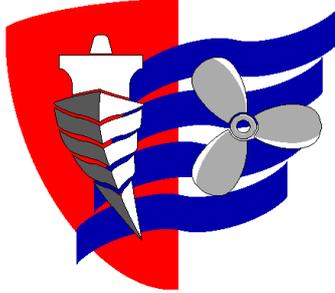


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Trabajo Fin de Máster*

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL  
ÁMBITO MARÍTIMO Y EL INICIO DE  
LOS BUQUES AUTÓNOMOS.**

(Artificial Intelligence in maritime transport  
and the beginning of unmanned vessels.)

Para acceder al Título de Máster Universitario en

**INGENIERÍA NÁUTICA Y GESTIÓN  
MARÍTIMA.**

Autor: Naira M<sup>a</sup> Campos Delgado

Directora: Emma Díaz Ruiz De Navamuel

Septiembre - 2020

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

*Trabajo Fin de Máster*

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL  
ÁMBITO MARÍTIMO Y EL INICIO DE LOS  
BUQUES AUTÓNOMOS.**

(Artificial Intelligence in maritime transport  
and the beginning of unmanned vessels.)

Para acceder al Título de Máster Universitario en

**INGENIERÍA NÁUTICA Y GESTIÓN  
COMERCIAL**

Septiembre - 2020

## **AVISO DE RESPONSABILIDAD:**

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Máster de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Máster así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.

# ÍNDICE.

ÍNDICE.....	1
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	4
ÍNDICE DE TABLAS Y FLUJOGRAMAS.....	4
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE .....	5
ABSTRACT AND KEYWORDS. ....	6
ABREVIATURAS Y DEFINICIONES. ....	7
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. PLANTEAMIENTO, ESTADO DEL ARTE Y OBJETIVOS. ....	10
II.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
II.2. ESTADO DEL ARTE. ....	11
II.3. OBJETIVOS.....	12
III. METODOLOGÍA. ....	12
CAPÍTULO 1. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	14
1.1 LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	14
1.1.1 DIFERENCIA ENTRE EN UN SOFTWARE DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y UN PROGRAMA DE ORDENADOR. ....	15
1.1.1.1 MACHINE LEARNING (ML).....	15
1.1.1.2 DEEP LEARNING (DL) .....	16
1.1.2 HARDWARE.....	16
1.1.3 ALGORITMO.....	16
1.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL TRANSPORTE MARITIMO. ....	17
1.2.1 REVOLUCIÓN INDUSTRIAL 4.0 EN LOS PUERTOS.....	17

1.2.2	PUERTOS INTELIGENTES. ....	17
1.2.2.1	TERMINAL AUTOMATIZADA. ....	18
1.2.2.2	SMART PORT BARCELONA. ....	18
1.2.3	SISTEMAS DE AMARRE AUTOMATIZADOS. ....	20
1.2.3.1	SISTEMA DE AMARRE MAGNÉTICO. ....	21
1.2.3.2	SISTEMA DE AMARRE POR VACÍO. ....	21
1.2.3.3	SISTEMA DE AMARRE SEMIAUTOMÁTICO (TTS) ....	22
1.2.3.4	SISTEMA DE AMARRE “SHORETENSION” ....	23
1.3.	AVANCES TECNOLÓGICOS RECIENTES. ....	24
1.3.1.	IMPRESIÓN 3D. ....	24
1.4.	PROYECTOS PARA PUERTOS INTELIGENTES. ....	25
1.4.1.	MONALISA 2.0. ....	25
1.5.	INTELIGENCIA ARTIFICIAL CON EL MEDIO AMBIENTE. ....	26
1.5.1.	SISTEMAS DE PROPULSIÓN MÁS SOSTENIBLES. ....	28
1.5.2.	PUERTO DE LA GOMERA. ....	29
	CAPÍTULO 2. BUQUES AUTÓNOMOS. ....	32
2.1	BUQUE INTELIGENTE (SMART SHIP). ....	32
2.1.1	BUQUES AUTONOMOS. ....	33
2.1.1.1	LLOYD’S REGISTER. ....	35
2.1.1.2	BUREAU VERITAS. ....	36
2.1.2	PROYECTOS BUQUES AUTÓNOMOS. ....	36
2.2	ELEMENTOS QUE HACEN POSIBLE LA NAVEGACIÓN AUTÓNOMA. ....	39
2.2.1	FUNCIONAMIENTO DE LOS BUQUES AUTÓNOMOS. ....	42
2.2.1.1	SISTEMA DE NAVEGACIÓN AUTÓNOMO (SNA) ....	46
2.2.1.2	ATRAQUE Y DESATRAQUE ....	48

2.3	BUQUES AUTÓNOMOS PROBADOS. ....	48
2.3.1	BUQUE AUTÓNOMO MYFLOWER. PRIMER BUQUE EN CRUZAR EL ATLÁNTICO. ....	48
2.3.2	PRIMER BARCO AUTÓNOMO EN ESPAÑA. ....	52
2.4	CIBERSEGURIDAD. ....	52
	CAPÍTULO 3. ANÁLISIS .....	55
3.1.	¿ES POSIBLE EVITAR COLISIONES? .....	55
3.2	¿HAY SEGURIDAD EN LOS BUQUES CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL?.....	57
3.2.1	PUENTE AUTOMATIZADO .....	58
3.2.2	MÁQUINA DESATENDIDA .....	59
3.3	INCONVENIENTES QUE SURGEN AL AUTOMATIZAR DISTINTOS TIPOS DE BUQUES PARA QUE NAVEGUEN SIN TRIPULACIÓN .....	61
3.4	RESPONSABILIDAD EN CASO DE ACCIDENTE. ....	66
3.4	POSIBLES MEJORAS. ....	66
	CAPÍTULO 4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS. ....	70
4.1.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	70
4.1.1	VENTAJAS. ....	71
4.1.2	DESVENTAJAS.....	72
	CONCLUSIÓN.....	76
	REFERENCIAS.....	79

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Imagen 1. Sistema de Amarre Magnético.....	21
Imagen 2. Sistema de amarre por vacío.....	22
Imagen 3. Sistema de amarre semiautomático (TTS).....	23
Imagen 4. Sistema de amarre “Shoretension” .....	24
Imagen 5. Conexión eléctrica tierra- buque.....	30
Imagen 6. Buque Falco. Proyecto SVAN.....	38
Imagen 7. Buque autónomo Mayflower.....	49
Imagen 8. USV Vendaval.....	52
Imagen 9. Puente de mando de un buque autónomo.....	58

## ÍNDICE DE TABLAS Y FLUJOGRAMAS.

Flujograma 1. Niveles de autonomía.....	34
Flujograma 2. Funcionamiento buque autónomo.....	44
Tabla 1. Datos del buque “Myflower” .....	49
Flujograma 3. Retos, objetivos y métodos para la implantación de un buque autónomo.....	75

## RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Este trabajo hace referencia a los cambios que se han ido produciendo en los últimos años debido a la Inteligencia Artificial (IA), y la velocidad con la que está cambiando nuestro sector e introduciéndose las nuevas tecnologías para conseguir mayor productividad y reducir el error humano.

Con los avances tecnológicos aparecen los “Smarts ports” que van de la mano de las “Smart cities” o también los “Smart Ships” o buques inteligentes que serán el futuro de la industria marítima.

Para la construcción de los buques autónomos se están utilizando sistemas controlados por máquinas basados en algoritmos que utilizan principalmente la inteligencia artificial. Son muchos los elementos que se usan para que la navegación autónoma sea posible y numerosos estudios son los que se siguen haciendo para poder mejorarlos y que la seguridad sea lo más eficiente posible. El funcionamiento de un buque sin tripulación, precisa de sistemas digitales que requieren del uso de datos y sensores. Sistemas de navegación actuales como GPS, radar y AIS son combinados con sensores como cámaras HD y térmicas, sistema LIDAR, etc.

En este trabajo se explica cómo funcionan los buques autónomos, fundamentado en los proyectos más recientes que desarrollan las empresas.

Se hace un análisis sobre si los buques autónomos son seguros o no; cómo podría ser el funcionamiento de un puente de mando y una sala de máquinas sin tripulación, y qué posibles mejoras se pueden ofrecer para un funcionamiento óptimo. Finalmente, se mencionan distintas ventajas y desventajas que ofrecen los buques sin tripulación.

Palabras clave: Inteligencia artificial, buque autónomo, software, hardware, algoritmo, sensores, MASS

## ABSTRACT AND KEYWORDS.

This work refers to the changes that have taken place in recent years due to Artificial Intelligence (AI), and the speed with which our sector is changing and new technologies are being introduced to achieve greater productivity and reduce human error.

With technological advances, "Smart ports" appear, which go hand in hand with "Smart cities" or also "Smart Ships" or smart ships, they will be the future of the maritime industry.

For the construction of autonomous ships, systems controlled by machines based on algorithms that mainly use artificial intelligence are being used. There are many elements that are used to make autonomous navigation possible and numerous studies are still being done to improve them and make safety as efficient as possible. The operation of an unmanned vessel requires digital systems that require the use of data and sensors. Current navigation systems such as GPS, radar and AIS are combined with sensors such as HD and thermal cameras, LIDAR system, etc.

This paper explains how autonomous ships work based on the companies that develop the most recent projects and after that explanation an analysis is made of whether autonomous ships are safe or not, how a command bridge and a Unmanned engine room and what possible improvements can be offered for optimal operation of these vessels. Finally, after the analysis, different advantages and disadvantages offered by unmanned vessels are mentioned.

Keywords: Artificial intelligence, unmanned vessel, software, hardware, logarithm, sensors, MASS.

## ABREVIATURAS Y DEFINICIONES.

**3D:** 3 dimensiones.

**AAWA:** Iniciativa avanzada de aplicaciones autónomas en el mar.

**AIS:** Automatic Identification System (Sistema de Identificación Automática).

**Algoritmo:** Operaciones sistemáticas que hayan una solución.

**ARPA:** Automatic Radar Plotting Aid (radar de punteo automático).

**Big Data:** Conjunto de datos.

**Checklist:** Lista de comprobación.

**COLREG:** Regulación anticolisión.

**ECDIS:** Electronic Chart Display and Information System (sistema de cartografía electrónica).

**Hardware:** Elementos físicos que conforman un ordenador

**Hacker:** Pirata informático

**IMO:** Organización Marítima Internacional.

**LIDAR:** Detección y determinación de la luz o Detección y localización de imágenes por láser.

**LORAN:** Long RAnge Navigation (Navegación de Largo Alcance).

**LR:** Lloyd's Register (Sociedad de clasificación).

**MAXCMAS:** Regulaciones de colisión para sistemas marinos autónomos. (Machine eXecutable Collision regulations for Marine Autonomos System)

**MASS:** Buques de superficie autónomo. (Maritime Autonomous Surface Ship)

**MSA:** Módulo de sensores avanzado.

**MUNIN:** Navegación sin tripulación por medio de la red inteligente.

**RADAR:** Radio Detection and Ranging (detección y medición de distancia por radio)

**Smart Ports:** Puerto inteligente.

**Smart Ships:** Buques inteligentes.

**Smart cities:** Ciudades inteligentes

**SNA:** Sistema de navegación autónoma.

**Software:** Soporte lógico de un sistema informático.

**CA:** Evitación de colisiones (Collision Avoidance).

**RP:** Planificador de ruta (Route Planning).

**SA:** Conocimiento del entorno (Situational Awareness).

**SSD:** Estado del buque (Ship State Definition).

**DP:** Posicionamiento dinámico (Dynamic Position).

**VC:** Capitán virtual (Virtual Captain)

## I. INTRODUCCIÓN.

La inteligencia artificial como concepto empezó en el sector financiero como una forma de mejorar las ventas y el comercio. Fue en 1956, en la conferencia de Dartmouth cuando la definieron como “la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas de cálculo inteligentes” (1). Fue la primera vez que se habló de ella y empezaron a aparecer los primeros ordenadores digitales.

La aparición de la Inteligencia Artificial (IA), ha producido un fuerte impacto en nuestras vidas, solo hay que observar alrededor para darse cuenta de que nos invade la tecnología y que las empresas buscan una automatización de sus sistemas debido a que este tipo de inteligencia tiene potencial para reducir el error humano, acelerar operaciones y reducir emisiones hacia la atmósfera.

La creciente globalización caracterizada por un incremento de los intercambios comerciales ha influido en el desarrollo de los transportes y en el avance de las tecnologías de la información, tanto es así que muchas empresas apuestan por el estudio de los buques autónomos. Rolls Royce, Konsberg y Warstila son algunas de las empresas que están investigando softwares, hardwares, algoritmos y sensores que harán posible que los buques autónomos sean una realidad cuanto antes, es más, ya han sido probados buques sin tripulación y han funcionado satisfactoriamente. Sin embargo, aún quedan muchos objetivos a tener en cuenta que se analizarán en este trabajo, antes de que empiecen a navegar de forma oficial.

Los operarios del centro de control en tierra serán capaces de controlar varios buques simultáneamente. El control se podrá realizar de dos formas, por control remoto, en el que un operador en tierra controla el buque no tripulado mediante un ordenador con señal satélite y 5G o puede ser controlada de forma autónoma con lo cual la ruta será programa antes de zarpar, mediante sensores detectará otros barcos y posibles peligros y mediante algoritmos de control y softwares, evitará colisiones.

La tecnología e inteligencia artificial que se necesita para hacer realidad la navegación autónoma ya existe. Los buques no tripulados, la inteligencia artificial y el uso de

robots forma parte de la denominada “cuarta revolución industrial”. La navegación marítima cada día se está automatizando más, lo que ha ocasionado que aparezcan nuevos riesgos que hay que saber solventar.

La navegación de buques sin tripulación trae consigo algunos interrogantes: ¿Hasta qué punto la digitalización y automatización basada en la inteligencia artificial requiere prescindir del elemento humano?

La inteligencia artificial (IA) está presente en nuestro entorno ya sea en el transporte por mar, en tierra y en el aire, y en nuestro sector, un claro ejemplo son los puertos y buques, de los que se hablará a continuación.

## II. PLANTEAMIENTO, ESTADO DEL ARTE Y OBJETIVOS.

### II.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Existen varios proyectos de distintas empresas en colaboración con sociedades de clasificación que han abordado el tema de los buques autónomos, pero ¿Cuándo empezarán a navegar de forma completamente autónoma?, ¿O existirán distintos niveles de autonomía hasta que se desarrollen aún más?

La intención del trabajo es explicar en qué situación se encuentran los buques autónomos y sobre todo resolver algunas dudas y problemas que suponen estos buques, como por ejemplo analizar qué tan seguros son los buques sin tripulación y qué diferencias existen entre un buque convencional que estamos acostumbrados a ver en nuestro día a día y este tipo de buques, es decir, qué elementos lo componen para que funcionen correctamente y en consecuencia, analizar si son seguros o no y proponer posibles mejoras

## II.2. ESTADO DEL ARTE.

Desde hace al menos 70 años atrás, se sabe que el comportamiento inteligente es posible y ha existido especial interés por simular el funcionamiento del cerebro para poder reproducir su inteligencia. La inteligencia artificial, cloud, big data, IoT (Internet de las cosas), realidad aumentada o machine learning permiten el desarrollo de las tecnologías digitales que marcan el futuro.

El interés de la sociedad en la inteligencia artificial ha crecido de forma proporcional a este desarrollo tecnológico. Prueba de ello es que gobiernos y administraciones en todos los niveles del Estado han promovido multitud de programas para financiar actividades de investigación, desarrollo e innovación en IA. Además, son muchas las empresas que han decidido llevar a cabo inversiones en IA para aplicar esta tecnología en distintos puntos de su cadena de valor.

Dentro de la inteligencia artificial se encuentra el aprendizaje automático (Machine Learning) que desarrolla técnicas que permite a un programa aprender de la experiencia a través de recopilación de datos, análisis de información y algoritmos. Y plataformas de aprendizaje profundo (Deep Learning), que crea distintos niveles de información utilizando algoritmos, por ejemplo, el reconocimiento de voz.

La Biométrica es otra de las aplicaciones que se observan dentro de la inteligencia artificial, permite la interacción entre máquinas y humanos. Es una de las tecnologías tangibles, se ocupa de identificar, medir y analizar aspectos y formas.

La inteligencia artificial es una red hiperconectada que se denomina Internet de las cosas (IoT), la parte que cabe destacar es que la finalidad de ésta es ver como a medida que se entrena un sistema mejora y acaba siendo capaz de hacer cosas para las que no se le había programado explícitamente, es decir, tener la capacidad de aprender y cambiar el comportamiento en base a cualquier nueva información.

La inteligencia artificial es aplicada al ámbito marítimo, desde las navieras más grandes a las más pequeñas buscan ahorrar costes a través de tecnologías autónomas y utilización de energías renovables. La aplicación de tecnologías de inteligencia

artificial como apoyo a las tripulaciones puede ser muy útil en áreas como la prevención de abordajes, mediante el análisis continuo de datos sobre la navegación para alertar con tiempo suficiente al “oficial de guardia” de cualquier posible peligro, ofrecerle distintas alternativas de maniobra, etc.

