocho ubicaciones del Mar Menor, donde monitoriza la columna de agua con un periodo de muestreo de seis horas. Sin embargo, este perfilador no controla la velocidad de ascenso ni puede detenerse a una profundidad específica para medir con precisión las diferentes estratificaciones generadas en el entorno marino.

Para abordar estas limitaciones, un estudio previo exploró diferentes algoritmos de control de profundidad para mejorar la precisión de las mediciones (Morales Aragón et al., 2023).

Las opciones comunes para lograr la flotabilidad neutra en un dispositivo incluyen el uso de propulsores (Desa et al., 2013) y tanques de lastre (Viswanathan & Taher, 2016). Sin embargo, en el Mar Menor, donde el *fouling* es un fenómeno predominante, los actuadores expuestos al medio marino requieren un mantenimiento frecuente para su correcto funcionamiento. Por ello, se busca controlar la profundidad utilizando únicamente tanques de lastre.

Se han realizado estudios preliminares sobre el control de profundidad en una versión reducida del s-Nautilus, llamada μ -Nautilus, tanto en el laboratorio de la Universidad Politécnica de Cartagena como en el Real Club de Regatas de Cartagena, un entorno controlado. La bondad de los resultados hallados en estos entornos ha llevado a la instalación del perfilador en el Mar Menor para evaluar la efectividad del control de profundidad en el entorno real de aplicación.

Se han seleccionado dos ubicaciones para el desarrollo de este estudio: el club náutico La Isleta, donde el perfilador está menos expuesto a perturbaciones debido a la protección del puerto, y Los Narejos, una de las ubicaciones monitorizadas actualmente por el s-Nautilus, donde se esperan resultados menos favorables debido a la mayor exposición del perfilador a las condiciones ambientales.

El capítulo 2 de este artículo expone la metodología de funcionamiento del nuevo perfilador, μ -Nautilus, así como el algoritmo de control empleado para alcanzar la profundidad y la metodología utilizada en los ensayos. El capítulo 3 presenta los resultados de profundidad obtenidos en cada una de las

localizaciones, junto con una breve discusión de estos. Finalmente, el capítulo 4 presenta las conclusiones alcanzadas tras este estudio.

2. Metodología

2.1. Perfilador μ -Nautilus

El perfilador μ -Nautilus mantiene la misma dinámica de funcionamiento que el perfilador s-Nautilus, pero ha sido diseñado específicamente para reducir su peso y facilitar su transporte e instalación por un solo operador. Con un peso de apenas 11 kg, una altura máxima de aproximadamente 82 cm y un diámetro máximo de 25 cm, este dispositivo es notablemente más manejable.

El μ -Nautilus cuenta con un tanque de lastre de 750 cm³ (Engel KG, n.d.), que permite ajustar el peso del perfilador y, por ende, su flotabilidad.

Al igual que el s-Nautilus, el μ -Nautilus permanece en la superficie del mar para que el operario configure de modo remoto su operativa. En superficie también envía las medidas registradas por cada uno de los sensores vía Sigfox. Posteriormente, el perfilador desciende y permanece en el fondo marino durante un periodo de tiempo configurable, en un estado de reposo que minimiza el consumo energético. Tras este periodo, el perfilador μ -Nautilus sale del estado de reposo y comienza el estado de ascenso. Durante esta fase, el perfilador mide los parámetros marinos en el fondo, a cada profundidad intermedia establecida y, finalmente, en la superficie (aproximadamente a 0,7 metros de profundidad).

2.2. Algoritmo de control

La regulación de la profundidad del perfilador μ -Nautilus se realiza mediante un sistema de lastre variable. Debido a la inercia inherente de este sistema, el algoritmo de control se basa en una estructura de control en cascada con tres lazos de control (Figura 1). El lazo más interno gestiona la posición del pistón, permitiendo introducir o desalojar lastre del tanque. Este lazo es seguido por el control de la velocidad de ascenso del perfilador, y finalmente, el lazo más externo controla la profundidad del perfilador.

