

MEMORIA RESUMEN EJECUTIVO

EQUIPO 13 LPRO



SVAIS

Alejandro Mateo Costa de Dios

Alejandro Comesaña Almuiña

Andrea Dacosta Iglesias

Ángela Cabral Guardado

Javier Bilbao Lima

Nicolás Sousa González

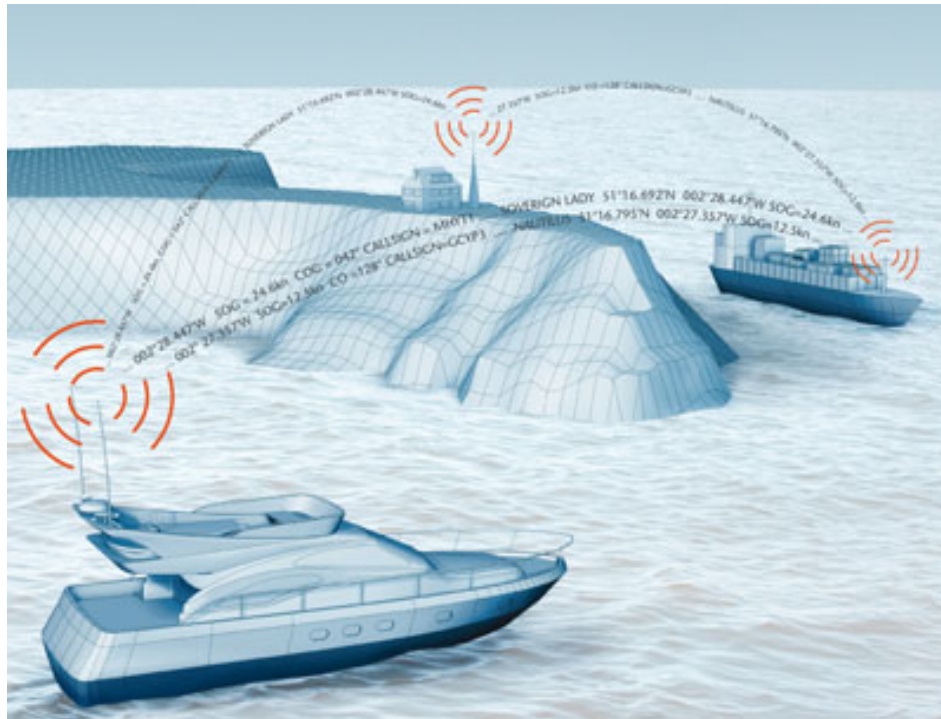


Figure 1: Ilustración recuperada de <https://www.argentina.gob.ar/prefectura naval/ais>

Contents

1	Introducción	2
1.1	Contexto	2
1.2	Motivación	2
1.3	Objetivos	2
1.4	Estado del arte	2
2	Tareas realizadas	3
2.1	Servidor Web	3
2.2	Receptor y Decodificador AIS	4
2.3	Sistema fotovoltaico de alimentación	5
3	Tecnologías	5
3.1	Captura y Decodificación de las Señales AIS	5
3.2	Comunicación Raspberry - Servidor	6
3.3	Almacenamiento de Datos	6
3.4	Servidor Web	6
4	Pruebas y resultados	6
4.1	Sistema de alimentación solar	6
4.2	Decodificación de señal pregrabada	7
4.3	Captura de señales	7
5	Comercialización del producto	7
6	Conclusiones	8
6.1	Líneas futuras	8
7	Presupuesto	8
8	Bibliografía	9

1 Introducción

1.1 Contexto

El transporte marítimo es un pilar fundamental en la economía global, facilitando el comercio internacional y conectando mercados de todo el mundo. Sin embargo, la seguridad y la integridad de las operaciones marítimas son constantemente desafiadas por actividades fraudulentas, como la falsificación de datos de posicionamiento de los buques [1]. La tecnología AIS (*Automatic Identification System*) se ha convertido en una herramienta vital para la monitorización y la gestión del tráfico marítimo, proporcionando información sobre la posición, velocidad y otras características de los buques. No obstante, la veracidad de estos datos no siempre puede ser garantizada, lo que plantea un riesgo significativo para la seguridad marítima y la gestión eficiente de los recursos.