### II.3. OBJETIVOS.

El objetivo de este trabajo es que el receptor entienda que estamos ante una era de continuos cambios y avances tecnológicos, tanto en puertos como en buques, sistemas de amarre y sistemas de carga y descarga. También se pretende dar a conocer como trabajarán los buques sin tripulación y que elementos serán necesarios para su correcto funcionamiento y así, verificar si son seguros y si es posible que naveguen de forma completamente autónoma o si seguirá siendo necesario que exista tripulación u operarios que realicen trabajos en el propio buque.

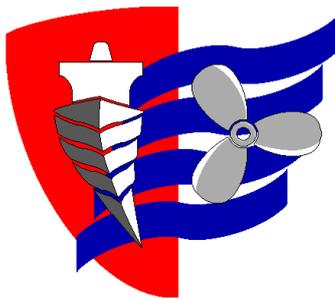
### III. METODOLOGÍA.

Se partirá de la explicación de distintos términos que hay que conocer para posteriormente explicar todos los elementos que intervienen a la hora de automatizar un buque y hacer que pueda navegar de forma autónoma.

Se analizan distintos proyectos de empresas y son cuestionados si llevados a la realidad son factibles o no.

Finalmente se reflexionará sobre los pros y los contras que existen al llevar a cabo esto tipo de buques, aportando ideas para su modificación con el fin de mejorar.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



***CAPITULO 1***

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

## CAPÍTULO 1. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

En este primer capítulo se explica cómo en que se basa la Inteligencia Artificial (IA), para que el receptor se haga una idea general del funcionamiento de ésta. También se explican términos importantes como algoritmo y hardware, y se diferencia entre un software y un programa de ordenador. Diferenciar estos términos es importante para posteriormente hablar del funcionamiento de los buques autónomos o buques inteligentes.

Se hace referencia a cómo ha influido la inteligencia artificial en la denominada “revolución industrial 4.0” en los puertos y que los hace llamarse puertos inteligentes. La automatización está siendo adoptada por todas las industrias y en el sector marítimo no es para menos.

Los puertos inteligentes apuestan sobre todo por la automatización para mejorar sus prestaciones y competitividad, en este capítulo se distinguen distintos métodos llevados a cabo por las autoridades competentes para automatizar los puertos como, por ejemplo, sistemas de amarre automatizados o semiautomáticos. También, se habla sobre algunos avances tecnológicos que han influido en el ámbito marítimo y proyectos futuros para puertos. Por último, se hace especial mención a la inteligencia artificial con el medio ambiente que es uno de los mayores propósitos de las empresas, reducir el nivel de contaminación hacia la atmósfera.

### 1.1 LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Inteligencia Artificial (IA) intenta imitar la inteligencia humana, usando un software o un robot. Se diferenciaron cuatro tipos: (2)

- Sistemas que piensan como humanos.
- Sistemas que actúan como humanos.
- Sistemas que usan la lógica racional
- Sistemas que actúan racionalmente.

### 1.1.1 DIFERENCIA ENTRE EN UN SOFTWARE DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y UN PROGRAMA DE ORDENADOR.

Un programa informático es una lista de instrucciones y procesos que se le ejecuta al ordenador para que las haga. Con un programa informático la máquina no piensa simplemente hace lo que le dicen. En cambio, la IA no recibe órdenes para obtener un resultado, sino que con unos datos que se le ofrecen debe encontrar una solución. Por tanto, se puede decir que intenta imitar el pensamiento humano.

La IA, es un aprendizaje donde se pone a prueba y transcurrido un tiempo se analiza en que falla y se irán mejorando sus aciertos. Después del aprendizaje es capaz de trabajar ella sola sin recibir órdenes, simplemente razonando generará un resultado óptimo. (3)

La IA precisa del Big Data para poder funcionar. El Big Data gestiona una cantidad de datos que son analizados para obtener información. La IA y el Big Data se retroalimentan para ofrecer información de manera rápida y mejor estructurada. (4)

El Big Data engloba:

- Un conjunto de datos
- Las herramientas donde se almacenan los datos.
- Los softwares que procesan esos datos.
- Cómo se aplican esos datos, es decir qué se hace con la información una vez que se procesa.

#### 1.1.1.1 MACHINE LEARNING (ML).

Es una rama de la inteligencia artificial, lleva a cabo técnicas para que los algoritmos que se han desarrollado aprendan y mejoren con el tiempo. Contiene cantidad de fórmulas matemáticas y códigos que permiten que las máquinas encuentren la solución a un problema. (5) Es decir, es utilizada para procesar infinidad de datos y poder usarlos de manera comprensible. Es un proceso de mejora continua que identifica anomalías de manera rápido y sencilla.

Machine Learning ha dado lugar a lo que se conoce como Deep Learning (DP).

#### 1.1.1.2 DEEP LEARNING (DL)

Es una versión más específica que Machine Learning (ML). Los algoritmos son agrupados en redes neuronales artificiales que pretenden actuar como las humanas presentes en el cerebro. Por ejemplo, podría contextualizar la información que reciben los sensores en los buques autónomos: distancia a otros buques, velocidad, etc. Esta información la utilizan para decidir cómo actuar y prevenir una colisión. (5)

#### 1.1.2 HARDWARE.

Un hardware es la parte física de un ordenador o sistema informático. Lo forman elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos como circuitos, placas, memorias, discos duros y cualquier material físico que sea necesario para que un equipo funcione. (6)

Se puede dividir en categorías según el desempeño de sus componentes: Hardware de procesamiento, hardware de almacenamiento, hardware gráfico.

Para que un hardware funcione correctamente, se necesita un software que es la parte lógica de la informática y no tangible. En un software están todas las funciones codificadas e incluye desde el sistema operativo hasta las aplicaciones que permiten ejecutar tareas específicas. La combinación de hardware y software es lo que permite que el sistema informático trabaje de forma eficaz.

#### 1.1.3 ALGORITMO.

Se entiende por algoritmo a una secuencia de instrucciones que pueden llevar a cabo procesos y permiten resolver un problema o tomar una decisión. (7)

Los algoritmos son un ordenamiento previo a la programación. Un programa es una serie compleja de algoritmos ordenados y codificados mediante el lenguaje de la programación para su posterior ejecución en un ordenador.

En definitiva, los algoritmos sirven para resolver un problema paso a paso, ya que constan de una serie de instrucciones guiadas, secuenciadas y ordenadas. (7)

## 1.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL TRANSPORTE

### MARITIMO.

La IA, permite analizar la información y adquiere conocimientos para la toma de decisiones y así mejorar la seguridad, la eficiencia y optimización de la logística. (8)

El aumento de eficiencia que ofrece la inteligencia artificial es esencial dentro de nuestro sector. El transporte de mercancías por mar ha experimentado una gran evolución en los últimos años

#### 1.2.1 REVOLUCIÓN INDUSTRIAL 4.0 EN LOS PUERTOS.

La industria 4.0, también conocida como la “Cuarta revolución industrial” impulsó a los puertos a adoptar tecnologías para ser más competitivos en el mercado de la logística internacional. (9)

En España, varios puertos están trabajando desde hace tiempo en el concepto de “Smart Ports”, entre ellos Algeciras, Sevilla, Bilbao, Vigo o Barcelona. (10)

#### 1.2.2 PUERTOS INTELIGENTES.

En un mundo cada vez más competitivo y globalizado, los puertos no son una excepción a este fenómeno, por lo que deben mejorar la eficiencia en sus procesos para ser más productivos.

En un puerto o en una red de ellos, se realizan múltiples operaciones administrativas y logísticas para poder abastecer el movimiento de personas y mercancías. Por ello, resulta importante una mejor organización para poder abarcar todos esos movimientos en un tiempo y dinero menor. El caso es que las nuevas tecnologías y sistemas inteligentes son de gran ayuda para poder administrar mejor todas esas operaciones.

Se conoce como puertos inteligentes a los puertos que aplican tecnologías avanzadas. Se esfuerzan en optimizar recursos y servicios, así como la carga y descarga autónoma. (11)

Desde 1993 hasta la actualidad se ha llevado un ritmo lento pero constante en la mejora continua de la automatización, desde la Terminal Delta de East Container en Maasvlakte, Róterdam hasta la actual Yangshan en China que en 2017 se convirtió en la mayor terminal automatizada de contenedores del mundo.

#### 1.2.2.1 TERMINAL AUTOMATIZADA.

La apuesta por la IA, el Big Data y el 5G permite incrementar la eficiencia del puerto. Los sistemas autónomos escanean el contorno de los contenedores, identifica su contenido, determinan las secuencias de trabajo, en definitiva, llevan una gran precisión.

La IA, en los puertos, se utiliza en la planificación de disponibilidad de muelles, o también para el manejo de grúas y vehículos de carga automatizados. Es capaz de tomar decisiones sobre qué contenedores descargar primero y cómo apilarlos. (12)

La terminal automatizada de Qianwan comenzó con una productividad de 26 contenedores por hora por cada grúa. Posteriormente se incrementó hasta 33 contenedores y actualmente está por encima de los 35 contenedores. (13)

Otro ejemplo es, el puerto de Rotterdam utiliza IA, para determinar la hora de llegada y salida de un buque y así se reduce en un 20% los tiempos de espera de los buques en el puerto. Utilizando esta información los buques pueden reducir la velocidad, mejorando su eficiencia energética.

#### 1.2.2.2 SMART PORT BARCELONA.

En los Smart Port, la tecnología es la clave en consonancia con los procesos logísticos y portuarios. Es un modelo de puerto inteligente donde la tecnología automatiza procesos, conecta diferentes sectores de la cadena logística en plataformas que agilizan trámites donde, los datos recogidos en esas interacciones permiten tomar

mejores decisiones. Avanzar hacia un modelo Smart Port es evolucionar hacia un puerto más eficiente sostenible y capaz de dar un servicio continuo las 24 horas del día.

En el caso del puerto de Barcelona, existían cuatro factores que estaban cambiando la actividad logística y portuaria de manera radical. (14)

- Redes sociales. Cambia la forma de comunicarse y de cómo se comparte información, anticipa formas más cooperativas y directas de trabajar.
- Smartphones. Permiten estar conectados en todo momento aportando información.
- Machine Learning. Gracias a la introducción de la inteligencia artificial se puede optimizar y agilizar esa información.
- La nube. Los datos pueden alojarse en la “nube” donde están al alcance de todos los operarios de la cadena logística.

La combinación de estos factores abre la posibilidad de crear plataformas y comunicaciones más efectivas.

Los “Smart ports” van de la mano de las “Smart cities”, están interrelacionados. La actividad de un puerto es una parte de lo que pasa en una ciudad, por tanto, su digitalización e innovación deben estar en concordancia.

Se detectan seis áreas en transformación para crear esta “ciudad inteligente” y adaptarla a la realidad portuaria. (14)

- Logística. El objetivo es integrar todas las infraestructuras con procesos que permitan compartir información en tiempo real. Gracias a la automatización de terminales, ha aumentado el número de operaciones y se dispone de información real sobre cuántos movimientos se están produciendo por hora. Incluso se están empezando a desarrollar sistemas predictivos que permitirán adelantar posibles problemas y conseguir operaciones más ágiles y eficientes.
- Movilidad. Este factor se refiere a la gestión eficaz y sostenible del transporte. El puerto de Barcelona ha participado en el proyecto STM, cuyo objetivo es

compartir información en una plataforma abierta con distintos puertos y barcos.

- Medio Ambiente. Una mejor gestión del tráfico repercute menos en congestión y se reducen las emisiones de Co2. El puerto de Barcelona está comprometido a la implantación de una flota de vehículos eléctricos para uso del personal de la Autoridad Portuaria. Entre otras cosas, en colaboración con Enagás se está impulsando el uso del gas natural licuado como combustibles para los buques.
- Economía. Los puertos deben impulsar a la innovación y al emprendimiento como elementos que crean valor económico en el entorno y dinamizan el mercado.
- Personas. Activa promoción entre personas y el mundo portuario, acogiendo eventos sociales y culturales.
- Gobernanza. Los puertos deben llevar a cabo una transformación digital con una gestión transparente y sostenible. En cuanto a la transparencia, el puerto de Barcelona dispone de un portal donde se muestra información sobre lo que está pasando en el puerto.

### 1.2.3 SISTEMAS DE AMARRE AUTOMATIZADOS.

Uno de los procesos de mejora que se han visto en algunos puertos han sido los sistemas de amarre automatizados. Representan un nuevo campo en la tecnología marítima y se debe realizar un análisis en profundidad para su funcionamiento como cargas, formas del casco, requisitos estructurales, necesidades, etc.

Las primeras instalaciones demuestran la seguridad y la fiabilidad de la gama de los productos, y asimismo dotan a buques y empresas portuarias con importantes eficiencias operativas y ventajas.

Cuando el buque está atracado en puerto, los movimientos ocasionados por el viento o la marea provocan alteraciones en la tensión de los cabos. Para que esto no ocurra, se han patentado sistemas de amarre automatizados que se adaptan a diversas

situaciones y son monitoreados desde un ordenador, por lo que el avance de las tecnologías se ha enfrentado a un gran desafío cambiando el tradicional sistema de amarre con estachas, a sistemas de amarre automatizados en puerto.

Existen sistemas de amarre automáticos que se pueden controlar a distancia o pueden ser semiautomáticos, en los que se necesitan operarios para asegurar el amarre. Algunos ejemplos son: (15)

#### 1.2.3.1 SISTEMA DE AMARRE MAGNÉTICO.

Este sistema de amarre utiliza placas magnéticas que detectan el casco del buque y se adhieren de forma automática sin necesidad de operarios en tierra, lo que sí, son controlados y monitoreados en tiempo real desde otro emplazamiento. El sistema es capaz de soportar agentes externos como corrientes y viento.

No se necesita energía eléctrica una vez magnetizado e incluso cuando hay un corte de energía, los módulos mantendrán la fuerza medida sin fluctuaciones. Esto significa que el sistema se desconectará solo cuando se le ordene.

***Imagen 1. Sistema de amarre magnético.***



***Fuente: Mampey (16)***

#### 1.2.3.2 SISTEMA DE AMARRE POR VACÍO.

El sistema consta de unas ventosas que se adhieren al casco del buque (17), también tiene movimiento vertical para cambios de mareas o de calado por cargas y descargas.

Este sistema tiene la gran ventaja de su alojamiento retráctil, cuando no se encuentra en uso, lo que permite al sistema el poder permanecer detrás de la línea de defensas para resguardarse del impacto, durante el momento del acercamiento inicial del buque al muelle, durante el atraque. (18)

***Imagen 2. Sistema de amarre por vacío.***



***Fuente: Cavotec. (19)***

### **1.2.3.3 SISTEMA DE AMARRE SEMIAUTOMÁTICO (TTS)**

El sistema de amarre TTS está diseñado para amortiguar las fuerzas transversales, cada uno estará equipado con un bolardo compatible instalado en el costado del buque. El sistema de amarre consta de un brazo metálico que se agarra al casco del barco mediante dos puntos de amarre situados a proa y popa del casco. Dos cilindros hidráulicos son los que suministran la fuerza de amarre y la seguridad del sistema hace que permanezcan amarrados de forma segura, incluso cuando hay cortes de luz o pérdidas de señales de control. El sistema se mueve en vertical y se controla a distancia mediante un joystick, también transmite información al operador en tiempo real.

**Imagen 3: Sistema de amarre semiautomático (TTS).**



**Fuente: trends.nauticexpo (20)**

#### 1.2.3.4 SISTEMA DE AMARRE “SHORETENSION”

Este sistema de amarre es el más conocido. Su instalación se basa en un sistema hidráulico externo que permite mantener tensión constante sobre las amarras y sin suministrar energía.

Está instalado en el muelle entre dos “norays”. La parte fija del sistema es asegurada al noray y la parte móvil que es el brazo hidráulico se une a las amarras que se pasan por otro noray para corregir su dirección hacia el buque.

El sistema proporciona una alta tensión, amortigua el movimiento del barco y absorbe la energía de la nave. Incluso, permite almacenar energía y hacer que el buque vuelva a su sitio. Todo ello sin requerir energía externa.

Este sistema consta de sensores que registran la tensión en los cabos, esta información está disponible para las empresas de amarre como para el capitán, por medio de un sistema inalámbrico que funciona con energía solar. Emite alarmas cuando alguno de los amarres se acerca a los límites preestablecidos.

**Imagen 4. Sistema de amarre “Sobretensión”**



**Fuente Innovación. Portsdebalears. (21)**

Santa Cruz de Tenerife y Ferrol-San Cibrao, han sido los dos primeros pioneros en España en utilizar este sofisticado sistema.

En cuanto a sistemas de amarre para embarcaciones de recreo, **Volvo Penta**, estudia un sistema de atraque automático con un sistema IPS de auto-pilotaje y sistema EVC, que calcula dirección y movimientos del barco. Debe haber cuatro sensores instalados en el amarre. Por lo que permitiría atracar con total seguridad y precisión en cualquier amarre. Este sistema es capaz de realizar macroajustes dependiendo de las condiciones de viento y mar.

### 1.3. AVANCES TECNOLÓGICOS RECIENTES.

#### 1.3.1. IMPRESIÓN 3D

En cuanto a la reparación y mantenimiento se haría uso de la impresión 3D, que ha tenido un rápido desarrollo y se han construido hélices con esta tecnología. Para la reposición de los elementos se tendrá información detallada gracias a los sensores.

