



**MÁSTER UNIVERSITARIO EN LOGÍSTICA Y GESTIÓN ECONÓMICA DE LA DEFENSA**

**OPTIMIZACION INGENIERIA CICLO DE VIDA FR. CLASE "ALVARO DE BAZÁN"**

Curso académico: 2022-2023

APELLIDOS Y NOMBRE: MOREIRA LEMUS, José Manuel

CONVOCATORIA: junio 2023

### **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quería agradecer las indicaciones recibidas de mi tutor académico, el catedrático don Teodosio Pérez Amaral, gracias a las cuales he podido orientar de forma adecuada la línea conductora de este trabajo. Sin su guía no hubiera podido completar este trabajo de investigación.

En segundo lugar, mencionar la paciencia y dedicación de mi tutor técnico, el Capitán de Fragata José María Almira García, cuya experiencia de más de 17 años en buques de la Flota ha servido de base a toda la parte técnica.

No puedo olvidarme de todos aquellos compañeros que pacientemente han atendido todas mis llamadas, correos, han aportado documentación y experiencias en aras de lograr una mayor objetividad en los resultados investigadores. Esto sin duda ha evitado que el trabajo saliera sesgado lo que lo ha enriquecido desde el punto de vista académico.

Finalmente agradecer a toda mi familia, especialmente a mi esposa Ana Isabel Rodríguez el esfuerzo familiar que ha requerido por su parte las interminables horas y lo incomodo de los horarios seguidos en la elaboración de este TFM.

## **OPTIMIZACION CICLO DE VIDA (CV) FRAGATAS CLASE "ÁLVARO DE BAZÁN" MEDIANTE SISTEMA EXPERTO.**

### **ÍNDICE**

OPTIMIZACION CICLO DE VIDA (CV) DE LAS FRAGATAS CLASE "ÁLVARO DE BAZÁN" MEDIANTE SISTEMA EXPERTO.

#### Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	2
OPTIMIZACION CICLO DE VIDA (CV) FRAGATAS CLASE "ÁLVARO DE BAZÁN" MEDIANTE SISTEMA EXPERTO.....	3
ÍNDICE.....	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
GLOSARIO DE SIGLAS.....	1
SUMARIO.....	2
ABSTRACT.....	3
PREFACIO.....	4
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	5
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.4 HIPÓTESIS.....	5
1.5 METODOLOGÍA.....	6
CAPÍTULO II. APROXIMACIÓN CONCEPTUAL.....	6
2.1 INTRODUCCIÓN SOBRE IA.....	6
2.2 REPERCUSIÓN NUMÉRICA DE LA IA MUNDIAL.....	9
2.3 LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (SDG).....	11
2.4 DIFERENTES SUBTIPOS DE LA IA.....	12
2.4.1 MACHINE LEARNING.....	13
2.4.1.1 Deep Learning.....	14
2.4.1.2 Predictive Analytics.....	14
2.4.2 SPEECH.....	14
2.4.3 VISION.....	15
2.4.3.1 Reconocimiento de imágenes.....	15
2.4.3.2 Visión Artificial.....	15
2.4.4 PROCESADO DE LENGUAJE NATURAL (NLP).....	15
2.4.5 SISTEMAS EXPERTOS.....	16

2.4.6	PLANEAMIENTO Y OPTIMIZACION.....	17
2.4.7	ROBOTICA.....	17
CAPÍTULO III. DESCRIPCION DEL PROCESO ACTUAL EN LA ARMADA.....		18
3.1	INDUSTRIA 4.0.....	18
3.2	INDUSTRIA 4.0 EN ESPAÑA.....	18
3.3	INDUSTRIA 4.0 EN LA ARMADA.....	19
3.4	DESCRIPCION GENERAL PROCESOS ARMADA.....	19
3.4.1	Función de dirección del aprovisionamiento.....	20
3.4.2	Función de ejecución del aprovisionamiento.....	20
3.4.3	Aplicaciones informáticas.....	21
3.4.4	Proyectos futuros en el campo de las aplicaciones.....	23
CAPÍTULO IV. DESCRIPCION DEL PROCESO A BORDO.....		25
4.1	PARTICULARIDADES DE LA ARMADA.....	25
4.2	ESTADISTICAS DE LA APLICACIÓN.....	26
4.3	FRAGATAS CLASE ÁLVARO BAZÁN.....	28
4.4	DOTACIÓN.....	28
4.5	RELACIÓN DE LAS TAREAS CON LOS TIPOS DE IA.....	30
4.6	FUENTES DE OBTENCION DEL SOFTWARE.....	30
CAPÍTULO V. APLICACIONES DE LA IA A BORDO.....		31
5.1	ESTUDIO DEL EMPLEO DE LA IA EN OTRAS ARMADAS.....	31
5.2	EMPLEO DE LA IA EN LAS OPERACIONES LOGÍSTICAS A BORDO.....	33
5.3	EMPLEO DE LA IA EN EL CICLO DE VIDA DEL BUQUE.....	34
5.4	RESULTADO DE LA ENTREVISTA INFORMAL SOBRE EL EMPLEO DE LA IA A BORDO.....	35
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES.....		36
6.1	CONCLUSIONES EN PALABRAS.....	36
6.2	RECOMENDACIONES/OPCIONES PARA LOS SUPERIORES.....	36
6.3	LIMITACIONES DEL TRABAJO.....	37
6.4	CONTINUACIONES FUTURAS DE ESTE TRABAJO.....	37
ANEXO I. ENTREVISTA INFORMAL.....		38
ANEXO II. FORMATO VAROP.....		39
BIBLIOGRAFÍA.....		40