1.2 Motivación

El presente proyecto aborda la problemática mencionada anteriormente, proponiendo técnicas de validación y verificación de datos para capturas de señales AIS. Por medio de una interfaz web interactiva personalizable, se pretende ofrecer a los organismos de control marítimo una herramienta muy visual y eficaz para detectar y prevenir actividades anómalas en el tráfico marítimo.

Esta iniciativa no solo contribuirá a fortalecer la seguridad y la integridad de las operaciones marítimas, sino que también impulsará la eficiencia y la transparencia en la gestión del transporte marítimo a nivel global.

1.3 Objetivos

1. Desarrollar un sistema de captura y decodificación de señales AIS que permita recopilar datos en tiempo real sobre el movimiento y la ubicación de los buques en áreas marítimas designadas.
2. Implementar un algoritmo de validación de datos que analice la coherencia y la consistencia de la información proporcionada por las señales AIS, identificando posibles discrepancias o anomalías.
3. Diseñar e implementar una interfaz web intuitiva y funcional que muestre los datos recopilados y los resultados del proceso de validación, proporcionando herramientas de análisis y generación de alertas para los usuarios autorizados.
4. Evaluar la eficacia y la precisión del sistema mediante pruebas exhaustivas en entornos simulados y reales, ajustando y mejorando el rendimiento del sistema según sea necesario.

A partir de todo esto nace **SVAIS**, un proyecto que aspira a desarrollar una solución integral y eficiente para el monitoreo y la validación de datos AIS, contribuyendo a fortalecer la seguridad y la transparencia en el transporte marítimo a nivel global.

1.4 Estado del arte

Actualmente, en el mercado existen numerosas páginas web y aplicaciones que permiten rastrear y obtener información sobre las embarcaciones que navegan a través de las señales AIS que emiten [2]. Sin embargo, una limitación común en estas soluciones es la falta de verificación de la veracidad de los datos. Esta carencia evidencia una problemática persistente en el ámbito del monitoreo marítimo.

En este escenario, nuestro proyecto destaca al integrar de manera eficiente la monitorización y representación en tiempo real de los datos transmitidos en las señales AIS con su verificación y análisis. Esta funcionalidad unificada busca abordar la necesidad latente en el mercado de contar con soluciones que no solo proporcionen información, sino que también garanticen su precisión y confiabilidad. Esto es fundamental para mejorar la seguridad y la eficiencia en la gestión del tráfico marítimo.

2 Tareas realizadas

Este proyecto ha desarrollado un sistema de verificación AIS compuesto por múltiples bloques componentes mostrados en la Figura 2. Para la implementación de cada bloque y sus interconexiones se han llevado a cabo diversas líneas de trabajo en paralelo:

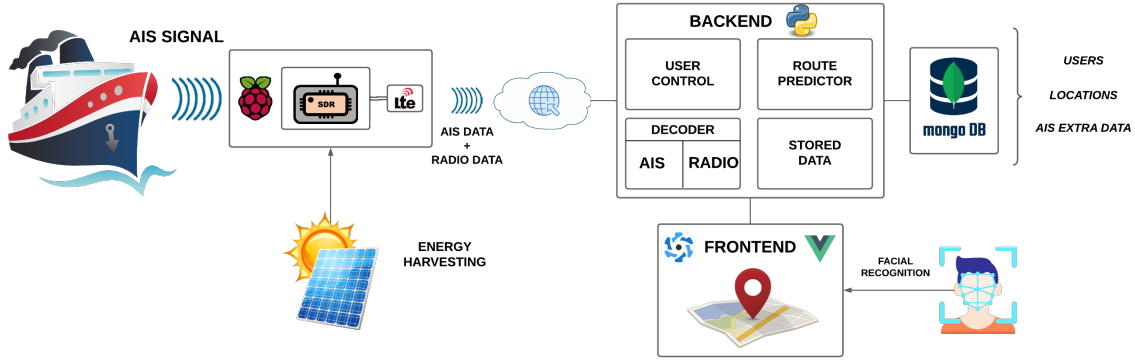


Figure 2: Diagrama de bloques del prototipo

2.1 Servidor Web

Ofrece al usuario una interfaz interactiva y adaptada a cualquier dispositivo, que permite la vigilancia y filtrado de toda la información relativa a las distintas embarcaciones detectadas y su correspondiente verificación posicional. Esto se asegura mediante un sistema de radiogoniometría externo que proporciona ángulos de incidencia de las señales sobre las antenas de posicionamiento. A continuación, los ángulos se utilizan en un algoritmo de triangulación para calcular una elipse del 95% de confianza, identificando como fraudulentas las posiciones navieras fuera de esta elipse y notificando al usuario según corresponda (Figura 3).

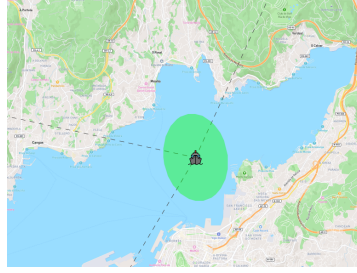
Esencialmente, la aplicación web dispone de dos modos de funcionamiento (Figura 4), el modo Vigilancia, descrito anteriormente, y el modo Simulacro, el cual nos permite analizar el comportamiento del sistema ante determinadas situaciones predefinidas, ayudando a los nuevos operarios a familiarizarse con el uso de la aplicación y comprender su funcionamiento de manera más sencilla.

A mayores, se permite consultar el histórico de cada embarcación, dando a conocer la ruta que ha registrado o detectando aquellas que puedan ser anómalas (saltos repentinos de posición, momentos donde se deja de emitir señal, etc) y alertar al usuario en consecuencia.

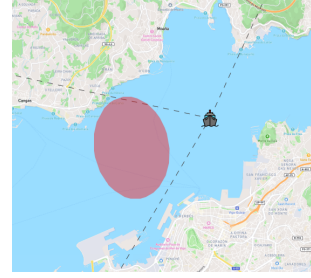
Como añadido se ha implementado una opción que permite decodificar mensajes AIS pregrabados de manera que puedan ser fácilmente visualizados en el mapa y que permita su descarga.

Con el fin de llevar un control sobre el acceso a las funcionalidades mencionadas anteriormente, definimos tres roles. Los **Base**, restringidos únicamente al modo Vigilancia, los **Operarios**, que cuentan con un acceso total a las funcionalidades del sistema y, finalmente, los **Administradores**, capaces incluso de acceder y modificar la base de datos.

De cara a proteger la información sensible o privada que pueda recopilar la aplicación, se ha implementado un sistema de reconocimiento facial a modo de verificación en dos pasos, proporcionando una capa más de seguridad en el inicio de sesión de los distintos tipos de usuarios.