La impresión 3D, permita fabricar un objeto tridimensional mediante capas de un material concreto como puede ser plástico, aleaciones metálicas o cerámicas o incluso sal o azúcar.

Algunas de las ventajas que ofrece esta tecnología son: reducción de emisiones, eficiencia energética, mejor manejo del diseño y menor tiempo de fabricación. Otra ventaja que es importante mencionar que los fabricantes podrían producir piezas de repuesto cuando se necesiten en vez de tener un almacén lleno de piezas que podrán o no, ser utilizadas.

Destaca el proyecto WAAMPeller, en el que varias empresas trabajaron en conjunto para fabricar una hélice impresa en 3D. (22).

## 1.4. PROYECTOS PARA PUERTOS INTELIGENTES.

### 1.4.1. MONALISA 2.0

El proyecto Monalisa 2.0. es un proyecto creado para reforzar la eficiencia, la seguridad y la protección del medio ambiente. Intercambia información de forma abierta y en tiempo real, pretende mejorar la eficacia de la gestión del tráfico marítimo, incrementando la seguridad y rentabilidad. Reducir las gestiones administrativas y que los centros de coordinación estén monitorizando los buques. Programando rutas más ecológicas basadas en datos documentados.

Este proyecto permite tener una organización del tráfico marítimo más rentable para el armador del buque. Toda la información relevante estará en una red de gran escala que permitirá compartir información, esta información estará disponible para todos los ámbitos. Este proyecto quiere optimizar las rutas y reducir la carga de papeles de gestión de la navegación, en definitiva, Monalisa 2.0 se creó para simplificar la coordinación logística. (23)

PORT CDM Nos permite una mayor optimización en la coordinación de las operaciones puerto, proporciona datos necesarios para las operaciones en el puerto e inmediaciones, por tanto, se ahorrará recursos, tiempo y combustible.

MICE Ofrece una solución a las operaciones de rompehielos, ya que envía información, sirve además como vigilancia de los buques que lo rodeen, suponiendo una ayuda para los barcos que se encuentren en zonas Árticas. Con el fin de aumentar

la competitividad, reducir el impacto medioambiental, mejorar la accesibilidad y mejorar la seguridad y la preparación en la región del Báltico, la Unión Europea ha adoptado una estrategia regional para la región del Mar Báltico.

MICE proporciona una solución para las necesidades de mejorar el tráfico marítimo, operaciones de seguimiento, coordinación y apoyo en la región del Ártico.

En Valencia se realizó un simulacro, en el que se ha desarrollado un supuesto de evacuación mediante helicóptero (Helimer 205), de un accidente ocurrido a bordo de un barco de pasaje, siendo coordinado desde el centro de Coordinación de Salvamento Marítimo en Valencia. En este proyecto han participado socios procedentes de cinco países europeos. El objetivo del simulacro fue evaluar la coordinación y cooperación de las diferentes Administraciones y organismos que atienden a este tipo de emergencias y comprobar las nuevas tecnologías que han sido desarrolladas en el proyecto Monalisa 2.0. (24)

El proyecto Monalisa 2.0, está enfocado a la gestión de salvamento marítimo y que su coordinación sea eficaz a la hora de un rescate, al estar actualizados siempre los datos de los distintos buques sería mucho más fácil actuar sobre algún problema que pudiera surgir. También servirá para aduanas, guardia civil y guardacostas, al estar los barcos identificados y tener información suficiente será mucho más fácil identificar barcos peligrosos y reducir delitos.

## 1.5. INTELIGENCIA ARTIFICIAL CON EL MEDIO

### AMBIENTE.

El principal tipo de hidrocarburo usado como combustible en los buques es fueloil pesado, derivado de la destilación del petróleo crudo. Este petróleo contiene azufre que tras la combustión se libera a la atmosfera. Los óxidos de azufre (Sox) pueden producir lluvia ácida y provocar daños en los cultivos y océanos. Por tanto, limitar este tipo de emisiones protege el medio ambiente.

En 2005, entraron en vigor las reglas de la Organización Marítima Internacional para reducir las emisiones de azufre a la atmosfera, en virtud del Anexo V del Marpol.

Sulphur 2020 o azufre 2020 entró en vigor el 1 de enero de 2020. Las emisiones se redujeron de 3,50% masa/masa a 0,50% masa/masa. Por lo que esto produjo un beneficio para la salud y el medio ambiente. (25)

Con esta medida puede ser probable que se hagan nuevas mezclas de fueloil para buques, como por ejemplo un gasoil bajo en azufre que puede ser mezclado con fueloil pesado para reducir el contenido de azufre.

Los buques pueden elegir usar un nuevo tipo de fuel o instalar “lavadores” para reducir la producción de azufre. Existen algunas zonas designadas por la OMI con un límite más estricto como la zona del mar Báltico o las zonas de mar caribe, donde el límite de contenido el azufre debe ser menos de 0,10% de masa/masa e incluso hay buques que ya se están adaptando a cumplir esos requisitos mucho más exigentes.

Un estudio hecho por la OMI, titulado “Examen de la disponibilidad del fueloil” concluyó que el sector de refinado tiene capacidad para suministrar cantidades de combustible marinos con un contenido de azufre igual o inferior a 0,50% de masa/masa (25)

Con la intención de reducir el efecto invernadero, Fujitsu y Kongsberg digital han desarrollado una alternativa sostenible llamada Fujitsu Vessel Fuel Optimization (VFO), basada en inteligencia artificial y analítica de datos, cuya intención es optimizar las rutas de los buques, produciendo ahorros, por tanto, generará una reducción de gases de efecto invernadero. (26)

Stena Line lanzará una plataforma de IA para reducir el consumo de combustible en su flota de barcos. Desde 2018, la compañía ha estado experimentando con tecnología de inteligencia artificial en el ferry “Stena Scandinavica”, que viaja durante la noche desde Gotemburgo en Suecia hasta Kiel, en el norte de Alemania. La compañía ha estado colaborando en este proyecto con la firma tecnológica Hitachi.

Estas pruebas han demostrado que la plataforma puede proporcionar ahorros de combustible de hasta un 3%.

El software “Stena Fuel Pilot AI” es capaz de predecir la ruta más económica en términos de consumo de combustible. Factores como el clima, las corrientes y otras variaciones, los posibles problemas se tienen en cuenta y luego se recomienda la ruta más eficiente.

La compañía tiene el objetivo de reducir el consumo de combustible y las emisiones de carbono en un 2,5% anual. Del total de los costos de funcionamiento de Stena, el 20% se gasta en combustible. A finales de 2020, Stena Line planea instalar el software de IA en 38 de sus buques en toda Europa.

Uno de los factores más complejos para predecir son las corrientes de agua, que Stena espera hacer posibles con la tecnología de IA. La máxima ambición de Stena para la IA es crear un sistema tan preciso que el capitán pueda usarlo para planificar rutas con total confianza.

Stena Line tiene como objetivo contar con la asistencia de AI en 2021. Las áreas donde la empresa ya cuenta con el respaldo de AI incluyen administración, servicio al cliente y finanzas.

### 1.5.1. SISTEMAS DE PROPULSIÓN MÁS SOSTENIBLES.

La introducción de las nuevas normas ambientales está llevando al sector marítimo a buscar otras formas de reducir emisiones.

La mayoría de buques mercantes que ofrecen servicio en la actualidad están propulsados por sistemas mecánicos alimentados con combustibles derivados del petróleo. Los motores diésel navales se podrían clasificar principalmente en motores de dos tiempos de baja velocidad, de cuatro tiempos de velocidad media y cuatro tiempos de alta velocidad. Otros pocos son de **propulsión diésel-eléctrica**, en ellos la potencia que genera el motor principal es convertida en electricidad. La ventaja de

esto es permitir la instalación de hélices azimutales que proporcionan mayor maniobrabilidad.

En la actualidad existen buques que utilizan baterías combinados con motores diésel convencionales o de combustible dual. Este sistema consiste en el conjunto de dos bloques: por un lado, el bloque generador y transformador de energía, y por otro la propulsión, el motor eléctrico. El primero puede constar de uno o varios generadores diésel, alternadores de turbinas de gas, o una combinación de los dos. Reduce las emisiones, mejora la eficiencia y optimiza la energía ya que la sobrante se destina hacia o desde otras baterías según sea necesario.

También son conocidas las ventajas del **gas natural licuado (GNL)**, como combustible más limpio. En el contexto del EEDI el uso de GNL como combustible, con la correspondiente reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, reduce el EEDI real para un barco en un 25%. Utilizan el gas evaporado como combustible para accionar turbinas, propulsores diésel eléctricos o motores “dual fuel”.

### 1.5.2. PUERTO DE LA GOMERA.

Siguiendo el mantra del respeto al medioambiente, el puerto de San Sebastián de la Gomera ha puesto conexión eléctrica en tierra para evitar las emisiones de los motores auxiliares durante la estancia en puerto, reducir gases y las partículas en suspensión contaminante. Esto viene en consecuencia con la normativa de reducción de las emisiones de azufre.

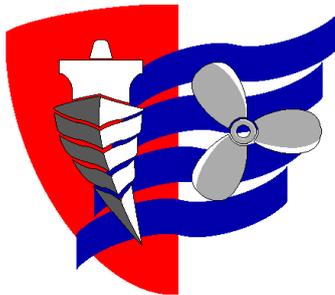
El buque “Volcán de Taburiente” ya cuenta con las adaptaciones técnicas para acceder a este servicio. Esta técnica se conoce como “cold ironing” y ha sido objeto de un proyecto europeo en el ámbito de transportes, energía y comunicaciones. (27)

**Imagen 5. Conexión eléctrica tierra- buque.**



**Fuente: Marítimo Portuario. (28)**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



***CAPITULO 2***  
**BUQUES AUTÓNOMOS.**

## CAPÍTULO 2. BUQUES AUTÓNOMOS.

En este capítulo se hace especial mención a los buques inteligentes o “smart ships”, los cuales funcionan con la automatización de equipos y según las distintas sociedades de clasificación, se dividen en distintos niveles de autonomía.

Se explican algunos proyectos de buques autónomos y se mencionan buques que ya han sido probados.

Se describen y analizan los elementos que hacen posible una navegación autónoma. Algunos proyectos dividen a los buques autónomos mediante módulos y sistemas basados en hardware y softwares que evalúan el entorno y razonan cual sería la mejor manera de actuar según el peligro que se detecte.

También mediante un flujograma se explica detalladamente cómo actúa el buque autónomo en caso de encontrar algún peligro. Finalmente se analiza cómo es de importante la ciberseguridad en buques autónomos y cómo estar protegidos para que no se puedan hackear los sistemas.

### 2.1 BUQUE INTELIGENTE (SMART SHIP).

Un buque inteligente o “Smart Ship”, trata de un barco en el que la automatización es primordial. En este tipo de buques se habla sobre la navegación inteligente que implica la navegación monitoreada desde tierra.

Una tripulación de entre 8 a 12 personas, controlarán desde tierra mediante pantallas interactivas inteligentes, sistemas de reconocimiento de voz y hologramas lo que está sucediendo a bordo.

Los barcos sin tripulación posibilitarán redefinir el diseño del barco y su funcionamiento, ya que se podría prescindir de cocinas, baños, camarotes... Esto hará que se ahorre en peso y espacio y se podrá transportar más carga.

### 2.1.1 BUQUES AUTONOMOS.

Debido a la gran demanda del comercio marítimo, se espera que en el futuro aumente aún más el volumen de transporte vía marítima, por lo que posiblemente crecerán las flotas de barcos. ¿Pero cómo serán los barcos del futuro?

El transporte marítimo se enfrenta actualmente a una falta de personal, una de las razones radica en el gran tiempo que pasan los marinos en la mar y en el aislamiento social que conlleva trabajar en un barco. Por tanto, la navegación autónoma podría reducir la intensidad laboral, las tareas de a bordo se automatizarían y se trasladarían del barco a un centro de operaciones en tierra. Además, se esperan beneficios económicos y ambientales.

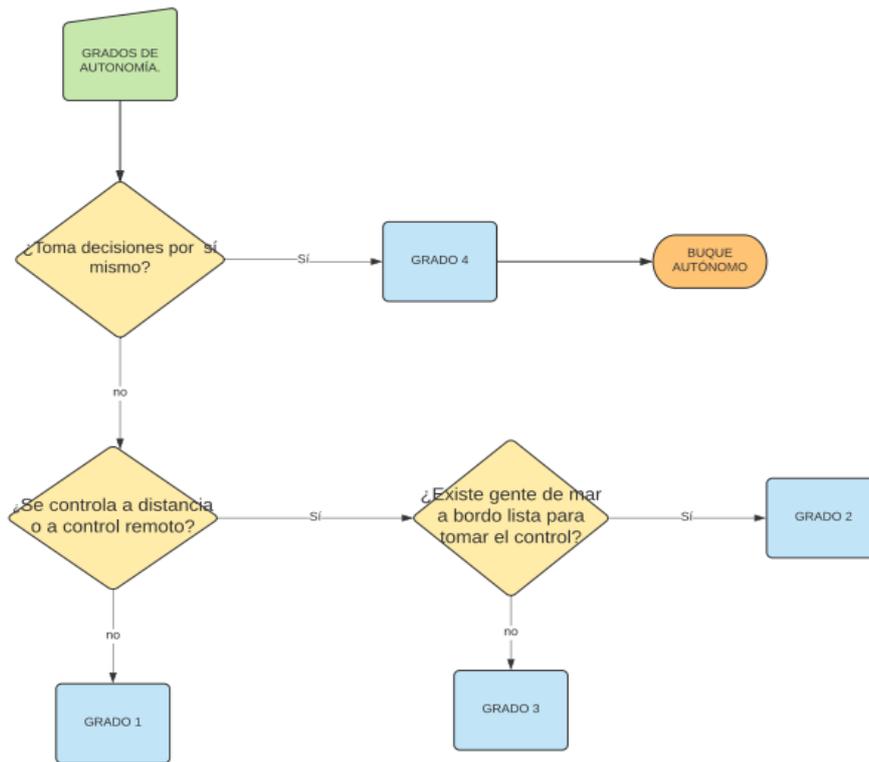
Se entiende por buque de superficie autónomo al buque que pueda navegar sin intervención humana y es controlado por programas de inteligencia artificial, que son los que gestionan y resuelven a través de algoritmos los problemas que pueden surgir durante la navegación. Los "MASS" del inglés "Marine Autonomous Surface Ships", es decir Buque de superficie autónomos son denominados así, según la OMI (Organización Marítima Internacional).

Los grados de autonomía se organizan de la siguiente forma: (29)

- Grado 1: Buque con procesos automatizados. Son con lo que operamos normalmente, existen algunos elementos automatizados y el oficial se encuentra a bordo para operar y controlar la navegación. Algunas operaciones pueden estar automatizadas, pero con tripulación a bordo para en caso de fallo tomar el control
- Grado 2: Buque controlado a distancia. Hay gente de mar a bordo, pero se controla y opera desde tierra. En caso de dar algún fallo la tripulación tomaría el control y operaría los sistemas de a bordo.
- Grado 3: Buque controlado a distancia sin tripulación. Es controlado desde otro emplazamiento o centro de control en tierra donde existe un operario que monitorea el buque, pero a bordo no hay tripulación, todo se controla mediante el centro de control.

- Grado 4: Buque totalmente autónomo. Hace frente a situaciones y a la toma de decisiones por sí mismo mediante sensores, algoritmos y softwares es capaz de evaluar el entorno y tomar la mejor decisión que convenga según los peligros que se acontecen.

**Flujograma 1. Niveles de autonomía.**



**Fuente: Autor.**

El flujograma 1 explica cómo determinar el nivel de autonomía en el que se encuentra un buque. La primera pregunta es si el buque toma decisiones por sí mismo, en este caso el buque autónomo es el único que puede tomar decisiones por sí mismo, por tanto, se encuentra en el grado de autonomía mayor que sería el grado 4. En caso de que no tome decisiones por sí mismo, la siguiente pregunta es si se controla a distancia (control remoto), si la respuesta es que no se controla remotamente nos encontramos ante el grado de autonomía 1, este grado es el único que no se controla a distancia y también existe tripulación a bordo como en los buques convenciones. Si se controla remotamente, la siguiente pregunta es si existe gente de mar a bordo preparada para tomar el control, en el grado 2 sí existe gente a bordo. Pero en el

grado 3 no existe tripulación a bordo para tomar el control, solamente es monitoreado de forma remota desde otro emplazamiento y sin tripulación a bordo.

#### 2.1.1.1 LLOYD'S REGISTER.

La sociedad de clasificación (LR) lanzó un código para buques autónomos (Unmanned Marine Systems Code), para satisfacer la demanda de requisitos de seguridad y rendimiento operativo en los buques no tripulados. (30)

Se definen 6 niveles de autonomía (AL, Autonomy Levels).