## **ÍNDICE DE FIGURAS.**

Figura 1. Impactos Positivos y Negativos de la IA en los Objetivos Globales de Desarrollo.

Figura 2. Explicación de los Diferentes Objetivos Globales de Desarrollo.

Figura 3. Tipos de Inteligencias Artificiales.

Figura 4. Módulo de gestión integral del aprovisionamiento.

Figura 5. Descripción Funcional. Grupos de coste.

Figura 6. Histórico de VAROPS.

## **GLOSARIO DE SIGLAS.**

**CIS:** Sistemas de Información y Comunicaciones (Communication and Information System)

**IA.** Inteligencia Artificial.

**I3D.** La I3D es la infraestructura CIS/TIC del Ministerio de Defensa operada por el Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CESTIC).

**HVU.** High Value Unit. Unidad de valor estratégica

**LORI.** Libro de Organización del Régimen Interior.

**SDG.** Sustainable Development Goals.

**NLP.** Natural language processing.

**VAROP.** Mensaje de Variación Operativa

**MAP1.** Manual de aprovisionamiento de 1 escalón.

**MAP2.** Manual de aprovisionamiento de 1 escalón.

**AEC.** Árbol de elementos configurados.

**SOC.** Sistema OTAN de catalogación.

**BUI.** Buque Unidad o Instalación.

**JADC2.** Joint All-Domain Command and Control.

**CCTV.** Circuito Cerrado de Televisión.

**JAL.** Jefatura de Apoyo Logístico.

**IoT.** Internet Off Things.

**MIRADO-I.** Material, Infraestructuras, Recursos humanos y tecnológicos, Adiestramiento, Doctrina, Organización e Interoperabilidad.

**AJAL.** Almirante Jefe Apoyo Logístico.

**AJEMA.** Almirante Jefe Estado Mayor de la Armada.

**2AJEMA.** Segundo Jefe Estado Mayor de la Armada

**ALFLOT.** Almirante de la Flota.

## SUMARIO

En el presente trabajo se aborda la programación y sostenimiento del ciclo de vida de una Fragata Clase "Álvaro de Bazán". Éste consta de dos partes, la preventiva y la correctiva y para gestionarlo la Armada utiliza varias herramientas CIS y un número variable de personas. Para la mejora y optimización del mantenimiento correctivo se plantea la utilización de herramientas de inteligencia artificial. Para ello el trabajo se estructura en cinco capítulos.

En el Capítulo I se delimita el objeto de estudio y se establece la metodología a seguir para demostrar la hipótesis de investigación.

En el Capítulo II establecemos la aproximación conceptual donde establecemos la situación de la Inteligencia Artificial (IA), sus orígenes, y un análisis de los diferentes subconjuntos de herramientas que nos permita en siguientes capítulos decidir que herramientas serían los más apropiados a bordo.

En el Capítulo III, partiendo de la situación normativa de España dentro de la Industria 4.0, vamos descendiendo hasta detallar el punto de situación de la Armada en lo que al Ciclo de Vida se refiere, con sus tendencias y qué es lo que pretende en el corto plazo.

En el Capítulo IV desarrollamos que procesos se siguen a bordo de este tipo de buques (Clase "Álvaro de Bazán") e identificamos las áreas que tienen margen de mejora, que requieren de recursos innecesarios y que podrían automatizarse parcial o totalmente, relacionándolos con los subprocesos vistos en el Capítulo II.

En el Capítulo V es donde, una vez realizado el estudio de los antecedentes, identificado qué tiene margen de mejora y qué aspectos pueden ser inútiles, establecemos dónde tiene cabida el empleo de la inteligencia artificial para la optimización del proceso.