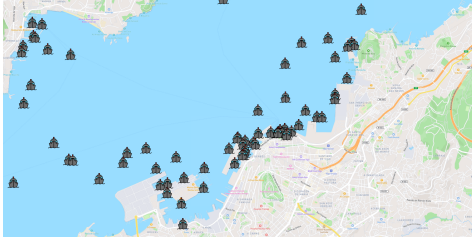


(a) Posición real

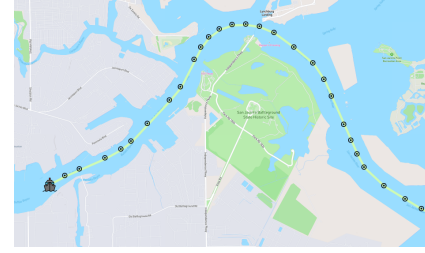


(b) Posición falseada

Figure 3: Verificación de las posiciones



(a) Modo Vigilancia



(b) Modo Simulacro

Figure 4: Modos de funcionamiento

2.2 Receptor y Decodificador AIS

El sistema cuenta con un nodo receptor que se ubicará en la costa, compuesto principalmente por una Raspberry Pi conectada a una radio definida por software (SDR), encargada de la captura de señales de radio AIS, para su posterior decodificación, y, finalmente, de su transmisión al servidor por medio de un enlace LTE [3].

Para el decodificador se ha seguido un plan de implementación en dos fases. En la primera, se ha realizado un programa en Matlab, realizando pruebas con señales AIS pregrabadas. En la segunda fase, se ha implementado este mismo algoritmo en Python, cuyo esquema se muestra en la Figura 5, comprobando las salidas de ambos programas para verificar su correcto funcionamiento.



Figure 5: Diagrama de flujo de la decodificación.

Con la finalidad de llevar esto a cabo, se tiene en cuenta que un sistema AIS transmite datos del buque mediante un emisor VHF, que puede ser propio del buque o dedicado al AIS, utilizando los canales 87B y 88B, correspondientes a las bandas de frecuencia 161.975 MHz y 162.025 MHz, respectivamente, mediante una modulación de desplazamiento mínima gaussiana (GMSK) de 9.6 kbits/s en canales de 25kHz, usando un protocolo de paquetes HDLC. Por otro lado, para comprender la estructura y tipos de mensajes de AIS se toma la Recomendación UIT-R M.1371-5 (02/2014)[4], donde se denomina la estructura mostrada en la Figura 6.

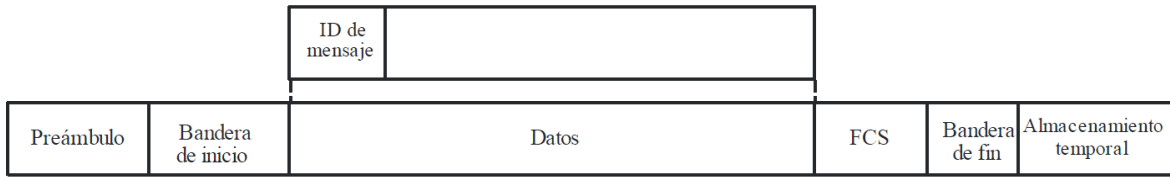


Figure 6: Estructura del mensaje AIS.

En cuanto a la captura de las señales, se ha desarrollado un sistema de captura AIS mediante la SDR mencionada anteriormente y un programa en Python.

2.3 Sistema fotovoltaico de alimentación

Con el objetivo de garantizar un abastecimiento energético constante y sostenible a nuestro nodo para que pueda llevar a cabo las tareas de captura, decodificación y transmisión de los datos de manera eficiente y autónoma, hemos implementado un sistema de alimentación basado en energía solar. [5]

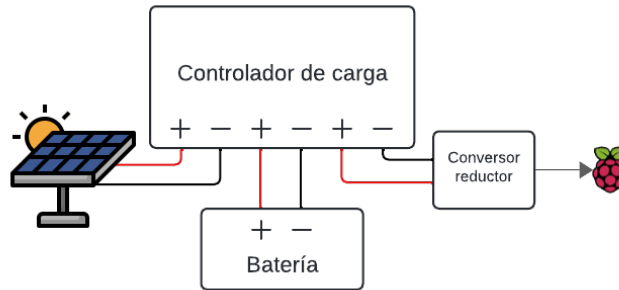


Figure 7: Diagrama sistema de alimentación solar

El esquema (Figura 7) consta de 4 componentes principales. De inicio, se emplea un panel solar para capturar la energía solar disponible y convertirla en electricidad, la cual es dirigida hacia un controlador de carga, encargado de regular el flujo de energía hacia la Raspberry o hacia una batería recargable, en función de la situación, asegurando una carga óptima y segura de la batería sin perjudicar en ningún momento la autonomía de la Raspberry. El convertor reductor entra en juego para ajustar la tensión de salida del controlador de carga a niveles adecuados para alimentar la Raspberry.