- AL 0: Gobierno manual. El buque navega controlado por un operador.
- AL 1: Soporte para decisiones a bordo. El buque se maneja automáticamente con diferentes parámetros y programas. Se puede modificar el parámetro si fuera necesario.
- AL 2: Soporte para decisiones a bordo o en tierra. Un sistema externo es capaz de introducir la ruta, pero el operario puede cambiar los parámetros de rumbo y velocidad si lo necesitara.
- AL 3: La información se basa en lo que captan los sensores del buque. El operador debe aprobar las decisiones antes de que sean puestas en marcha.
- AL 4: El operador puede estar en tierra e intervenir si es necesario.
- AL 5: Autonomía parcial. El sistema calcula y decide todo lo relativo a la navegación y la operación. En caso de duda sobre la interpretación de la situación, el operador que está en tierra, debe actuar.
- AL 6: Autonomía total. Todas las decisiones sobre navegación y operación son tomadas por el sistema. El operador solo interviene si el sistema no puede estar seguro de la solución.

Lloyd's también ha establecido distintos niveles de tolerancia de fallos:

- FT 5: Permite operar con fallos. Ningún fallo impide la navegación, la propulsión, ni el monitoreo seguro.
- FT 5: Tolera fallos. Puede tolerar fallos sin la intervención del operador.

- FT 4: Es necesario que el operador asista los fallos, puede seguir funcionando, pero con prestación reducida.
- FT4 Y FT5. Niveles decrecientes en la posibilidad de seguir operando.

### 2.1.1.2 BUREAU VERITAS.

Bureau Veritas publicó una guía para buques autónomos (Guidelines for Autonomous Shipping). Se divide en cuatro niveles de autonomía.

- 0: buque convencional que navega controlado manualmente. El operador está a bordo.
- 1: buque inteligente con soporte para acciones y decisiones a bordo: El tripulante es el que ordena y dirige las operaciones.
- 2: buque autónomo. El tripulante delega en el sistema, pero debe aceptar las decisiones antes de que éstas se lleven a cabo.
- 3: buque autónomo: El tripulante supervisa el sistema, pero no debe aceptar las decisiones antes de que se ejecuten. No obstante, se le informa de todas las acciones y decisiones que se vayan a tomar.
- 4: buque totalmente autónomo. Evaluará la situación y llevará a cabo las acciones que considere oportunas en cada caso. El sistema solo solicitará y esperará confirmación en caso de emergencia.

### 2.1.2 PROYECTOS BUQUES AUTÓNOMOS.

Empresas y sociedades de clasificación buscan reducir emisiones de gases y de accidentes marítimos. Para conseguirlo se quiere implantar la navegación de buques autónomos. Algunos de los proyectos que se han desarrollado para este tipo de buques son los siguientes:

- MUNIN ( Maritime Unmanned Navigation Through Intelligence Network).

Este proyecto finalizó en 2017. Fue un plan de investigación llevado a cabo por la Comisión Europea y trató de un primer estudio de viabilidad a la hora de seguir implementando y aprovechar plenamente los beneficios de los buques

autónomos. Este proyecto definió al buque autónomo como un barco guiado por sistemas de control y tecnologías que permiten el monitoreo y control inalámbrico, es decir, están controlados desde un centro de control en tierra por un operador.

- AWWA (Advanced Autonomous Waterborne Applications).

Fue Financiado por Tekes, una agencia Finlandesa de Tecnología e Innovación y fundado por Rolls Royce en 2015 y acabó en 2017. Su objetivo fue unir universidades, investigadores, sociedades de clasificación, etc. Para deliberar sobre la eficiencia de los buques autónomos y así poder producir y diseñar soluciones avanzadas para barcos.

Se llegó a la conclusión que hay tres temas que hay que tratar con delicadeza a la hora de la implementación de estos buques: La seguridad del propio buque como la de las operaciones que efectúa el mismo, la legislación y ganarse la confianza de los armadores para que se contrate este sistema de transporte autónomo de mercancías.

- SVAN (Safer Vessel with Autonomous Navigation).

Rolls Royce y Finferries comenzaron a colaborar en este proyecto para continuar implementando los resultados del proyecto AWWA. Y consiguieron realizar el 3 de diciembre de 2018, la primera navegación autónoma con el buque "Falco".

El Falco es un transbordador de doble extremo de 53.8 metros, que entró en servicio con Finferries en 1993. Está equipado con propulsores de azimut gemelos de Rolls-Royce.

El buque utilizó la combinación de tecnologías de Rolls- Royce Ship Intelligence para navegar de forma segura entre Parainen y Nauvo. Se demostró el atraque automático sin ninguna intervención humana.

**Imagen 6. Buque Falco. Proyecto SVAN**



**Fuente: breakingwaves.fif (31)**

El buque Falco está equipado con una gama de sensores avanzados que le permite construir una imagen detallada de su entorno, en tiempo real y con un nivel de precisión más allá del ojo humano. La imagen se transmite al centro de operaciones remoto de Finferries en tierra, a unos 50 kilómetros de distancia, en el centro de Turku. Aquí, un capitán supervisa las operaciones autónomas y puede tomar el control de la embarcación si es necesario.

El sistema **Autodocking** Rolls-Royce es una de las tecnologías que se han probado con éxito. Esta característica permite al barco alterar automáticamente el rumbo y la velocidad al acercarse al muelle y realizar el atraque automático sin intervención humana. Durante las pruebas en el mar, la solución para evitar colisiones también se ha probado en varias condiciones durante varias horas de operación.

- Autoship. (Autonomous Shipping Initiative for European Waters)

Existen distintos proyectos que implementan la navegación autónoma, pero Autoship es el proyecto más reciente. Es una iniciativa puesta en marcha por diferentes empresas donde destacan Rolls Royce, Bureau Veritas o Kongsberg entre otras y enmarcado dentro del plan europeo “Horizon 2020”.

Este proyecto busca mejorar el rendimiento de los buques, reducir costes y reducir la contaminación. Pondrá en servicio buques autónomos en los próximos cuatro años. Tiene como objetivo acelerar la transición hacia una próxima generación de barcos autónomos en la UE.

El proyecto Autoship, durará 42 meses y abordará 9 objetivos específicos, como demostrar tecnologías clave o desarrollar herramientas, métodos y actualización digital.

La tecnología AUTOSHIP incluirá el manejo de carga, la programación automática y aumentará la seguridad, compartirá información sobre la entrega con los operadores portuarios y logísticos, lo que permitirá un proceso logístico mejor y más rápido, es decir, permitirá la definición de nuevos modelos de negocio. (32).

Es más, la Unión Europea, ha financiado mediante “Horizon 2020”, la fase I del proyecto “Controlship”, este sistema actualmente posibilita el funcionamiento online, remoto y a la “nube” y está conformado por módulos de seguridad, eficiencia energética y predicción de averías de la maquinaria.

## 2.2 ELEMENTOS QUE HACEN POSIBLE LA NAVEGACIÓN AUTÓNOMA.

**Los sensores.** Juegan un papel importante en los buques autónomos, son los que proporcionan eficiencia y seguridad con los demás equipos asociados. El monitoreo, el análisis en tiempo real y la captura de datos de alta calidad hará posible optimizar datos que deberán transferirse, almacenarse y analizarse.

Existen varios tipos de sensores para evitar colisiones como radar, GPS y AIS que son los más conocidos en el ámbito marítimo, pero para la automatización de los buques han surgido otros como:

- *Sensores de ultrasonido:* Sirven para medir distancias, este sensor envía un pulso de frecuencia que rebota en objetos cercanos y es reflejado en el sensor.
- *Sensores infrarrojos:* Detectan un objeto mediante la reflexión de la luz. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; formas, colores y diferencias de superficie. (33)
- *Imágenes térmicas:* Para poder construir imágenes térmicas en base a las radiaciones infrarrojas captadas, una cámara infrarroja cuenta con sensores que detectan el calor y realiza un termo grama o patrón de temperaturas, que se envía a un procesador.
- *Cámaras visuales 360º*
- *Sistema LIDAR:* La Detección y Alcance de la Luz (LIDAR) es una tecnología similar al radar, que utiliza láser en lugar de ondas de radio. El principio LIDAR es bastante fácil de entender emite un pulso de láser en una superficie, atrapa el láser reflejado de vuelta a la LIDAR fuente del pulso con sensores, mide el tiempo que el láser viajó y calcula la distancia de la fuente con la fórmula " $\text{Distancia} = (\text{Velocidad de la luz} \times \text{Tiempo transcurrido}) / 2$ ". Este proceso es repetido un millón de veces por los instrumentos LIDAR y termina produciendo un complejo mapa del área estudiada conocido como una nube de puntos 3D. (34)
- *Cámaras estereoscópicas o cámara 3D.* Captura imágenes en tres dimensiones
- *Navegadores inerciales (Inertial navigation system).* Es un sistema de ayuda a la navegación, usa un hardware, sensores de movimientos y rotación para calcular continuamente la posición, velocidad, dirección, rapidez de movimiento, etc.
- *Estación meteorológica.* Mide y registra variables meteorológicas. Los instrumentos comunes que miden las variables en una estación meteorológica son:
  - *Termómetro y geotermómetro. Miden temperaturas*

- *Termógrafo. Registra fluctuaciones de la temperatura automáticamente.*
- *Barómetro. Mide la presión atmosférica.*
- *Pluviómetro. Mide cantidad de agua caída sobre el suelo por metro cuadrado.*
- *Psicrómetro o higrómetro. Mide la humedad relativa el aire y la temperatura del punto de rocío.*
- *Piranómetro. Mide la radiación solar (directa+ difusa)*
- *Heliógrafo. Mide las horas de luz solar.*
- *Anemómetro. Mide la velocidad del viento.*
- *Veleta. Indica la dirección del viento.*
- *Nefobasímetro. Mide la altura de las nubes desde el punto donde se encuentra colocado.*

Combinando todo este tipo de sensores entre sí hacen posible una navegación autónoma segura.

**Comunicación y conectividad.** De momento los buques autónomos necesitarán un operador desde tierra para ser monitoreados, por lo que es necesario tener una comunicación y conectividad precisa y estable.

**Construcción naval.** La libertad de diseño, se harán barcos menos pesados al quitar habilitaciones como cocinas o camarotes, por tanto, se reducirá el impacto ambiental ya que se gastará menos combustible.

**Propulsión y potencia.** Los buques reclaman una reducción del 20% en los costos del combustible con propulsión híbrida se reducen las emisiones.

La propulsión de los buques autónomos se adaptará a lo que mejor convenga según el tipo de buque, lo que está claro es que las empresas buscan buques lo más sostenibles posible, un ejemplo es el Zemship (Zero Emission Ship), se alimenta de electricidad mediante una pila de combustible de hidrógeno y no necesita motor diésel. Tiene una unidad híbrida integrada por dos pilas de combustible y una batería de gel de plomo. Además, consta de un sistema inteligente que coordina la salida de

energía entre las pilas de combustible y batería para proporcionar el doble de eficiencia. Es alimentado por hidrógeno líquido que se encuentra almacenado a bordo y da una autonomía de tres días.

Este sistema de propulsión podría ser una de las opciones para buques autónomos.

### 2.2.1 FUNCIONAMIENTO DE LOS BUQUES AUTÓNOMOS.

Los buques autónomos cada vez son más conocidos y su proceso de fabricación se basará en el uso de Internet y el ordenador.

Las tecnologías 'edge computing', IA y más de un millón de imágenes náuticas son el núcleo que permite al barco sentir, pensar y actuar de forma autónoma en el mar. Los buques autónomos que existen se adaptan continuamente a nuevas situaciones, pero de momento dependen del control de los operadores. (35)

En caso de que un buque autónomo encuentre algún problema, evaluaría el entorno e identificaría los posibles peligros. Para ello utilizaría: (35)

- El radar detecta peligros en un radio de 4 kilómetros.
- Las cámaras de a bordo identificarían peligros y proporcionarían una entrada visual a IBM PowerAI Vision
- El AIS, proporcionaría información específica sobre el peso, velocidad, carga...
- El GPS, proporciona la ubicación, rumbo, velocidad y curso.
- El servidor de cartas náuticas proporciona información geoespacial sobre la ruta.
- Se tienen datos meteorológicos proporcionados por The Weather Compay de IBM, teniendo en cuenta la última conexión por satélite.
- Los sensores evalúan el estado del mar.
- El fatómetro dice la profundidad del agua.
- El sistema de gestión de vehículos proporciona datos operativos sobre el nivel de carga de la batería, consumo de energía, comunicaciones, etc.

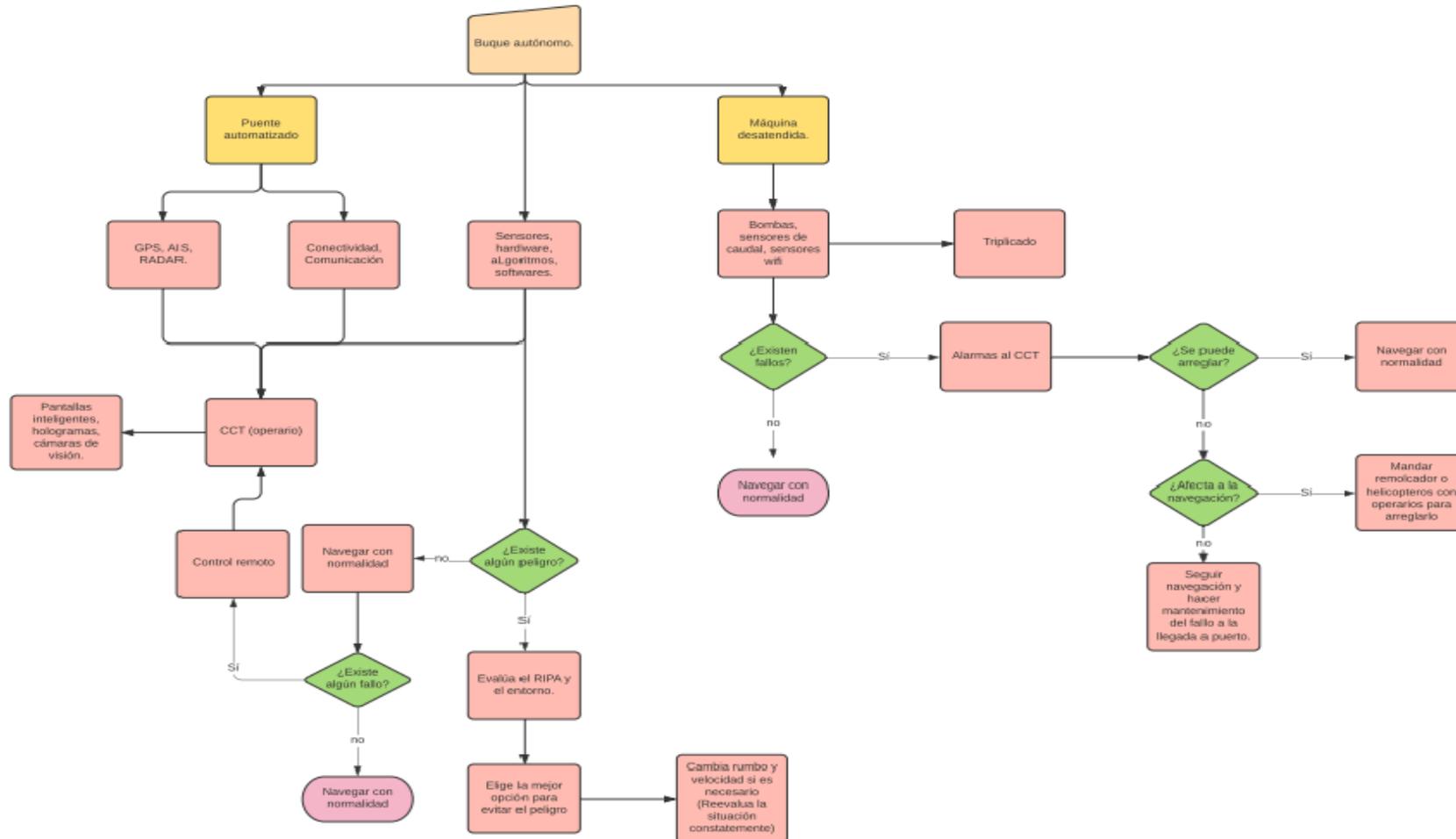
En caso de tener que tomar decisiones, el buque autónomo utilizaría: (35)

- El gestor de decisiones operacionales (ODM), que evalúa el RIPA con respecto a los demás buques que se encuentren cerca y genera un mapa de riesgos que indica que existe una situación de “peligro”.
- El capitán visualiza la recomendación del gestor de decisiones (ODM), la entrada de visión por el ordenador, el pronóstico del tiempo y evalúa las opciones para abordar el posible peligro.

Para elegir las mejores instrucciones al buque autónomo: (35)

- El capitán elige la mejor acción para evitar el peligro.
- El capitán da la instrucción al sistema de gestión de vehículos del barco para cambiar curso y velocidad en caso de que sea necesario.
- El capitán autónomo reevaluará constantemente la situación y actualizará el curso a medida de que la situación cambie

**Flujograma 2. Funcionamiento buque autónomo. Fuente: Autor.**



En el flujograma 2 se explica el funcionamiento de los buques autónomos, antes que nada, un buque autónomo constará de un puente automatizado y una máquina desatendida, donde se le añadirán sensores, softwares, hardware y algoritmos que harán posible que el buque procese datos, vigile el entorno y sepa actuar en caso de que exista algún peligro para la navegación o que imposibilite el viaje.