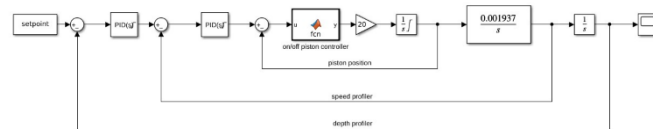


Figura 1. Esquema del sistema de control en cascada empleado para regular la profundidad del perfilador μ -Nautilus.

El controlador de la posición del pistón utiliza un enfoque de tres estados; vaciar, llenar y parar. Los controladores de velocidad y profundidad del perfilador están basados en algoritmos PID. Ambos controladores incorporan mecanismos de limitación de saturación, cuyo propósito es restringir las salidas a valores dentro de los límites operacionales reales del sistema. Esta limitación es crucial para evitar que el actuador reciba señales de control que excedan sus capacidades físicas, lo que podría causar ineficiencias.

De este modo, en función del error de profundidad obtenido, el primer controlador PID determinará la velocidad

óptima del perfilador. Posteriormente, basado en el error de velocidad, el segundo controlador PID establecerá la cantidad de lastre necesario para alcanzar dicha velocidad en función de la posición del pistón. Finalmente, en función del error de posición del actuador, el controlador de tres estados decidirá si es necesario introducir, desalojar o mantener el mismo lastre.

Al linealizar un sistema, se hace en torno a un punto de funcionamiento, determinado en este caso por el peso del perfilador. Dado que el perfilador fue diseñado para ser flexible y acomodar diferentes sensores, la adición de cada sensor altera su peso y, por ende, el punto de funcionamiento. Además, las variaciones de peso debidas al *fouling* también pueden modificar el punto de funcionamiento.

Durante las pruebas realizadas con los perfiladores s-Nautilus y μ -Nautilus, se observó que, en determinadas ocasiones, el perfilador quedaba anclado al fondo marino debido a la acumulación de lodo en ciertas zonas de la laguna, lo cual complicaba su ascenso al inicio del control.

Por lo tanto, el punto de funcionamiento del sistema deberá ser dinámico y ajustarse continuamente en cada ciclo y a cada profundidad. Esto permitirá adaptarse de manera efectiva a las variaciones ambientales y asegurar un rendimiento óptimo del perfilador en condiciones cambiantes.

Además, para mantener el perfilador a una profundidad específica con un error nulo en condiciones reales, el actuador tendría que estar en constante movimiento, incrementando así el consumo energético. Para minimizar este consumo, se decidió establecer un rango de error de profundidad dentro del cual el controlador encargado de regular la profundidad considerará el error como cero.

2.3. Ensayos en el club náutico La Isleta

Este ensayo se enfoca en evaluar el control de la profundidad del perfilador μ -Nautilus en el club náutico La Isleta (37°38'54,5"N 0°43'15,9"W). Esta elección se basó en la proximidad a la costa, lo que facilitó realizar los ajustes necesarios. Los ensayos se llevaron a cabo del 11 al 19 de abril de 2024.

Aunque los perfiladores instalados en el Mar Menor realizan un ciclo cada seis horas, para este ensayo se decidió aumentar la frecuencia, realizando un ciclo completo cada hora para agilizar los resultados y evaluar la autonomía del dispositivo.

La profundidad máxima en esta ubicación es de aproximadamente 3 metros, por lo que se optó por controlar la profundidad cada 40 cm, comenzando a una profundidad de 2,3 metros. Además, se estableció un rango de error de profundidad de 10 cm.

Asimismo, con el objetivo de minimizar el consumo energético, se decidió que una vez que el perfilador alcanzara el punto de consigna dentro del rango de profundidad establecido y a una velocidad determinada, permaneciera a ese nivel de profundidad durante 20 segundos. Este tiempo de permanencia se seleccionó por considerarse suficiente para garantizar que las condiciones del agua fueran estables y las medidas de los sensores no se vieran alteradas por el movimiento del dispositivo.