3 Tecnologías



Figure 8: Tecnologías usadas

3.1 Captura y Decodificación de las Señales AIS

Para llevar a cabo la captura y decodificación de las señales AIS en la Raspberry Pi, se ha optado por utilizar Python como el lenguaje de programación principal, ya que ofrece una amplia gama de

bibliotecas y herramientas para la comunicación y el procesamiento de datos, lo que lo convierte en una elección adecuada para este propósito.

Específicamente para la captura de las señales AIS, se ha utilizado una RTL-SDR con su respectivo kit de antena dipolo.[6] A pesar de no ser el equipo más apropiado para la captura de señales AIS, sí que ofrece muy buenos resultados para su precio, además de una amplia variedad de bibliotecas de Python, específicamente diseñadas para interactuar con dispositivos de este tipo, facilitando mucho el trabajo de desarrollo del proyecto.

3.2 Comunicación Raspberry - Servidor

Se requiere una tecnología de conexión a distancia de varios Km en zonas remotas, de modo que es necesaria la instalación de equipos de bajo coste en numerosas localizaciones.

Es por eso que para la transmisión de datos desde la Raspberry Pi al Backend de nuestro servidor, hemos optado por utilizar un enlace LTE. Esta tecnología ofrece una conexión barata, fiable y rápida, además de un muy buen balance entre alcance y latencia, llegando a ofrecer tasas de hasta 100 Mbps con latencias de entre 30 y 50 milisegundos, adecuándose de manera idónea a nuestros intereses y garantizando la transferencia eficiente de datos en tiempo real entre nuestro receptor y el servidor.

3.3 Almacenamiento de Datos

Para almacenar tanto los datos capturados como procesados, hemos optado por MongoDB como nuestra base de datos. MongoDB es una base de datos NoSQL altamente escalable y flexible, lo que la hace ideal para manejar grandes volúmenes de datos en tiempo real. Además, su capacidad para almacenar datos en formato JSON facilita y agiliza en gran medida la integración con nuestro sistema.

3.4 Servidor Web

Para el desarrollo del Backend de nuestro sistema, hemos utilizado Django, un marco de desarrollo web de Python conocido por su eficiencia gracias a su conjunto de herramientas integradas y su enfoque en la simplicidad y la claridad del código, lo que nos permite concentrarnos en la implementación de la lógica de negocio sin tener que preocuparnos por aspectos técnicos complejos. A esto se le suma la naturaleza escalable de la tecnología junto con su sólida reputación en términos de seguridad, la cual cobra una gran importancia al tratarse de un proyecto dirigido a entidades gubernamentales y del orden.

En cuanto al Frontend, nos hemos decantado por Quasar y Vue.js, que ofrecen una combinación potente y flexible para la creación de interfaces de usuario modernas y altamente interactivas. Además, al tratarse de tecnologías con las que ya estamos familiarizados, el desarrollo de esta sección del proyecto se ha llevado a cabo de manera más ágil y eficiente.

Además, con el fin de asegurar el cifrado de las comunicaciones de extremo a extremo, hacemos uso de TLS, implementado con un proxy NGINX.

4 Pruebas y resultados

4.1 Sistema de alimentación solar

Se comprobó que el sistema de alimentación solar proporciona un suministro energético continuo y autónomo para la Raspberry Pi, asegurando un funcionamiento ininterrumpido, incluso en condiciones de poca luz solar o durante la noche.