En caso de tener un puente automatizado este constaría de los elementos básicos que componen un buque como GPS, AIS, RADAR, etc. Pero sobre todo conectividad y comunicación con el Centro de Control en Tierra, donde se encontrará un operario que controlará al buque o una flota de ellos mediante pantallas inteligentes, hologramas, cámaras de visión y múltiples sensores que se complementan para poder captar el entorno del buque. Si los elementos que componen el hardware como el software, algoritmos y sensores detectan algún peligro, la inteligencia artificial que compone al buque autónomo, evalúa el entorno y tiene en cuenta cómo actuar basándose en el RIPA, eligiendo la mejor opción para evitar el peligro, ya que reevalúa la situación constantemente. Si fuera necesario cambia rumbo y velocidad.

En la máquina desatendida de un buque autónomo se encontrarán bombas, sensores de caudal, etc, para tener todo bajo control, estos sistemas deberían estar triplicados para en caso de que fallara algún sistema y no poder arreglarlo en el momento hacer uso de otro. Si no existe ningún fallo el buque autónomo navegará con normalidad y si existieran fallos, se enviaría una alarma a CCT (Centro de Control en Tierra), donde evalúa riesgos y decide si la avería o fallo se puede arreglar, si es que sí, se navega con normalidad. Si no se pudiera arreglar desde en CCT y afecta a la navegación se mandaría remolcador o helicóptero con operarios cualificados que puedan arreglar la avería, si no afecta a la navegación se esperaría a la llegada a puerto para hacer mantenimiento del sistema que haya producido fallos.

Los proyectos de buques autónomos abordan distintas maneras de construcción y aplicación de leyes y sistemas, pero en este caso se hará un estudio generalizado sobre los distintos aspectos que tienen en cuenta los proyectos de buques autónomos y cómo actúan los distintos sensores y módulos de los que consta.

#### 2.2.1.1 SISTEMA DE NAVEGACIÓN AUTÓNOMO (SNA)

Este software permite que el centro de control sea una extensión del buque. Se compone de monitorización del buque y conexión a tierra. El objetivo es que navegue de forma segura siguiendo un plan de viaje preestablecido, teniendo en cuenta las condiciones del mar y atmosféricas, es decir, sustituye algunas de las funciones que tiene un oficial a bordo. Cuenta con distintos módulos: (36)

##### ***Módulo Anticolisión (CA).***

Este módulo sigue la ruta preestablecida, pero en caso de encontrarse algún obstáculo se puede desviar. Tiene dos funciones principales la evaluación del riesgo y la navegación segura tanto dentro como fuera de puerto. (36)

##### ***Módulo planificador de ruta (RP).***

Este módulo es el encargado de planificar la ruta teniendo en cuenta las velocidades y rumbos, determina los waypoints evitando cualquier obstáculo estático.

##### ***Módulo de conocimiento del entorno (SA).***

Este módulo es el encargado de fusionar datos de los distintos sensores como sistema LIDAR, cámaras de alta definición e infrarrojas, radar para realizar un análisis del entorno y garantizar una percepción óptima. (36)

##### ***Módulo de posicionamiento dinámico (DP)***

Este módulo posibilitará al buque mantener su posición mediante la propulsión, manteniéndose con una velocidad reducida, incluso en condiciones meteorológicas adversas. Los buques autónomos contarán con un sistema de generación de energía por UPS para mantener las funciones básicas. (36)

### ***Capitán virtual (VC).***

Es el módulo más importante y combina toda la información obtenida de los módulos explicados anteriormente con otros sistemas automatizados del buque. (36)

### ***Módulo de sensor avanzado.***

Sistemas como Radar y AIS, en combinación con las cámaras de alta definición, detecta y clasifica los objetos que puedan ser un peligro para la navegación. El sistema recopila datos y los evalúa. (37)

### ***Sistema de navegación aguas profundas.***

Este módulo se encarga de seguir un plan de viaje ajustando la derrota a las situaciones que se pueda encontrar el buque. Maniobra de acuerdo al RIPA y optimiza las rutas según el pronóstico meteorológico. El sistema puede navegar de manera autónoma o también desde el centro de control en tierra remotamente. (37)

### ***Sistema remoto de asistencia a la maniobra.***

Este sistema ayuda a realizar maniobras para evitar abordajes. Se anticipa a los movimientos y proporciona cálculos para distintos comandos del timón o de la máquina teniendo en cuenta las capacidades de maniobra. (37)

### ***Sistema de control y monitoreo de la máquina.***

El sistema consta de funciones para detección de averías para el control de la máquina y los sistemas automatizados de propulsión del buque para evitar averías durante la navegación. (37)

### ***Sistema de eficiencia energética.***

Gestiona la energía y el consumo de combustible mediante un análisis de demanda, optimizando así la energía, también se permitirán nuevas estrategias de gestión de la energía debido a la eliminación de combustible pesado. (37)

### ***Centro de Control en Tierra (CCT).***

El centro de control en tierra es una extensión de la nave y desde ella se monitorea y se controlan una flota de buques autónomos. Los operarios del centro de control solamente realizarían tareas como comunicaciones por VHF, reportes a VTS, la gestión de la energía a bordo, plan de mantenimiento, entre otros. El buque opera en modo automático, pero en caso de que el operador necesitara monitorearlo por cualquier incidencia cambiará de modo. (38)

#### 2.2.1.2 ATRAQUE Y DESATRAQUE

En cuanto al atraque y desastre de un buque autónomo, cabe destacar un sistema denominado "DAM". Este sistema permite automatizar una serie de datos que facilitan las maniobras de entrada a puerto y aproximación.

Este es uno de los sistemas más avanzados debido a que utiliza tecnología láser de las cuales se obtiene lecturas de posicionamiento instantáneas.

Está dotado de sensores de medición de velocidad, distancia, tensión de las amarras, dirección del viento y además va conectado a un software que analiza todas las posibles variables en tiempo real. Algunas de las ventajas es que mejora maniobras y optimiza tiempos y por tanto, aumenta la seguridad, ya que posteriormente genera estadísticas y almacena datos para un análisis a posteriori. (39)

### 2.3 BUQUES AUTÓNOMOS PROBADOS.

#### 2.3.1 BUQUE AUTÓNOMO MYFLOWER. PRIMER BUQUE EN CRUZAR EL ATLÁNTICO.

El diseño en forma de trimarán permitirá al "Myflower" navegar a baja velocidad con una gran estabilidad. La forma del casco está diseñada para reducir el impacto del viento y las olas. A bordo, el buque estará equipado con GPS y un sistema de prevención de choques con otros buques, aunque el MASS estará continuamente monitorizado desde tierra para evitar tanto las acciones de piratería o vandalismo sobre el barco, como para estar alerta ante problemas estructurales, mecánicos o eléctricos que afecten al buque. Tiene motor eléctrico alimentado por energía solar lo empujará a 12,5 nudos (23 km/h). Los ingenieros de Shuttleworth trabajan en un

sistema de paneles plegables que permita al buque una capacidad suficiente para desarrollar una autonomía ilimitada.

**Imagen 7. Buque autónomo Mayflower.**



**Fuente: muycomputerpro (40)**

**TABLA 1. DATOS DEL BUQUE MYFLOWER**

<b>Eslora</b>	32,5 m
<b>Manga</b>	16,8 m
<b>Calado</b>	0,875m
<b>Superficie vélica</b>	159 m <sup>2</sup>
<b>Velocidad a vela</b>	20 nudos
<b>Velocidad a motor</b>	12,5 nudos
<b>Autonomía a 5 nudos</b>	ilimitada.

**Fuente: vadebarcos.net (41)**

Los buques autónomos serán manipulados desde un **centro de control en tierra**, en estos centros habrá pantallas inteligentes interactivas desde las que se podrá monitorear lo que está sucediendo a bordo y alrededor del buque. En el centro de control se encontrará personal cualificado para que el buque pueda realizar las navegaciones sin problemas y en caso de que haya un incendio a bordo, saber actuar para solventarlo, ya que se plantea que los materiales de construcción de este tipo de buques sean ignífugos, los motores funcionen con electricidad y los sistemas de CO<sub>2</sub> estén programados de forma automática

la Inteligencia Artificial (IA), en este tipo de buques es de especial importancia. Es una combinación de algoritmos que hacen posible la creación de máquinas que presentan las mismas capacidades que el ser humano.

Para el funcionamiento de este barco autónomo se utilizarán, como han informado desde BM y Promare, cámaras a bordo, inteligencia artificial y unos renovados sistemas de edge computing. Ante escenarios adversos, el capitán autónomo del Mayflower va a ser capaz de analizar incluso sin conexión satelital a qué se enfrenta y decidir qué medidas tomar a través de su tecnología.

Debido a que en mitad del océano la conexión es limitada, la infraestructura que emplea el barco se basa en Edge computing, es decir que los datos se recogen y se almacenan localmente, cerca de tierra subirá los datos a la nube de "IBM", cuando esté conectado a Internet los sistemas recibirán actualizaciones para mejorar el software del "capitán virtual".

En las bodegas del Mayflower existen tres cápsulas dedicadas a la ciberseguridad marítima, vigilancia de mamíferos, la cartografía marítima, etc. Tiene propulsión híbrida con generadores solares, eólicos y motor diésel.

El Sistema informático que usará el Myflower será Red Hat Enterprise Linux. Han estado desarrollando algoritmos y recogido imágenes de la bahía de Plymouth Sound, para almacenarlos en la base de datos y que se pueda tomar decisiones sin tener tripulación a bordo. Como cerebro computacional tiene un procesador IBM Power Ac922. Usará la visión computerizada IBM PowerAI Vision, que detecta y clasifica obstáculos como boyas, rompeolas, etc. Sistema de gestión de reglas de IBM ODM, para que pueda seguir el RIPA sin problemas.

También cuenta con un radar con capacidad para detectar peligros a 4km. Tiene Protección contra amenazas cibernéticas. AIS para recibir información sobre velocidad de otros buques, peso, etc. Sistema GPS, para que la IA sepa en todo momento su rumbo velocidad y curso. The Weather Company aportará datos

meteorológicos y estado de la mar por satélite y sensores de navegación para evaluar el estado del mar, olas, profundidad y otros datos. (42)

Son muchos los elementos que se usan para que la navegación autónoma sea posible y numerosos estudios son los que se siguen haciendo para poder mejorarlos y que la seguridad sea lo más eficiente posible. Intentan imitar de manera racional el comportamiento humano. Tecnología marina actual como radar, GPS, AIS, ARPA y ECDIS se pueden utilizar en combinación con este tipo de inteligencia artificial.

Es importante mencionar los tipos de tecnologías que están haciendo que los buques autónomos funcionen, como el sistema LIDAR, que es un sistema de láser pulsado que recrea mapas en 3D, con una visión incluso mejor que la del propio ojo humano, este sistema se combina con el GPS, datos de radar y AIS, por lo que desde el centro de control pueden tener una buena visión del entorno, también son utilizadas cámaras térmicas y cámaras de alta definición.

LIDAR, GPS, datos de cámara, radar y AIS se combinan para proporcionar a aquellos que controlan el barco una visión general completa de su entorno. La tripulación de un barco puede entonces cambiar entre un mapa 3D recreado por el sistema por LIDAR, una superposición de radar o una vista topográfica del fondo marino.<sup>13</sup> También son de gran importancia equipos como cámaras térmicas y cámaras de alta definición, con este sistema el operador que se encuentra en la estación de control en tierra tiene una mejor visión del plano. Las cámaras de infrarrojo cercano (NIR), con iluminación activa, o cámaras térmicas LWIR también se pueden usar para imágenes nocturnas.

Los barcos sin tripulación posibilitarán redefinir el diseño del barco y su funcionamiento, habría más espacio de carga, permitiendo reducir costes y aumentar ingresos. Es posible que los buques autónomos mejoren la seguridad a bordo, ya que el 95% de los accidentes marítimos son causados por error humano y se reducirían las emisiones de CO<sub>2</sub>, al tener propulsión eléctrica.

### 2.3.2 PRIMER BARCO AUTÓNOMO EN ESPAÑA.

Sin irnos más lejos, en España también es una realidad la navegación autónoma. Se trata del USV Vendaval, construido en el astillero español Aister y que fue entregado a la Autoridad Portuaria de Ceuta.

El fabricante ha llevado a cabo la instalación del control de la propulsión y de los sensores, como radares, sonar, GPS, navegadores inerciales, estación meteorológica, cámaras infrarrojas, cámaras estereoscópicas, cámaras 360º y AIS, que pueden manipularse de forma remota y manual.

La embarcación ha sido diseñada para operar especialmente en servicios de seguridad con la eliminación de vertidos contaminantes, lucha contra el narcotráfico, inmigración ilegal, vigilancia y antiterrorismo. (43)

**Imagen 8. USV Vendaval**



**Fuente: Diario de Cádiz (44)**

## 2.4 CIBERSEGURIDAD.

Cabe destacar que Lloyd's Register ha hecho una guía llamada "Cyber-enabled ships", que da algunas pautas a tener en cuenta para evitar cualquier posible ataque cibernético.

La ciberseguridad es uno de los problemas más graves con los que se suelen encontrar las nuevas tecnologías. Al tener sistemas automatizados o que trabajen mediante el monitoreo remoto, hacen que cada vez los sistemas sean más vulnerables.

Existen tres sistemas de navegación que han demostrado ser vulnerables: el sistema de navegación global por satélite (GNSS), proporciona la ubicación exacta de la embarcación pero puede manipularse para engañar a la tripulación y cambiar el rumbo; El sistema electrónico de visualización e información de cartas (ECDIS), Si se piratea y se incluye información falsa la tripulación puede trazar el rumbo equivocado; Sistema de identificación automática (AIS), monitorea el tráfico alrededor para evitar colisiones pero puede ser manipulado e interceptado con información falsa como ubicación, movimiento o identidad.

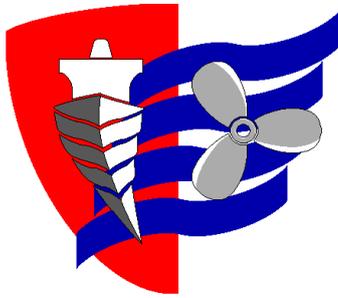
Es muy importante saber cómo actuar en estos casos y estar protegidos ante ataques informáticos, hackeos o cualquier robo de identidad. En el caso de nuestro sector, podría peligrar la embarcación, hackeando el barco y desviándolo de su ruta rumbo colisión o los temidos ataques piratas serían mucho más fáciles de gestionar para ellos mediante piratería informática.

Una gestión efectiva en cuanto a riesgos cibernéticos sería, **identificar** los posibles riesgos y sistemas que pudieran corromperse. **Proteger**, implantando medidas de control. **Detectar**, crear algún sistema que detecte virus o ataques oportunamente. **Responder**, crear planes para reemplazar y poder restaurar los servicios y operaciones que hayan sido afectados. **Recuperar** y restaurar sistemas que hayan sido objeto de las ciber-amenazas. (45)

En el ámbito marítimo están cada vez más concienciados acerca de este tema, por lo que organizaciones como la IMO, IMCA o BIMCO, tienen distintas guías para prevenir y solventar éstos problema en caso de que surjan, se estima que para enero de 2021 se implemente la ciberseguridad en todos los sistemas.

Queda un largo proceso para poder establecer estos buques en nuestro día a día. Como todo lo innovador, tiene sus ventajas y desventajas que han de ser estudiadas para saber solventar los errores y poder mejorarlos.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA**  
**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



***CAPITULO 3***

**ANÁLISIS**

## CAPÍTULO 3. ANÁLISIS

En este tercer capítulo se analiza en profundidad el funcionamiento de los buques sin tripulación, tras haber explicado los distintos proyectos, módulos y sistemas que abarcan la automatización de buques. Se plantea la duda de si es posible evitar colisiones mediante softwares y hardwares, y qué tan seguros son los buques sin tripulación, por eso se explica cómo sería un puente automatizado y una sala de máquinas desatendida.

Una de las cuestiones que las organizaciones se encuentran estudiando en profundidad es la legislación vigente y cómo aplicarla a este tipo de buques, sobre todo en caso de accidente, quién sería el responsable en estos casos y de qué dependería la responsabilidad. Posteriormente, se cuestionan algunos inconvenientes que surgen tras la automatización de buques diferenciando buques de pasaje, cargueros y buques de guerra. Y finalmente se proponen posibles mejoras.

### 3.1. ¿ES POSIBLE EVITAR COLISIONES?

Teniendo en cuenta todo lo analizado hasta ahora en este proyecto, es inevitable darse cuenta de que la tecnología está muy avanzada y que solo basta con meter una serie de algoritmos en un ordenador y que éstos cumplan el Reglamento Internacional para prevenir Abordajes en la mar (RIPA).

Mediante el software, todos los objetos que rodean al buque son monitorizados de acuerdo al RIPA, como buques, objetos flotantes, etc. De ellos se predice su movimiento futuro y se evalúa para predecir una posible situación.