2.4. Ensayos Los Narejos

Estos ensayos se llevaron a cabo en un punto perteneciente a la playa de Los Narejos (37°44'53,3"N 0°49'45,5"W), actualmente monitoreado por el perfilador s-Nautilus. El periodo de prueba transcurrió del 8 de abril al 27 de mayo de 2024.

En este caso, se empleó la misma metodología de muestreo utilizada por el perfilador s-Nautilus para la monitorización del Mar Menor, realizando un ciclo completo cada seis horas. La profundidad máxima en esta área es inferior a 5 metros, por lo que el control de profundidad se realizó cada metro, comenzando a una profundidad de 3,1 metros.

El rango de error de profundidad y el tiempo de permanencia en el punto de consigna establecido fueron los mismos que en los ensayos realizados en el club náutico La Isleta. Es decir, una vez alcanzado el punto de consigna con un error absoluto de profundidad de 10 cm y a una velocidad determinada, el perfilador permanecía a ese nivel de profundidad durante 20 segundos.

Es importante mencionar que tanto en este ensayo como en el de La Isleta, se registraron medidas de oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura durante el control. Sin embargo, estas mediciones no son el enfoque principal de este estudio.

3. Resultados y discusión

3.1. Resultados en el club náutico La Isleta

En términos de autonomía, los resultados en esta ubicación indican que el perfilador puede realizar 192 ciclos completos con un control de la profundidad en cuatro niveles distintos. Dado que los perfiladores s-Nautilus en el Mar Menor realizan ciclos cada 6 horas, estos 192 ciclos equivalen a una autonomía de 48 días. Dado que el *fouling* es común en el Mar Menor y se recomienda limpiar los sensores al menos cada tres semanas, una autonomía de 48 días es más que suficiente para esta aplicación.

En cuanto al control, se concluye que, de los 192 ciclos, 183 presentan un control satisfactorio (Figura 2), con un error de profundidad igual o inferior a ± 15 cm durante los últimos 20 segundos, cuando el perfilador debería permanecer estable en el punto de consigna dentro del rango de error establecido.

La Figura 3 representa el error de profundidad obtenido en los dos ciclos más críticos de entre los 183 ciclos en los que se logró un error menor a ± 15 cm.

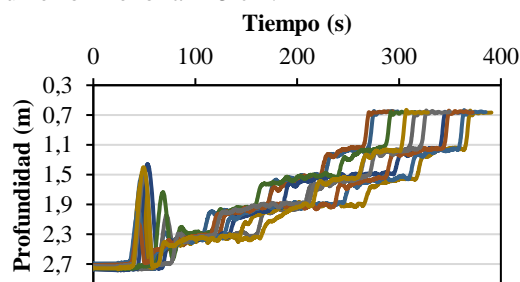


Figura 2. Evolución de la profundidad en 10 ciclos para puntos de consigna de 2,3; 2,9; 2,5 y 1,1 metros, permaneciendo estable en cada uno durante 20 segundos en el club náutico La Isleta.

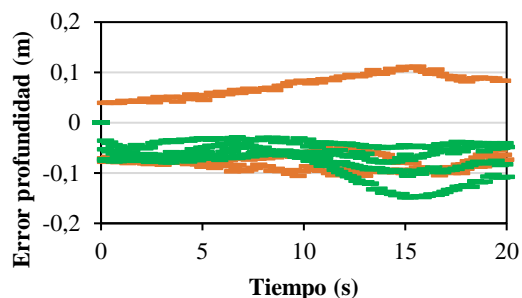


Figura 3. Error de profundidad registrado en los dos ciclos más desfavorables durante los últimos 20 segundos de control en el club náutico La Isleta.

Los resultados obtenidos en las Figuras 2 y 3 son aceptables, considerando la inercia del sistema y el rango de error establecido de 10 cm para el control de la profundidad. No obstante, si se desea mejorar la dinámica control, se podría lograr reduciendo este rango de error.