4.2 Decodificación de señal pregrabada

Durante las primeras semanas, se decodificó en Matlab una señal AIS proporcionada por INDRA, capturada a 384kHz, que contenía un pulso AIS de alto nivel del que se extraen muestras complejas con las que iniciar la decodificación. INDRA proporcionó el resultado final esperado, un mensaje tipo 1 de posición, para verificar el correcto desarrollo del programa. Además, también es necesario verificar la salida de diversos puntos intermedios con los que determinar la validez del diseño.

Posteriormente, este proceso se tradujo a Python, donde se debía obtener el mismo resultado, con la finalidad de así poder realizar la decodificación en tiempo real.

4.3 Captura de señales

En la calle Julián Estévez, una zona cercana a una terminal marítima de la ciudad, se han capturado transmisiones AIS de manera continuada, al mismo tiempo que han sido decodificadas.

De esta manera, una vez extraídos todos los datos de las señales capturadas, se han almacenado en la base de datos y representado en nuestra página web, permitiendo comparar dichos resultados con los de otras aplicaciones de rastreo AIS, demostrando un funcionamiento muy satisfactorio, al poder comprobar donde ubicaba nuestro sistema a la embarcación "SANMARTIN", contrastando que el resultado obtenido era lógico y fiel a la realidad (Figura 9).

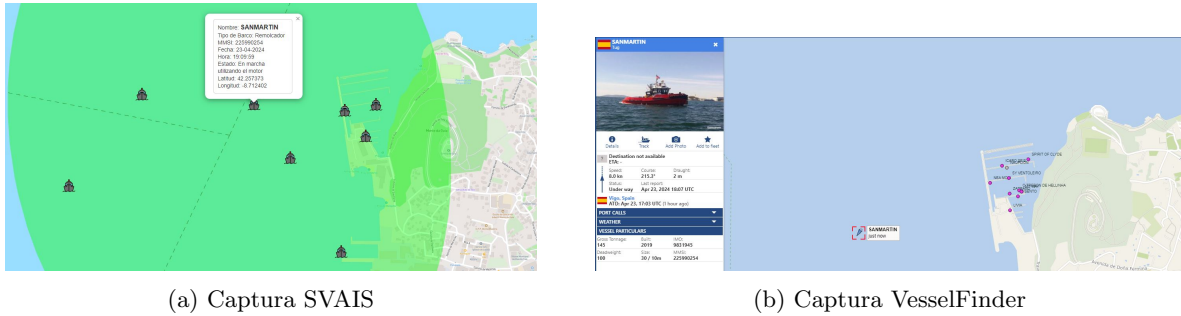


Figure 9: Comparación de captura de señales

5 Comercialización del producto

En la actualidad, más del 90% del comercio mundial se transporta por mar [7], lo cual, manifiesta la importancia de la gestión de la navegación marítima en todo el mundo. Además, siguiendo los objetivos de la agenda 2030 [8], es primordial hacer un uso responsable de los ecosistemas marítimos, mostrando el fuerte impacto de nuestro proyecto en diversos sectores.

Desde administradores del tráfico marítimo hasta capitanes de barco, todos ellos se beneficiarían de conocer en tiempo real la ubicación verificada y otros datos relevantes de las embarcaciones cercanas para garantizar la seguridad de su flota en alta mar, el cumplimiento de la legislación y la conservación de los ecosistemas marinos [9].

Con el fin de resolver esas necesidades y poder financiar el prototipo, presentamos dos formas de comercialización:

1. Suscripción anual: Aquellos usuarios interesados podrán acceder a nuestros servidores mediante una cuota anual, permitiendo su acceso a todas las funcionalidades disponibles.

2. Despliegue bajo demanda: Debido a la sensibilidad de ciertos datos y a las medidas de seguridad que muchas entidades gubernamentales puedan tener, ofrecemos el despliegue de nuestro servicio en sus propios servidores. Gracias a esto, tendrán control absoluto del sistema y nuestro único fin será el de dar soporte o incluir funcionalidades específicas.