La inteligencia artificial actúa de la manera más adecuada, valorando el entorno y teniendo en cuenta la capacidad de maniobra del propio buque, transmitiendo todo lo que pasa alrededor al centro de control en tierra.

El funcionamiento de los softwares es de especial importancia a la hora de poder evitar colisiones y poder tomar la decisión correcta en caso de riesgo inminente de colisión con otros buques. En la actualidad se realizan esfuerzos importantes para

disminuir abordajes y que no haya pérdida humanas, económicas ni medioambientales. Por tanto, si se efectúa la maniobra de la forma correcta dentro de un tiempo se podrán evitar colisiones. Existe un software que muestra información gráfica como **trayectorias futuras** con representación de la silueta horizontal del propio buques y buques que se encuentren alrededor para un intervalo de tiempo determinado, también muestra **curvas de evolución**, de menor avance y traslado (timón todo a una banda) para velocidad, rumbo y condiciones meteorológicas en el instante a cada banda del buque y buques implicados. Así se podrá conocer a través de gráficas, la situación de la futura trayectoria en situación de colisión si la hubiera y tiempo en que ocurrirá. También se podrá ver las curvas de evolución representadas a ambas bandas para el propio buque y buques en conflicto:

-Si ninguna de las curvas se cruza con otro buque, será posible hacer la maniobra de estribor a babor.

- Si dos curvas de evolución se cruzan, cada buque sabrá a que banda caer.

- Si se cruzan cuatro curvas, el sistema indicará al buque propio y buques en conflicto cual sería la maniobra correcta según el RIPA.

Si por algún motivo, cualquiera de los buques no hiciera la maniobra correcta, el sistema indicaría, con alarma visual y sonora si el punto de intersección entre ambas curvas de evolución ocurre en el mismo instante, es decir, si se produciría colisión.

El sistema consta de una serie de módulos en cada buque implicado: calculador de posiciones futuras, calculador de la curva de evolución, base de datos de curvas de evolución, generador siluetas del buque, Sistema de Información Automática (AIS) modificado, así como módulo de transformación de la información recibida de los otros buques para poder presentarla en pantalla. Estos módulos se basan para su funcionamiento en algoritmos, bases de datos o en mediciones dadas por distintos sensores.

Uno de los sensores probados recientemente es el sistema “SenseTime”, que utiliza cámaras de resolución ultra-alta y una unidad de procesamiento gráfico (GPU) para identificar automáticamente las embarcaciones en el área circundante. Su objetivo es ayudar a mejorar la seguridad y ayudar a evitar colisiones. También puede proporcionar alertas a otros peligros, particularmente cuando la visibilidad es reducida. La tecnología de reconocimiento de imágenes podría usarse para monitorear rutas de envío, así como para operaciones de seguridad y guardacostas.

La compañía china desarrolló el motor de reconocimiento gráfico al combinar la tecnología de aprendizaje profundo de IA con la amplia experiencia marítima. El sistema recopila automáticamente datos de imágenes, que MOL pretende utilizar para refinar la precisión de la tecnología (46).

El sistema ha sido probado este año a bordo del crucero de línea de pasajeros Nippon Maru. Se planea probar el sistema en otros buques mientras la empresa explora el desarrollo de buques inteligentes autónomos.

SenseTime es actualmente una de las principales empresas emergentes de IA del mundo. Anteriormente, la compañía se asoció con Honda para desarrollar automóviles autónomos.

### 3.2 ¿HAY SEGURIDAD EN LOS BUQUES CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL?

Son muchas las preguntas que surgen al hablar de los buques autónomos, sin embargo, la seguridad es lo que más preocupa al hablar de este tipo de buques.

Para que los buques autónomos empiecen a funcionar a corto plazo deberán ser igual de seguros o más que los buques actuales. A continuación, se analizará el funcionamiento de un puente automatizado y una sala de máquinas sin tripulación para comprobar si pueden ser seguras o no.

### 3.2.1 PUENTE AUTOMATIZADO

El buque se controlará desde otro emplazamiento o centro de control en tierra donde un operador controlará que el buque navegue de forma satisfactoria y que no ocurra nada en el entorno que lo rodea. El centro de control en tierra debe estar en continuo contacto con el buque, y en el caso de que algo fallara el operario se haría cargo del control del barco. Se utilizarán pantallas inteligentes, hologramas, reconocimiento de voz para que mediante las cámaras y sensores para poder observar todo lo que pasa dentro y fuera del buque.

***Imagen 9. Puente de mando de un buque autónomo.***



**Fuente: New Atlas. (47)**

Automatizar un puente de mando no sería tan difícil ya que la mayor parte del tiempo lo que se hace son guardias de navegación donde el oficial está vigilando el entorno para poder evitar abordajes y en caso de que haya algún problema intentar solventarlo.

**Comunicaciones:** En cuanto a las comunicaciones el operador del centro de control podría comunicarse con otros barcos mediante VHF.

**Navegación:** Si los softwares que complementan al buque no son capaces de resolver una situación determinada, mandarán un “pan-pan” al operario indicando que necesita asistencia. En caso de que el operador no conteste, el buque consta de unas acciones de respaldo que comenzará a ejecutar pasado un tiempo.

**Atraque y desatraque:** Para atracar o desatraquear un buque autónomo en puerto, el software controlaría automáticamente las maniobras de la embarcación y mediante los sensores analizaría el entorno, también las cámaras y el radar serán de gran ayuda para navegar de forma segura a lo largo del muelle. Sin embargo, el operador puede elegir tomar el control. Al repetir las operaciones el sistema aumentará cada vez más la seguridad y también se reduciría el consumo de combustible.

### 3.2.2 MÁQUINA DESATENDIDA

Se denomina “máquina desatendida” al espacio del buque donde la maquinaria puede funcionar sin asistencia de personal en condiciones de navegación y maniobra.

Para que la sala de máquinas pueda ser automatizada se necesitarían varios sensores Wi-Fi para medir el caudal, temperatura, presión y que todos esos datos sean transmitidos a un emplazamiento o centro de control en tierra.

#### **Precauciones de seguridad para espacios de maquinaria no tripulados:**

En cualquier barco certificado para operación no tripulada, los espacios de maquinaria pueden estar desatendidos por un período máximo de 16 horas consecutivas. Ningún buque debe operar con los espacios de maquinaria no tripulados en las siguientes circunstancias: (48)

- Durante las maniobras de salida y llegada.
- En el mar o fondeado debido a condiciones climáticas adversas, tráfico, etc.
- Cuando la planta de manejo de carga coloca una carga alta y variable en la planta eléctrica o generadora de vapor.
- Con cualquier sistema de incendio, alarma mayor o seguridad inoperativo, incluidas las zonas del sistema de detección de incendios aisladas.
- Si alguna provisión de respaldo del equipo de propulsión no funciona.
- Con cualquier sistema principal de control o comunicación inoperativo.
- Si la consola del puente no funciona.

La sala de máquinas debe ser revisada antes de pasar a “máquina desatendida”, asegurándose de que los tanques de combustible, aceite de cilindros, tanques de agua de refrigeración, aceite lubricante, etc. Estén llenos. Se llevará a cabo una inspección de todas las máquinas y sistemas activos y operativos en todos los espacios de maquinaria, en particular para fugas de combustible y aceite lubricante.

También hay que verificar que todas las sentinas están vacías y probar alarmas de detector de niebla de aceite, sentina y alarma de alta, baja y desconexión de caldera y probar que las alarmas funcionen y estén activadas. Hay que verificar que la bomba de achique y bombas de reserva estén en automático. Puertas estancas y cortafuegos cerradas. Que esté limpio cada derrame de aceite y petróleo. Sensores de detección de incendios activos.

Se debe desarrollar, mantener y utilizar una lista de verificación de operaciones críticas para garantizar que se realicen todas las verificaciones necesarias antes de pasar sin tripulación. Una vez que se haya completado la lista de verificación, las alarmas de la sala de máquinas se deben configurar en "Modo Máquina desatendida" y se debe notificar al “Centro de Control” sobre el estado de la sala de máquinas. Se debe hacer una entrada en el libro de registro de la sala de máquinas.

Por tanto, una sala de máquinas puede estar desatendida teniendo en cuenta todas las verificaciones anteriores y haciendo un checklist antes de dejarla sin tripulación.

Si que es verdad que mediante la observación de la tripulación utilizando los sentidos como la vista, el tacto o el olor pueden darse cuenta de alguna fuga o posibles pérdidas. O en el caso de tener que hacer mantenimiento de alguna junta tórica, limpiezas, descargas, cambios de filtro de combustible, aceite de los motores, etc. Se podría hacer en las navegaciones, con lo cual no se perdería tanto tiempo.

En el caso del buque autónomo habría que revisar la máquina y hacerle mantenimiento en las paradas del barco, antes de salir a navegar. Y en el caso de que ocurriera algo durante la navegación estar precavidos y poder solucionarlo desde tierra. O si no se pudiera solucionar el problema desde el centro de control y que por

ejemplo sea, una caída de planta permanecer parados mediante posicionamiento dinámico hasta que llegue algún remolcador o algún operario para solventar el posible problema.

En definitiva, y en respuesta a la pregunta de si son seguros los buques autónomos, se puede decir que sí son seguros en cuanto a la tecnología que se encuentra en la actualidad, son muchos los parámetros que se están estudiando detalladamente para que funcionen correctamente. Sin embargo, están muy bien pensados y ya ha habido pruebas donde estos buques han evitado abordajes. Lo único que hay que tener en cuenta es que al principio los buques autónomos necesitarán supervisión hasta que poco a poco puedan ser completamente autónomos.

### 3.3 INCONVENIENTES QUE SURGEN AL AUTOMATIZAR DISTINTOS TIPOS DE BUQUES PARA QUE NAVEGUEN SIN TRIPULACIÓN

En la actualidad los buques se destinan al transporte internacional de mercancías, bienes, materiales, animales y personas. Se pueden dividir en grupos: Los de pasaje, los de guerra y los buques de carga. A continuación, se analizarán estos grupos de buques y algunos inconvenientes que surgen en caso de que navegaran sin tripulación.

***Buques de pasaje:*** Este tipo de buques serán los últimos en navegar de manera autónoma.

- Estiba y desestiba de la carga: Principalmente en el garaje a la hora de estibar los coches o planchas y no haber nadie que los dirija se produciría un caos y pérdida de espacio.
- Sanitarios a bordo. Otras de las razones es que en caso de que un pasajero sufra un accidente no podría ser atendido por el oficial sanitario del barco, por lo que habría que optar por alguna alternativa.

- Abandono: En el caso de tener que abandonar el barco no habría nadie cualificado para desplegar los M.E.S ni llevar los botes de rescate, ni habría un orden para hacerlo. Habría que optar por poner sensores para poder lanzarlos desde el centro de control una vez que el pasaje se haya subido.
- Incendio a bordo: En el caso de un incendio a bordo, es posible que los espacios estén equipados mediante Co2 y en caso de producirse un fuego dispararlos no sería posible en un buque que transporte mercancías vivas, por lo que se podría optar por instalaciones fijas de polvo seco o una instalación de CI de agua o espuma según el sitio donde se encuentre.
- Mantenimiento. Para que el barco se encuentre en condiciones óptimas se debe realizar inspecciones diarias y mantenimiento, esto podría llevarse a cabo en las paradas del barco mediante operarios de tierra.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores, los buques de pasaje serían un gran reto a la hora de automatizarlos dada la cantidad de inconvenientes que pueden ofrecer, sobre todo en el caso de abandono, ya que, la gente se suele poner histérica y nerviosa. Y en estos casos, se debe tener personal para que el pasaje se sienta seguro y poder transmitirles tranquilidad en situaciones de peligro.

En el caso de estos buques sería complicada la automatización e incluso el pasaje podría desconfiar de un barco que se maneja sólo mediante tecnología.

**Buques de guerra:** Este tipo de buques es sin duda es el más factible para navegar de manera autónoma. Podrían servir para detección de minas, patrullaje, control de flotas, etc. Muchas veces las tripulaciones de barcos de guerra, se juegan la vida y esto no pasaría con los buques de guerra autónomos, lo cual sería una ventaja.

Cabe destacar que Rolls Royce, está desarrollando un buque para las marinas de guerra que tendrá una autonomía de 3.500 millas, ya que será propulsado de forma eléctrica y alcanzará una velocidad de 25 nudos. También se habla de buques submarinos no tripulados.

**Buques cargueros.** Este tipo de buques podría ser de los primeros que comiencen a navegar de forma autónoma, sin embargo, se distinguen varios tipos de cargueros, de los cuales dependiendo del tipo que sean, tendrán más ventajas o inconvenientes para su automatización, los tipos se mencionarán a continuación:

**Los buques tanques** transportan distintas cargas, por ejemplo, los petroleros transportan productos refinados de petróleo, como gasolinas o gasoil. Los quimiqueros transportan productos químicos, como ácidos corrosivos, o productos para consumo humano, como vino, aceites, etc. Y los gaseros transportan gases como butano, propano o metano, que han sido previamente transformados en líquidos mediante enfriamiento o presión.

El petrolero es un tipo de buque muy sucio con el medio marino debido a la peligrosidad de la carga y a las grandes cantidades que transporta, al automatizar este tipo de buques se debería tener especial cuidado sobre todo en el ámbito de incendios debido a la vulnerabilidad ya que suelen ser mercancías inflamables y se debe tener en cuenta una serie de requisitos para poder hacer una navegación segura con este tipo de mercancías.

Los tanques de estos barcos, a medida que se vacían se van llenando con vapores de petróleo y gases explosivos, por ello, para eliminarlos se utiliza gas inerte (Co<sub>2</sub>), que se obtiene de los gases de escape de los motores o de un generador de gases. El principal cometido del gas inerte es proporcionar protección contra explosiones en los tanques al desplazar al aire de los mismos (con su contenido de 21% de oxígeno). El gas inerte también se utiliza para ventilar tanques de carga y/o evitar condiciones de sobrepresión o vacío. Es una mezcla de gases en la que el contenido de oxígeno es tan bajo que la combustión no es posible. Se considera que un nivel de oxígeno del 8% al 11% es un nivel de margen suficiente de seguridad (49), ya que las mercancías que transportan estos buques no pueden arder con atmosferas entre esos niveles de oxígeno.

Los petroleros de crudo transportan petróleo desde los campos de extracción hasta las refinerías y normalmente hacen los viajes de retorno de vacío, es decir, en lastre. En una fase determinada de la travesía se realiza la limpieza de tanques con crudo. Las máquinas para lavado con crudo van fijadas en el interior de los tanques de carga. La mezcla de crudo y residuos se bombea a los tanques de decantación que, en este caso concreto, hacen de tanques almacén de residuos. La mezcla resultante se completa con crudo en la terminal de carga, (es decir, en el viaje de carga, los tanques de decantación "Slops" van con carga también) y se descarga en la refinería. Este proceso de llenar el tanque de decantación con carga y mezclarla con los residuos se llama "Load on Top" (cargar encima). La refinería absorbe sin problemas la pequeña contaminación arrastrada.

Para estos casos podrían ponerse sensores que detecten el nivel de oxígeno y se programen para introducir gas inerte. Aunque al ser cargas viscosas habría que ver donde posicionar el sensor y que no sufra daños debido a la carga. Al fin y al cabo, al ser cargas tan peligrosas, la seguridad que deben adquirir es mucho mayor, este tipo de barco tiene la estructura más reforzada que otros barcos, los tanques de carga son estancos y herméticos esto se comprueba antes de la salida a navegar ya que si entran en contacto con el aire podría producirse una mezcla explosiva.

Algunos buques tanque van de monoboya a monoboya, por lo que en este caso al no tener que atracar y desatracar será mucho más fácil que naveguen sin tripulación. Sin embargo, en caso de ir muelle o pantalán de alguna refinería o puerto de destino para iniciar carga o descarga habrá que conectar el manifold, con lo cual se necesitará operarios, al igual que para realizar mantenimiento de filtros, etc.

Una de las ventajas que se observa al automatizar estos buques y que naveguen sin tripulación, al igual que los buques de guerra, es que la tripulación no se jugaría la vida en caso de alguna explosión o incendio, este tipo de buques dada su peligrosidad suelen ser muy seguros, pero en caso de que pasara, ésta sería una de las posibles ventajas.

**En el caso de los portacontenedores**, ya existen programas de automatización que estiban contenedores. Este será uno de los primeros buques de carga en navegar autónomamente, sin embargo, los fletadores y armadores no se sabe si estarán dispuestos a transportar gran cantidad de carga en un buque autónomo, ya que una pérdida de ésta supondría una cuantiosa pérdida de dinero. Normalmente ellos confían en la tripulación de a bordo para cuidar su mercancía y que llegue a puerto satisfactoriamente, pero habría que ver que tan dispuestos están los fletadores a mandar carga de un puerto a otro mediante inteligencia artificial.

Sin embargo, existe un proyecto de un buque que recibe el mote de “el Tesla de los mares”. El buque se llama Yara Birkeland y el objetivo es transportar fertilizantes desde la planta de Yara de Porsgrunn, Noruega entre los puertos de Brevik y Larvik, en el mar del Norte. El buque Yara Birkeland será el primer barco de contenedores completamente eléctrico y autónomo del mundo, con cero emisiones. Kongsberg es responsable del desarrollo. Tiene capacidad para 120 TEU. Será una solución completamente alimentada por batería, preparada para una operación autónoma y no tripulada. El buque reducirá las emisiones de NOx y CO2 al reemplazar el transporte de camiones.