En la mayoría de los ciclos de ascenso llevados a cabo en esta ubicación se logró un control satisfactorio. Sin embargo, de los 192 ciclos, 9 presentaron un error superior a 15 cm.

La Figura 4 muestra la evolución de la profundidad para un ciclo con un error de profundidad inferior a 15 cm y otro con un error superior.

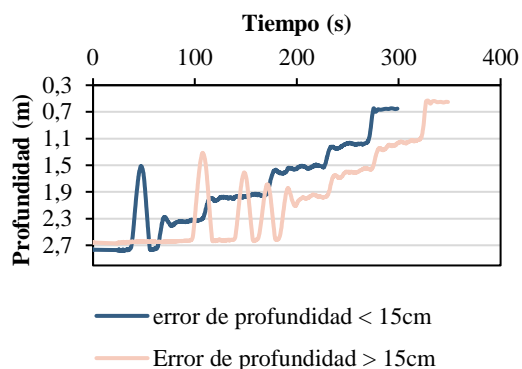


Figura 4. Comparación de la evolución de la profundidad en un ciclo con un error absoluto de profundidad inferior a 15 cm frente a otro ciclo con un error superior en el club náutico La Isleta.

Al analizar la Figura 4, se observa que, en el caso donde el error supera los 15 cm, el ascenso inicial se dificultó, posiblemente porque el perfilador quedó anclado al fondo marino. Esta situación afecta el cálculo del punto de operación, resultando en una ampliación del rango de acción del pistón y, por ende, un aumento en la amplitud de las oscilaciones.

Con el fin de evitar que el perfilador, en caso de error, continúe intentando alcanzar indefinidamente el punto de consigna, se establece un tiempo máximo para lograrlo. Como se muestra en la Figura 4, a medida que aumenta la amplitud de las oscilaciones, el algoritmo de control requiere más tiempo para estabilizar el perfilador en el punto de consigna establecido. No obstante, para el siguiente nivel de control, el algoritmo recalcula el punto de operación, asegurando un control correcto en los siguientes puntos de consigna.

Para garantizar una dinámica satisfactoria en todas las profundidades, incluso cuando el ascenso inicial es complicado, podría considerarse prolongar el tiempo de

control. Sin embargo, es importante señalar que, si se aumenta el tiempo de control o se reduce el rango de error de profundidad, se mejoraría la dinámica del sistema, aunque se vería reducida la autonomía del perfilador.

3.2. Resultados en Los Narejos

En esta ubicación se ejecutaron 76 ciclos completos. Tras estos ciclos, el nivel de tensión de las baterías, responsables de alimentar tanto la sección electrónica como el pistón del tanque de lastre, no había alcanzado el umbral mínimo operativo. Por consiguiente, en este ensayo no se presenta información suficiente para determinar la máxima autonomía registrada en esta localización. No obstante, con 76 ciclos realizados, se puede inferir que el perfilador demostró una autonomía superior a 19 días en este entorno.

En cuanto al control, en esta ubicación, 63 ciclos exhibieron una dinámica satisfactoria (Figura 5), con un error de profundidad aproximado de ± 15 cm. El máximo error absoluto alcanzado fue de 18 cm en ciertos instantes de tiempo.

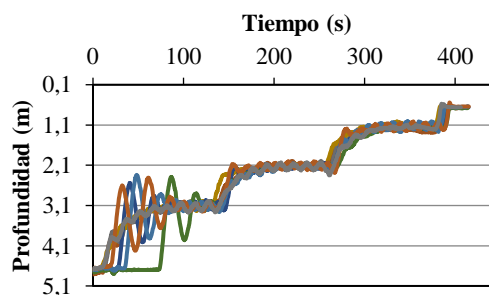


Figura 5. Evolución de la profundidad en 10 ciclos para puntos de consigna de 3,1; 2,1 y 1,1 metros, permaneciendo estable en cada punto de consigna durante 20 segundos en Los Narejos.