6 Conclusiones

La finalización de este prototipo supone un paso significativo hacia la mejora de la seguridad y la eficiencia en el monitoreo marítimo a través de señales AIS. Al abordar la problemática de la veracidad de los datos en este contexto, hemos desarrollado una solución integral que no solo cubre una necesidad importante en el mercado, sino que también tiene el potencial de generar un gran impacto en la industria marítima y medioambiental.

6.1 Líneas futuras

Tras verificar el valor potencial que nuestro producto puede llegar a aportar mediante la simulación del cálculo de los ángulos de incidencia, consideramos que la implementación de una herramienta de radiogoniometría es algo prioritario para poder elevar nuestro prototipo a su máxima capacidad.

Además, creemos que implementar un algoritmo de predicción de rutas basado en un modelo LSTM (Long short-term memory) podría aportar mucho valor a nuestro producto, sobre todo de cara a clientes que puedan necesitar efectuar la detención de una tripulación que está llevando a cabo actividades ilícitas o, por el contrario, facilitar el rescate de una embarcación en peligro.

Para finalizar, en el prototipo hemos implementado un sistema de alerta en caso de que una embarcación se encuentre en una zona considerada restringida, pero, debido a que no consideramos primordial una investigación exhaustiva de la legislación vigente con respecto a las ubicaciones de dichas zonas, nos gustaría, como ampliación del proyecto, cambiar las áreas simuladas del prototipo por las reales.

7 Presupuesto

A continuación, de cara a estudiar la viabilidad y planificación del prototipo, se presenta una tabla detallada (Table 1) que resume los costes de todos los materiales necesarios para la implementación de nuestro proyecto:

Tarea	Componente	Coste (EUR)
Captura señales AIS	Raspberry Pi 4B 8GB	118.90
	RTL-SDR	39.42
	Kit Antena dipolo	20.84
Comunicación LTE	Módem LTE	19.99
Abastecimiento energético Raspberry	Cable eléctrico de silicona	3.25
	Batería recargable de plomo ácido 12V/10Ah	29.95
	Conversor reductor de corriente continua	8.11
	Controlador carga solar 12V/24V	10.99
	Conectores de Pala de Nailon de Calibre 16-14	0.15
	Panel SunBeam System T50F	250.00
Total		501.60

Table 1: Tabla de costes

8 Bibliografía

References

- [1] Public: *Engaño en alta mar: barcos sospechosos falsean el GPS para evadir leyes internacionales*. New York Times.
<https://www.nytimes.com/es/2022/09/05/espanol/sanciones-venezuela-rusia-mar.html>
- [2] Public: *Web de monitoreo de embarcaciones*. ShipFinder.
<https://shipfinder.co/>
- [3] Public: *Diseño de una estación AIS portátil*. Jesús Galván Santos
<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/30321/Diseno%20de%20una%20estacion%20AIS%20portatil.pdf?sequence=1>
- [4] Public: *Características técnicas de un sistema AIS*
https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1371-5-201402-I!!PDF-S.pdf
- [5] Public: *Alimentación solar Raspberry*. Autodesk Instructables.
<https://www.instructables.com/Raspberry-Pi-4b-UPSSolar-Power/>
- [6] Public: *Configuración RTL-SDR*. RTL-SDR.com
<https://www.rtl-sdr.com/rtl-sdr-quick-start-guide/>
- [7] Public: *Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico*
https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/plan-ribera/contaminacion-marina-accidental/trafico_maritimo.html
- [8] Public: *Naciones Unidas*. Agenda 2030
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- [9] Public: *Consecuencias de la pesca ilegal: impacto ambiental y económico*. Jornadas de Pesca
https://jornadasdepesca.com/pesca-sostenible-y-conservacion/consecuencias-pesca-ilegal/#la_sobreexplotacion_de_los_recursos_marinos_afecta_el_equilibrio_ecologico_de_los_ecosistemas_marinos