Y en el caso de los **bulk carriers**, Deltamarine en Finlandia han diseñado un sistema autónomo de descarga. Se trata de tres grúas electro-hidráulicas que serán operadas desde el puente de mando. Lo cual sería una ventaja para automatizar las cargas y descargas de estos buques. En cuanto a las bodegas se podrá poner sensores de medición de humedad y calor para que estos avisen al centro de control cuando es necesario ventilar las bodegas.

Sin embargo, a la llegada a puerto se necesitará personal para mantenimiento y limpieza de las bodegas.

En cuanto a inconvenientes de buques cargueros, es que estos realizan viajes de varios días. ¿Qué tan avanzada está la inteligencia artificial para no perder señal 5G o vía satélite? En caso de perder la conexión el barco podría quedar a la deriva y se producirían pérdidas.

### 3.4 RESPONSABILIDAD EN CASO DE ACCIDENTE.

Según la Organización marítima internacional, ya existen buques autónomos que están siendo probados en algunas zonas del mar. Desde 2018 a 2023, se tiene como fecha límite para desarrollar un plan estratégico con el fin de integrar las nuevas tecnologías en la legislación ya vigente. alguna de las preguntas más frecuentes es sobre quién caerá la responsabilidad en el caso de accidente, ¿sobre el operador en tierra que controla el buque remotamente? o en caso de que esté navegando autónomamente, ¿sobre el creador del software que no ha evitado posibles peligros?

Las reglas para determinar la culpabilidad en un abordaje son las establecidas en el Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes en la Mar, RIPA. Sin embargo, un buque autónomo creará nuevas complicaciones a cualquier régimen de responsabilidad basado en la inexperiencia de la tripulación en manejar este tipo de buques.

El armador del buque suele ser el responsable en caso de posibles negligencias de la tripulación. Por eso, teniendo en cuenta al responsable del software y con el fin de evitar responsabilidades mayores, el armador posiblemente incorporará cláusulas de exclusión en las pólizas de seguro. En cuanto legislación para buques autónomos se han de encontrar soluciones para la responsabilidad del riesgo que conlleva las nuevas tecnologías.

La responsabilidad en caso de accidentes en buques autónomos podrá variar según el grado de autonomía al que se enfrente el propio buque.

Cada grado de automatización justificará un régimen de responsabilidad objetiva así se garantizará la indemnidad de los perjudicados e incentiva la diligencia del naviero.

### 3.4 POSIBLES MEJORAS.

La automatización y la digitalización han sido un proceso evolutivo en el sector marítimo. La introducción de nuevas tecnologías requiere que los gobiernos y las autoridades enmienden las reglas existentes o creen nuevas reglas. Pero está claro

que las autoridades no van a arriesgar por los buques autónomos hasta que no los vean completamente seguros.

La seguridad en un buque es una de las cosas más importantes y un incendio a bordo es de las cosas más peligrosas que puede ocurrir. Una de las posibles mejoras en buques autónomos sería cómo actuar en caso de un incendio a bordo. Se debe tener estaciones contraincendios o botellas con CO<sub>2</sub>, espuma o polvo dependiendo de la zona donde se encuentre, estas estaciones se deben poder disparar automáticamente desde que se detecte un incendio. Obviamente, tendrá que tener una alarma que avise al centro de control y que el operario mediante las cámaras dar el visto bueno de disparar o no el medio extintor y por consiguiente si la respuesta es sí y se disparara la estación contraincendios, automáticamente se deben parar ventilaciones y cerrar puertas contraincendios. A parte habrán sprinkles y rociadores que servirán también de ayuda para extinguir el fuego.

En los buques actuales algunos de los aparatos más importantes se encuentran duplicados, pues en el caso de los buques autónomos deberán estar triplicados o cuadruplicados y con distintos circuitos para que en caso de una avería de un aparato se pudiera pasar el control al aparato que está repetido. Un claro ejemplo son las aguas de lastre. Muchas veces en el circuito de lastre, hay válvulas que no pueden abrirse automáticamente porque les llega poca presión de aire o se obstruye el sensor. Por tanto, como precaución se deberían poner varias válvulas con distintas tomas y circuitos para en caso de que no funcione una de ellas poder recurrir a la otra.

En el caso de los buques de pasaje una de las posibles mejoras que se me ocurre, es en caso de tener que abandonar y el pasaje no supiera donde ir o cómo actuar, se podría tener varias pantallas indicativas y atenuando la luz dirigir a las personas mediante un pasillo al bote salvavidas.

En caso de que un pasajero sufriera un accidente tener un teléfono en la zona de pasaje para llamar al centro radio-médico y tener una llave para el botiquín en una

cajetilla que se abra solamente en caso de emergencia y que el CCT lo autorice. En caso de que sea muy grave, podría ser evacuado por un helicóptero.

Si ocurriera una caída de planta. El barco se podría mantener mediante posicionamiento dinámico, hasta que se solucione el problema. Si el operario no lo puede solucionar y el buque se encuentra cerca de puerto podría ir un remolcador salvaguardarlo y remolcarlo hasta puerto.

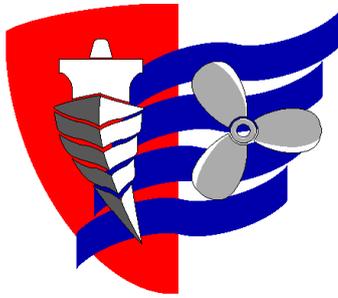
Si está lejos, podría ir un helicóptero y estacionar en el helipuerto del barco (si lo tiene) para que personal cualificado pueda solventar la avería de forma inmediata, por lo que una de las grandes posibles mejoras es que se incluyan helipuertos en los buques autónomos para poder ayudarlos en caso de peligro.

Para que un buque autónomo funcione se necesita conexión satélite o conexión 4G o 5G. Los sistemas GPS dependen de la recepción de señales de satélites que los expertos sostienen que son vulnerables a hackeos o ataques. Por lo que se podría optar por el sistema de posicionamiento en tierra como es el e-Loran, es decir podría funcionar como un sistema de “back up”, en caso de que fallara el GPS.

Los ataques piratas en buques autónomos no están del todo claros ya que estos suelen utilizar a la tripulación como rehén, sin embargo, debería haber alguna opción en el centro de control donde se pudiera cerrar el barco y dejar a los piratas en un barco inmóvil.

Lo más conveniente es que estos buques sean probados en navegaciones cortas y sin mucho tráfico, y así comprobar que la inteligencia artificial es capaz de realizar estas navegaciones con éxito y cuando se vaya avanzando más, añadir escenarios más complejos como dispositivos de separación de tráfico, paso de canales, etc.

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA  
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**



***CAPITULO 4***

**VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

## CAPÍTULO 4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

En este último capítulo se mencionan algunas ventajas y desventajas que surgen al automatizar los buques, teniendo en cuenta diversas opiniones que he contrastado con compañeros del buque de pasaje donde trabajo.

### 4.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

La automatización está muy bien estudiada y cada día se avanza más, pero sería una gran responsabilidad dejar un barco a manos de la tecnología, por eso las navegaciones autónomas se prevén en distancias o viajes cortos y primeramente en buques pequeños. Poder solventar mediante tecnología todos los errores que se podrían producir en barcos grandes sería un mérito, pero es un hecho que aún queda un gran camino por recorrer con los buques autónomos.

Con los avances tecnológicos se debe ser cauteloso. Existen riesgos como accidentes o malos usos, y está claro que son aparatos y que algunas veces funcionan mal y la prueba de ello son los coches autónomos que han tenido accidentes muy graves. Pero a medida que los sistemas se expandan podrá causar muchos daños. Cuanto más potente y avanzada sea la tecnología más daños puede causar. Esto es debido a que Internet y el consentimiento de datos evoluciona, entonces los riesgos serán mayores.

Tras el estudio de este trabajo, se observa que lo primordial al usar la inteligencia artificial es la recopilación de datos, la calidad y coherencia.

Para que los datos sean utilizados deben ser seguros y establecer a quien pertenecen y quién puede acceder a ellos.

La aplicación de la IA depende de las tecnologías que se optimicen. Sin embargo, muchas veces se tarda en aceptar los cambios, no siempre se puede alcanzar los mismos niveles de digitalización y algunos no podrán adoptarlos. Por tanto, es normal que exista la automatización parcial.

Por tanto, todavía queda un largo camino por recorrer y por muchas ventajas que pueda producir la IA también tiene desventajas.

#### 4.1.1 VENTAJAS.

- Automatiza los procesos. Permite desarrollar tareas rutinarias sin intervención humana.
- Aporta más precisión. Es capaz de aportar mayor precisión. Uno de los ejemplos es el Sistema LIDAR que capta imágenes mejor que el propio ojo humano.
- Reduce el error humano.
- Reduce los tiempos empleados en análisis de datos. Efectúa análisis de los datos en tiempo real, en lo que un operario podría tardar días en realizarlo.
- Mantenimiento predictivo. Realiza mantenimiento del equipamiento, incrementando su rendimiento y ciclo de vida.
- Mejora en la toma de decisiones. Al disponer de mayor información, permite tomar decisiones más rápidas y eficientes.
- Aumento de la productividad y calidad de producción.
- Aumenta la capacidad de carga debido a que no es necesario tener un puente de mando, ni habilitación para la tripulación, por lo que se podría repartir mejor el espacio para la carga.
- Muchas veces el propio radar no es capaz de detectar pequeños botes que se encuentran pescando o botes sin luces que se encuentran pescando de noche, el sistema LIDAR y las cámaras térmicas serían capaz de detectarlos.
- Los marinos de edad avanzada normalmente los últimos embarques buscan flotas que estén cerca de casa para estar con sus familias e hijos, por lo que los centros de control en tierra serían una gran oportunidad para esta gente con experiencia que ya ha navegado lo suficiente y que desea pasar más tiempo con sus allegados y a la vez haciendo lo que les gusta. Obviamente sin quitarle oportunidad a los más jóvenes que podrían realizar prácticas al salir

de la escuela en un centro de control en tierra para tener un primer contacto con los barcos.

- En cuanto al punto anterior, también sería una gran ventaja aprovechar la experiencia de los capitanes y pilotos en activo para poder desarrollar este tipo de buques autónomos. Ya que mediante la experiencia adquirida navegando podrían sugerir nuevas ideas o mejorar las ya existentes.
- Una gran ventaja al automatizar buques de guerra es que la tripulación no tendría por qué jugarse la vida, sino directamente vigilarían y accionarían lo que necesitaran desde el centro de control. Por tanto, neutralizan el riesgo para las tripulaciones.
- Permite recorrer distancias recogiendo datos de forma continuada y enviándolos en tiempo real.
- Al tener todo más automatizado mejoran la respuesta de salvamento y ayuda humanitaria, por lo que se agiliza el proceso de actuación.

#### 4.1.2 DESVENTAJAS.

- Disponibilidad de datos. Al estar todos los datos en una misma red son más vulnerables a hackeos o ataques informáticos.
- Disminución de profesionales cualificados. Escasez de perfiles con habilidades y experiencia.
- Coste y tiempo de implementación. Se debe valorar a largo plazo ya que, al principio será una gran inversión, pero se podrá obtener resultados exitosos a la larga.
- En cuanto a los problemas más graves que acarrearán los buques autónomos, es confiar únicamente en la tecnología para operar barcos a grandes distancias. Se piensa que los buques sin tripulación tendrán menos accidentes, porque la mayoría de accidentes marítimos son causados por factor humano, sin embargo, los accidentes a bordo podrían ser agravados,

por ejemplo, un incendio a bordo, sin una tripulación que actúe como bomberos, es más difícil extinguirlo.

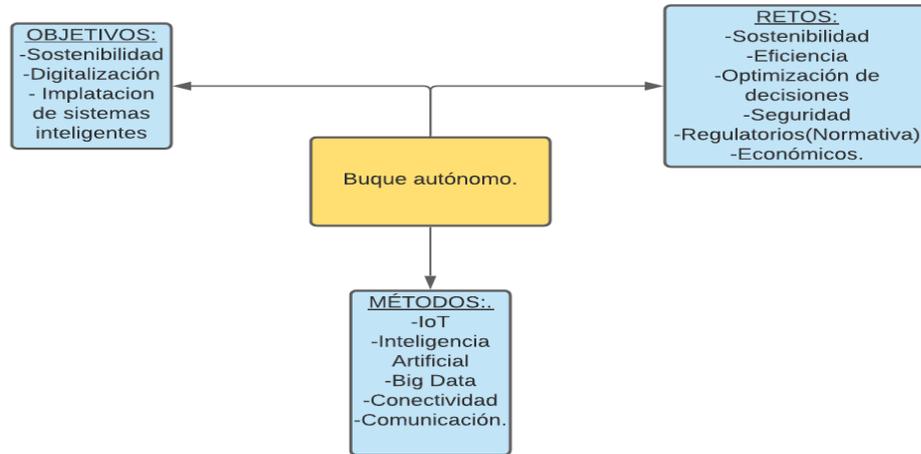
- El problema más grave en cuanto buques autónomos serán los puestos de trabajo. Es inevitable que disminuya la cantidad de gente de mar. Un gran número de marinos tendrá problemas en encontrar trabajo, y se verán obligados a buscar trabajos en diferentes campos de ocupación distintos a lo náutico, ya que cambiará la gente de mar que se necesita, en cuanto a términos de capacitación, conocimiento y comportamiento.

En el atraque y desatraque de un barco, intervienen varias figuras como el capitán, práctico, el centro de control y remolcadores. En caso de que la embarcación atracara y desatracara de forma autónoma todos esos operarios no podrían ejercer su trabajo de la forma convencional, sino que habría que buscar otras alternativas en el caso de este tipo de buques.

- Lo más complicado de llevar en el estudio de este tipo de buques es la implantación de las leyes, ya que legislaciones aplicadas a la automatización han de ser valoradas y complementadas a la legislación vigente, por lo que es lo que más tiempo conlleva.
- Existen softwares ya probados que atracan y desatracan el buque valoran la marea, la velocidad del viento y el entorno para poder atracar el barco de la manera más satisfactoria, sin embargo, las maniobras de atraque y desatraque son bastantes peligros y aún más si nos encontramos en un puerto donde puede haber distintas rachas de viento, habría que comprobar si los buques autónomos estarían preparados para esos acontecimientos, ya que estos suelen ser probados en escenarios no muy complejos.
- Una gran desventaja es que estos barcos no están aún preparados para escenarios complejos como dispositivos de separación de tráfico, los softwares interpretan el RIPA, pero habría que ver cómo actuarían teniendo gran afluencia de barcos alrededor.

- Los armadores y fletadores en principio no estarían dispuestos a dejar una carga de gran valor navegando en un buque autónomo. La pérdida de la mercancía supondría una pérdida relativamente cuantiosa.
- Otra gran desventaja es el uso de la digitalización cuando hay grandes temporales, los que se encuentran a bordo podrían ser dañados o causarles una pérdida de señal. En el caso más extremo el barco autónomo podría incluso quedar a la deriva debido a una pérdida de señales y aparatos eléctricos por mal tiempo.
- Otra desventaja es tener una gran avería y estar muy lejos de tierra, según los proyectos el buque se mantendría en posicionamiento dinámico, pero, ¿Cuánto tiempo tardaría alguien en llegar a solventar el problema?
- Cuando un buque está en peligro normalmente los buques más próximos acuden al auxilio, pero si todos los buques fueran no tripulados. ¿Cómo podrían ayudarse unos a otros?
- Otra gran desventaja en cuanto a los grados de autonomía definidos por la OMI. Los buques autónomos aún no se encuentran en un estado avanzado de desarrollo, actualmente se encuentran en el grado 1, donde existen procesos automatizados y existe tripulación a bordo para tomar el control en caso de que ocurriera algo. El grado 2 se está dando a conocer en pequeños buques que son controlados a distancia y existe gente a bordo, pero aún queda un largo proceso hasta llegar al grado 4 donde los buques sean completamente autónomos.

**Flujograma 3. Retos, objetivos y métodos para la implantación de un buque autónomo.**



**Fuente: Autor.**

## CONCLUSIÓN.

El transporte marítimo autónomo supondrá un gran ahorro para las empresas navieras a largo plazo. La eliminación del puente de gobierno y de los oficios de tripulación, reducirá el peso y permitirá redefinir el diseño del buque, por tanto, serán más aerodinámicos y se ahorrará en combustible.

El personal se capacitará para conocer los distintos aparatos de los que se compone el centro de control en tierra, también tendrá que conocer el funcionamiento del buque, y sobre todo, cumplir con la seguridad a bordo que es de los factores más importantes.

A bordo, el papeleo es uno de los trabajos que más tiempo conlleva. En el transporte autónomo, al estar toda la información metida en una misma red, reduciría el trabajo del oficial y este podría centrarse en la navegación y aumentaría el tiempo de descanso.