La Figura 6 muestra el error de profundidad obtenido en dos ciclos representativos de entre los 63 ciclos en los que se obtuvo un error aproximado de ± 15 cm.

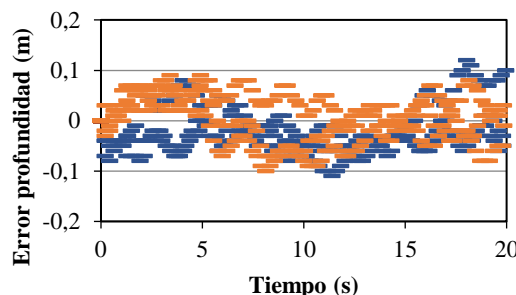


Figura 6. Error de profundidad registrado durante los últimos 20 segundos de control en dos de los 63 ciclos favorables obtenidos en Los Narejos.

Es importante señalar que en esta ubicación se experimentó una dinámica más oscilatoria. Esta condición deriva de la exposición del perfilador a corrientes, lo que genera mayores perturbaciones en el sistema. A pesar de ello, el error de profundidad obtenido fue muy similar al registrado en los ensayos en La Isleta, lo cual se considera aceptable.

No obstante, en esta localización, se observó que 13 ciclos presentaron errores de profundidad superiores (Figura 7). Este aumento en el error se atribuye, por un lado, al fenómeno

observado también en La Isleta, donde el rango de actuación del pistón era mayor debido a que el perfilador quedaba anclado en el fondo marino. Sin embargo, en este caso, el error también se atribuye a perturbaciones externas, posiblemente generadas por fuertes vientos durante los días de ensayo.

La Figura 7 muestra el error de profundidad obtenido en los dos ciclos más desfavorables de entre los 13 ciclos en los que se obtuvo un error superior a 15 cm.

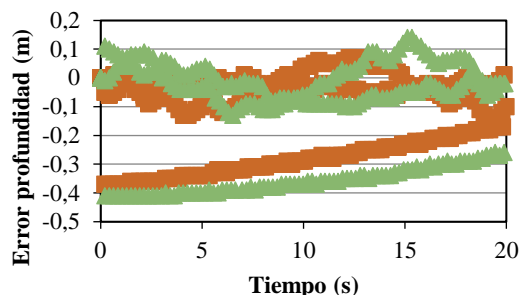


Figura 7. Error de profundidad registrado durante los últimos 20 segundos de control en dos de los 13 ciclos más desfavorables obtenidos en Los Narejos.

Dado que en esta ubicación el perfilador está más susceptible a perturbaciones externas, y considerando que tanto en Los Narejos como en La Isleta la autonomía es adecuada para esta aplicación de monitorización de la laguna, sería aconsejable reducir el rango de error de profundidad para mitigar las sobreoscilaciones y, por ende, el error de profundidad.

4. Conclusiones

Este estudio ofrece un análisis del control de profundidad implementado en el perfilador μ -Nautilus, diseñado específicamente para operaciones en aguas someras como el Mar Menor. Para lograr esta regulación, el perfilador emplea un sistema de lastre variable, respaldado por un sistema de control en cascada con un punto de funcionamiento adaptable.

Los resultados revelan un control satisfactorio, con un error medio de ± 15 cm en la mayoría de los casos. Sin embargo, la presencia de perturbaciones, como el anclaje en el fondo marino o la exposición a fuertes corrientes, puede ocasionar variaciones en el rango de error.

Dado que la autonomía del perfilador es apropiada para las condiciones del Mar Menor, donde el *fouling* requiere limpieza de sensores cada 21 días para mantener la precisión de las mediciones, se podrían ajustar los parámetros de control para mejorar la dinámica del sistema.

El software del perfilador permite la modificación de estos parámetros de control de forma sencilla a través de comunicación Wifi, lo que proporciona flexibilidad en la adaptación de la respuesta dinámica del control según las necesidades específicas de cada aplicación.

Además, la capacidad del perfilador de proporcionar un control preciso de la profundidad y medir en profundidades específicas representa una mejora significativa con respecto a la versión anterior, s-Nautilus, que solo podía medir mientras ascendía sin controlar la profundidad en cada instante. Esta

mejora permite modelar con mayor precisión las diferentes estratificaciones de la columna de agua, lo que a su vez mejora los modelos de predicción del comportamiento hidrodinámico del Mar Menor y facilita el seguimiento de cambios fisicoquímicos en la laguna salada.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del Programa THINKINAZUL que ha sido financiado por MICIU con fondos NextGenerationEU (PRTR-C17.I1) y por la Fundación Séneca con fondos de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia (CARM).

Los autores expresan su agradecimiento al club náutico La Isleta por facilitar el uso de sus instalaciones para llevar a cabo las pruebas. Asimismo, agradecen la colaboración del personal del Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental (IMIDA) por su ayuda en la instalación de este nuevo perfilador.

Referencias

- CARM. (n.d.). Canal Mar Menor - Servicio de información y atención a la ciudadanía sobre el Mar Menor. Retrieved May 13, 2024, from <https://canalmarmenor.carm.es/>
- Desa, E., Madhan, R., Dabholkar, N., Prabhudesai, S., Navelkar, G., Mascarenhas, A., Afzulpurkar, S., Phaldesai, M., & Maurya, P. K. (2013). In situ profiling of eastern Arabian sea coastal waters using a new autonomous vertical profiler. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 38(1), 43–54. <https://doi.org/10.1109/JOE.2012.2209234>
- Engel KG, A. (n.d.). Piston Tank Type EA/TA/XP - Technical Specifications. Retrieved May 13, 2024, from https://engelmodellbau.eu/shop/out/media/Piston-Tank-Info_v4.pdf
- Lamas Rodríguez, M., García Lorenzo, M. L., Medina Magro, M., & Pérez Quiros, G. (2023). Impact of climate risk materialization and ecological deterioration on house prices in Mar Menor, Spain. *Scientific Reports*, 13(1), 11772. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39022-8>
- Maté-Sánchez-Val, M., & Aparicio-Serrano, G. (2023). The impact of marine pollution on the probability of business failure: A case study of the Mar Menor lagoon. *Journal of Environmental Management*, 332, 117381. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117381>
- Morales Aragón, I. P., Gilbert Cervera, J., Torres Sánchez, R., & Solo Vallés, F. (2023). Development of an autonomous subsurface profiler with the ability to stop at specific depths for measurement of marine parameters. *Instrumentation Viewpoint*, 22, 30–31. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2973771>
- Pérez-Ruzafa, A., Campillo, S., Fernández-Palacios, J. M., García-Lacunza, A., García-Oliva, M., Ibañez, H., Navarro-Martínez, P. C., Pérez-Marcos, M., Pérez-Ruzafa, I. M., Quispe-Becerra, J. I., Sala-Mirete, A., Sánchez, O., & Marcos, C. (2019). Long-Term Dynamic in Nutrients, Chlorophyll a, and Water Quality Parameters in a Coastal Lagoon During a Process of Eutrophication for Decades, a Sudden Break and a Relatively Rapid Recovery. *Frontiers in Marine Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00026>
- Viswanathan, V., & Taher, T. (2016). Buoyancy driven autonomous profiling float for shallow waters. *OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey*, OCE 2016. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.2016.7761176>
- Zamora-López, A., Guerrero-Gómez, A., Torralva, M., Zamora-Marín, J. M., Guillén-Beltrán, A., López-Martínez de la Plaza, P., & Oliva-Paterna, F. J. (2022). Fish Assemblage Response to Eutrophic-Mediated Environmental Stress Events in the Mar Menor Coastal Lagoon (SE of Spain). *SIBIC* 2022, 5. <https://doi.org/10.3390/blsf2022013005>