De los riesgos que más preocupa al automatizar un barco es la ciberseguridad. Los sistemas informáticos están en continua actualización, por tanto, los softwares deben ser revisados y actualizados continuamente por el personal. Al tratarse de una red donde se encuentran infinidad de datos metidos, si no se actualiza, cualquier hacker podría acceder a los datos. Por consiguiente, se debe intentar que nadie pueda franquear este sistema por la seguridad de todos los buques.

Dentro de los distintos tipos de barcos, cabe destacar los de pasaje, donde el factor humano es primordial ya que en muchas ocasiones el pasaje necesitará orientación a bordo y puede requerir ayuda. En vista de la importancia que tiene el factor humano es casi imposible que se pueda prescindir totalmente de él a bordo.

Siempre habrá alguien que supervise la embarcación desde el centro de control o cualquier otro emplazamiento. La tecnología en la actualidad está muy avanzada, pero ¿Hasta qué punto lo está para dejar un buque navegando completamente solo sin supervisión? Se ha comprobado que de momento no es posible.

Las navegaciones autónomas se han dado a conocer en navegaciones cortas y con barcos pequeños, pero la tecnología debe seguir avanzando y probarse hasta que pueda ser adaptada a barcos más grandes con la debida seguridad que éstos conllevan. De momento convivirán buques autónomos y buques con tripulación navegando a la vez. Lo mismo pasa con los puertos, habrá algunos más avanzados que otros.

Desde mi punto de vista, la automatización de los puertos es mucho más factible que la de los propios buques autónomos. En estos últimos son muchas más las desventajas que las propias ventajas ya que los proyectos son unos, pero la realidad es otra completamente distinta, lo mismo pasa con los coches autónomos donde actualmente se han producido accidentes muy graves, por lo que el estudio de los buques autónomos debe ser más riguroso todavía ya que una colisión de un barco podría causar grandes pérdidas y daños al medioambiente.

Con los resultados obtenidos en este trabajo se llega a la conclusión de que aún queda un largo proceso para que los buques puedan ser completamente autónomos, ya que siempre se necesitará algún operario supervisando la manera de actuar hasta que vayan mejorando con el tiempo. También será necesario tener operarios en puerto que realicen el mantenimiento del buque como pintar, cambiar filtros, engrasar y hacer distintos trabajos para que el buque no se deteriore con el paso del tiempo. Con lo cual, se necesitará personal a la llegada del buque a puerto para realizar dichos trabajos.

Aún queda un largo proceso para que la navegación sin tripulación sea una realidad, aunque los pasos que se han dado hasta ahora no han sido en vano. El avance de la ciencia hacia máquinas inteligentes ha hecho posible que cada vez se automaticen más los sistemas, lo que conlleva que mejore la eficiencia y la productividad ya que las terminales automatizadas y buques podrán proporcionar un servicio 24 horas al día, un ejemplo es el puerto de Qingdao.

La revolución tecnológica apareció para ayudar a las personas y poder trabajar de forma colaborativa, no para sustituirla que es uno de los grandes miedos de la población. Por tanto, debemos ser cautos pero abiertos al progreso.

## REFERENCIAS

1. Fraga, Alberto Iglesias. La historia de la inteligencia artificial: desde los orígenes hasta hoy. [En línea] Septiembre de 2016. [Citado el: 2 de junio de 2020.] <https://www.ticbeat.com/innovacion/la-historia-de-la-inteligencia-artificial-desde-los-origenes-hasta-hoy/>.
2. iberdrola. ¿QUÉ ES LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL? [En línea] [Citado el: 2 de junio de 2020.] <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-inteligencia-artificial>.
3. Juan Antonio Pascual. Inteligencia artificial: qué es, cómo funciona y para qué se está utilizando. [En línea] Agosto de 2019. [Citado el: 2 de junio de 2020.] <https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/inteligencia-artificial-469917>.
4. Qué es el Big Data y cómo funciona. [En línea] Redacción España. [Citado el: 2 de junio de 2020.] <https://agenciab12.com/noticia/que-es-big-data-como-funciona>.
5. Ventajas y Desventajas de la Inteligencia Artificial en Empresas. [En línea] enero de 2020. [Citado el: 18 de junio de 2020.] [nexusintegra.io/es/ventajas-y-desventajas-de-la-inteligencia-artificial/](https://nexusintegra.io/es/ventajas-y-desventajas-de-la-inteligencia-artificial/).
6. significado de hardware. [En línea] 2019. [Citado el: 4 de julio de 2020.] <https://www.significados.com/hardware/>.
7. concepto de algoritmo en informática. [En línea] [Citado el: 4 de julio de 2020.] <https://concepto.de/algoritmo-en-informatica/#:~:text=En%20inform%C3%A1tica%2C%20un%20algoritmo%20es,problema%20o%20tomar%20una%20decisi%C3%B3n..>
8. Informe Parlamento Europeo, traducción apartado; “Inteligencia artificial en transporte marítimo, navegación y puertos”. [En línea] European Parliamentary Research Service. [Citado el: 8 de junio de 2020.] <https://focomar.com/informe-parlamento-europeo-traduccion-apartado-inteligencia-artificial-en-transporte-maritimo-navegacion-y-puertos/>.

9. Luiza Perez. ¿Qué es la Industria 4.0? Entiende sobre la transformación digital en la industria. [En línea] marzo de 2019. [Citado el: 8 de junio de 2020.]  
<https://rockcontent.com/es/blog/industria-4-0/#:~:text=La%20Industria%204.0%2C%20tambi%C3%A9n%20conocida,integraci%C3%B3n%20de%20los%20procesos%20productivos..>
10. Alejandro Chinchilla Rodríguez. Smart port: el puerto del futuro. [En línea] mayo de 2016. [Citado el: 8 de junio de 2020.]  
[https://empresas.blogthinkbig.com/smart-port-el-puerto-del-futuro/.](https://empresas.blogthinkbig.com/smart-port-el-puerto-del-futuro/)
11. Christian Gómez. Los puertos del futuro se llaman Smart Ports. [En línea] enero de 2018. [Citado el: 18 de abril de 2020.]  
[https://www.sertrans.es/transporte-maritimo/los-puertos-del-futuro-se-llaman-smart-ports/.](https://www.sertrans.es/transporte-maritimo/los-puertos-del-futuro-se-llaman-smart-ports/)
12. Manuel Ortega Santaella. La Inteligencia Artificial y el Big Data llega a los puertos. [En línea] [Citado el: 18 de abril de 2020.]  
<https://www.cajasietecontunegocio.com/temas/logistica/item/la-inteligencia-artificial-y-el-big-data-llega-a-los-puertos.>
13. Zigor Aldama. [En línea] octubre de 2019. [Citado el: 18 de abril de 2020.]  
[https://retina.elpais.com/retina/2019/10/28/innovacion/1572259447\\_860948.html.](https://retina.elpais.com/retina/2019/10/28/innovacion/1572259447_860948.html)
14. Catalina Grimalt. El modelo Smart Port en el Port de Barcelona. [En línea] febrero de 2019. [Citado el: 4 de julio de 2020.]  
[https://piernext.portdebarcelona.cat/tecnologia/el-modelo-smart-port-en-el-port-de-barcelona/.](https://piernext.portdebarcelona.cat/tecnologia/el-modelo-smart-port-en-el-port-de-barcelona/)
15. DE NAVAMUEL, Emma Diaz Ruiz. EVOLUTION OF AUTOMATIC SYSTEMS MOORING SYTEMS IN COMMERCIAL PORTS: Evolución de los sistemas de amarre automático en puertos comerciales. Journal of Maritime Research, 2017, vol. 14, no 2, p. 1- [En línea] 2017. [Citado el: 15 de agosto de 2020.]

16. Mampey. [En línea] [Citado el: 15 de agosto de 2020.]  
<https://mampaey.com/magnetic-auto-mooring-at-the-woolwich-ferry/>.
17. Reduction in CO2 emissions in RoRo/Pax ports equipped with automatic mooring systems. E Díaz-Ruiz-Navamuel, AO Piris, CA Pérez-Labajos - Environmental Pollution, 2018 [En línea] 4 de junio de 2018. [Citado el: 15 de agosto de 2020.]
18. AMARRES: NUEVOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE AMARRE EN BUQUES: AMARRE POR VACÍO Y SISTEMAS HIDRÁULICOS. [En línea] 2016. [Citado el: 15 de agosto de 2020.]  
[https://www.researchgate.net/publication/322232826\\_AMARRES\\_NUEVOS\\_SISTEMAS\\_AUTOMATICOS\\_DE\\_AMARRE\\_EN\\_BUQUES\\_AMARRE\\_POR\\_VACIO\\_Y\\_SISTEMAS\\_HIDRAULICOS](https://www.researchgate.net/publication/322232826_AMARRES_NUEVOS_SISTEMAS_AUTOMATICOS_DE_AMARRE_EN_BUQUES_AMARRE_POR_VACIO_Y_SISTEMAS_HIDRAULICOS).
19. cavotec. [En línea] [Citado el: 15 de agosto de 2020.] [www.cavotec.com](http://www.cavotec.com).
20. trends. nauticexpo. [En línea] [Citado el: 15 de agosto de 2020.]  
<https://trends.nauticexpo.es/tts-marine/project-31735-313157.html>.
21. portsdebalears. [En línea] [Citado el: 15 de agosto de 2020.]  
<http://innovacion.portsdebalears.com/proyecto/shoretension-un-novedoso-sistema-de-amarre/>.
22. PRIMERA HÉLICE DE IMPRESIÓN 3D. [En línea] diciembre de 2018. [Citado el: 5 de julio de 2020.] <https://sectormaritimo.es/primera-helice-3d>.
23. Proyecto europeo Monalisa 2.0. [En línea] [Citado el: 12 de mayo de 2020.]  
<http://nauticagenova.com/blog/proyecto-europeo-monalisa-2-0/>.
24. Salvamento Marítimo y Autoridad Portuaria de Valencia realizan un ejercicio de evacuación masiva de un buque de pasaje con incendio a bordo. [En línea] junio de 2015. [Citado el: 12 de mayo de 2020.]  
<http://www.salvamentomaritimo.es/sala-de-comunicacion/sala-de->

**prensa/salvamento-maritimo-y-autoridad-portuaria-de-valencia-realizan-un-ejercicio-de-evacuacion-masiva-de-un-buque-de-pasaje-con-incendio-a-bordo.**

**25. Azufre 2020: reduciendo las emisiones de óxidos de azufre. [En línea] OMI, 2020. [Citado el: 7 de agosto de 2020.]**

**<http://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/Paginas/Sulphur-2020.aspx>.**

**26. Stena Line reduce en hasta un 3% el consumo de combustible con el uso de Inteligencia Artificial. [En línea] 2019. [Citado el: 7 de agosto de 2020.]**

**<https://www.cadenadesuministro.es/noticias/stena-line-reduce-en-hasta-un-3-el-consumo-de-combustible-con-el-uso-de-inteligencia-artificial/>.**

**27. [En línea] 2020. [Citado el: 12 de agosto de 2020.]**

**<https://www.maritimoportuario.cl/mp/el-puerto-de-la-gomera-primero-en-espana-en-electrificar-buques-atracados/>.**

**28. Puerto de la gomera el primero en electrificar buques atracados. [En línea] [Citado el: 12 de agosto de 2020.] <https://www.maritimoportuario.cl/mp/el-puerto-de-la-gomera-primero-en-espana-en-electrificar-buques-atracados/>.**

**29. Buques autónomos. [En línea] IMO. [Citado el: 12 de mayo de 2020.]**

**<http://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/Paginas/Autonomous-shipping.aspx>.**

**30. Unmanned Marine Systems Code. [En línea] 2017. [Citado el: 8 de junio de 2020.] <https://www.lr.org/en/unmanned-code/#:~:text=The%20LR%20Unmanned%20Marine%20Systems,is%20acceptable%20to%20Flag%20States%2C>.**

**<https://www.lr.org/en/unmanned-code/#:~:text=The%20LR%20Unmanned%20Marine%20Systems,is%20acceptable%20to%20Flag%20States%2C>.**

**31. Breaking waves. [En línea] [Citado el: 12 de junio de 2020.]**

**<https://breakingwaves.fi/wp-content/uploads/2019/06/SVAN-presentation.pdf>.**

**32. AUTOSHIP. [En línea] [Citado el: 13 de junio de 2020.] <https://www.autoship-project.eu/the-project/>.**

33. sensores infrarrojos. [En línea] 2018. [Citado el: 10 de agosto de 2020.] <https://protegiendopersonas.es/sensores-infrarrojos-que-son-y-para-que-se-utilizan/>.
34. How lidar works. [En línea] [Citado el: 10 de agosto de 2020.] <https://www.yellowscan-lidar.com/es/knowledge/how-lidar-works/>.
35. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL SE ESTRENA COMO 'CAPITÁN' DE UN BARCO AUTÓNOMO. [En línea] [Citado el: 26 de marzo de 2020.] <https://www.expansion.com/nauta360/turismo-puertos/2020/03/05/5e61242c468aeb932b8b45f6.html>.
36. AWWA. [En línea] [Citado el: 12 de agosto de 2020.] <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf>.
37. MUNIN. [En línea] [Citado el: 12 de agosto de 2020.] <http://www.unmanned-ship.org/munin/news-information/downloads-information-material/munin-deliverables/>.
38. MUNIN. [En línea] [Citado el: 12 de agosto de 2020.] <http://www.unmanned-ship.org/munin/news-information/downloads-information-material/munin-deliverables/>.
39. "SISTEMAS" de ayuda al "ATRAQUE" de los "BUQUES". [En línea] [Citado el: 13 de agosto de 2020.] <https://www.exponav.org/sistemas-de-ayuda-al-atraque-de-los-buques/>.
40. Mayflower. [En línea] [Citado el: 26 de marzo de 2020.] <https://www.muycomputerpro.com/2020/03/05/mayflower-atlantico-tripulacion-humana>.
41. El buque de investigación autónomo Mayflower Autonomous Research Ship (MARS). [En línea] 2016. [Citado el: 26 de marzo de 2020.]

<https://vadebarcos.net/2016/01/16/buque-investigacion-autonomo-mayflower-autonomous-research-ship-mars/>.

42. IBM prueba el primer buque autónomo que cruzará el Atlántico sin tripulantes. [En línea] MARZO de 2020. [Citado el: 26 de marzo de 2020.] <http://elvigia.com/ibm-prueba-el-primer-buque-autonomo-que-cruzara-el-atlantico-sin-tripulantes/>.

43. El primer barco autónomo en España ya es una realidad. [En línea] diciembre de 2019. [Citado el: 26 de julio de 2020.] <https://www.cadenadesuministro.es/noticias/el-primer-barco-autonomo-en-espana-ya-es-una-realidad/>.

44. Navantia Sistemas San Fernando en España. [En línea] [Citado el: 26 de julio de 2020.] [https://www.diariodecadiz.es/noticias-provincia-cadiz/Navantia-Sistemas-San-Fernando-Espana\\_0\\_1418258368.html](https://www.diariodecadiz.es/noticias-provincia-cadiz/Navantia-Sistemas-San-Fernando-Espana_0_1418258368.html).

45. Las claves de la ciberseguridad son identificar, proteger, detectar, responder y recuperar, según OneseQ. [En línea] 2016. [Citado el: 20 de mayo de 2020.] <https://www.interempresas.net/Seguridad/Articulos/156233-claves-ciberseguridad-son-identificar-proteger-detectar-responder-recuperar-segun-OneseQ.html>.

46. [https://www.finanzas.com/empresas-y-directivos/la-china-sensetime-se-convierte-en-la-empresa-de-ai-mas-valiosa-del-mundo\\_13818269\\_102.html](https://www.finanzas.com/empresas-y-directivos/la-china-sensetime-se-convierte-en-la-empresa-de-ai-mas-valiosa-del-mundo_13818269_102.html). [En línea] [Citado el: 28 de julio de 2020.] [https://www.finanzas.com/empresas-y-directivos/la-china-sensetime-se-convierte-en-la-empresa-de-ai-mas-valiosa-del-mundo\\_13818269\\_102.html](https://www.finanzas.com/empresas-y-directivos/la-china-sensetime-se-convierte-en-la-empresa-de-ai-mas-valiosa-del-mundo_13818269_102.html).

47. Furute Ship Bridge. [En línea] [Citado el: 29 de julio de 2020.] <https://newatlas.com/future-ship-bridge-2025/31250/>.

48. Unmanned machinery spaces. [En línea] [Citado el: 29 de julio de 2020.] <http://www.machineryspaces.com/unmanned-machinery-spaces.html>.

**49. Seguridad Marítima en Buques Tanques. [En línea] [Citado el: 16 de agosto de 2020.]<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/3020/Seguridad%20Buques%20Petroleros.pdf>.**

**50. Rafael García Domínguez. Esta IA controla el tráfico marítimo sin errores de colisión. [En línea] [Citado el: 27 de agosto de 2020.][https://as.com/meristation/2020/04/16/betech/1587064358\\_947521.html](https://as.com/meristation/2020/04/16/betech/1587064358_947521.html).**

**51. Sistema anticolidión para buques. [En línea] [Citado el: 27 de agosto de 2020.]<https://politicacientifica.uca.es/nuevo-sistema-de-ayuda-anticolidion-para-buques-saab/>.**