Finalmente, en el Capítulo VI detallamos las conclusiones a las que hemos llegado tras el proceso investigador.

**Palabras clave:** ciclo de vida, inteligencia artificial, industria 4.0, optimización, mantenimiento correctivo.

## **ABSTRACT**

This paper deals with the programming and maintenance of the life cycle of an "Álvaro de Bazán" Class Frigate. This consists of two parts, the preventive, and the corrective and to manage it the Navy uses several CIS tools and a variable number of people. For the improvement and optimization of corrective maintenance, the use of artificial intelligence tools is proposed. For this, the work is structured in five chapters.

Chapter I delimits the object of study and establishes the methodology to be followed to demonstrate the research hypothesis.

In Chapter II we establish the conceptual approach where we establish the situation of Artificial Intelligence (AI), its origins, and an analysis of the different subsets of tools that allows us in subsequent chapters to decide which tools would be the most appropriate on board.

In Chapter III, starting from the regulatory situation of Spain within Industry 4.0, we go down to detail the point of situation of the Navy as far as the Life Cycle is concerned, with its trends and what it intends in the short term.

In Chapter IV we develop which processes are followed on board this type of vessels (Class "Álvaro de Bazán") and identify the areas that have room for improvement, that require unnecessary resources and that could be partially or totally automated, relating them to the sub processes seen in Chapter II.

In Chapter V is where, once the study of the antecedents has been carried out, identified what has room for improvement and what aspects may be useless, we establish where the use of artificial intelligence for the optimization of the process has a place.

Finally, in Chapter VI we detail the conclusions we have reached after the research process.

**Keywords:** life cycle, artificial intelligence, industry 4.0, optimization, corrective maintenance.



## **PREFACIO.**

El ciclo de vida de una unidad de la Armada es algo de vital importancia y su programación, planificación y ejecución marcan en gran medida la eficacia y operatividad de las plataformas navales.

La síntesis de este trabajo es la propuesta de una automatización del proceso más importante de este ciclo de vida, como es el mantenimiento correctivo y la gestión de todas las incidencias que surgen a lo largo del funcionamiento de una unidad concreta de la Armada, una fragata de la Clase "Álvaro de Bazán". Este trabajo forma parte de los requisitos de la titulación del Máster de logística de la UCM/Armada.

La propuesta de este trabajo es la utilización de la inteligencia artificial como herramienta de apoyo a todas las tareas actuales que sean repetitivas, para poder emplear el recurso humano en aquellas tareas críticas o no programables.

La parte preventiva, es una programación de actividades inherente al ciclo de vida, mientras que la parte correctiva es aleatoria y más exigente desde el punto de vista del apoyo logístico. La herramienta fundamental de gestión de esta parte es un procedimiento de mensajes tipo (VAROP) con una precedencia determinada. En su funcionamiento ordinario son procesados de forma regular en cuatro estamentos de la Armada. El originador, que sería en nuestro caso la Clase "Álvaro de Bazán", y los receptores del mensaje, FLOTA, AJAL y EMA. Estas tres autoridades, reciben, agrupan y remiten al destinatario que debe llevar a cabo las reparaciones o reposición de stock solicitadas. Es decir, se realiza la clasificación de estos de forma repetitiva y probablemente redundante.

El objetivo de la propuesta planteada es que, analizada esta situación por la inteligencia artificial, junto con el acceso al histórico, reciba, clasifique, publique y remita a los canales de acción las tareas necesarias de reparación y apoyo logístico. De esta manera se optimizarán las acciones requeridas para lograr el adecuado mantenimiento de la plataforma objeto del estudio.

Partiendo de la pregunta principal de investigación, consensuada con mi tutor académico Teodosio complementamos el estudio con la remisión, estudio y análisis de entrevistas informales vía correo electrónico dirigidas a personal con experiencia a bordo, durante los últimos 20 años en la Flota.

Esta entrevista informal se ha preparado en dos fases, una de obtención de datos y la segunda de ponderación de los datos recibidos mediante correo electrónico.

*"Hay tres tipos de hombres: los vivos, los muertos y los hombres de mar"*

*(Aristóteles)*

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.**

### **1.1 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.**

En el presente trabajo vamos a explicar todo en qué consiste el software de las aplicaciones logísticas de uso común en la Armada, así como proponer una herramienta que apoye la gestión de las incidencias en las fragatas Clase "Álvaro de Bazán" y mejore la gestión de su ciclo de vida.

### **1.2 OBJETIVOS.**

Al inicio de la investigación hemos planteado diferentes objetivos:

- Analizar, dentro de la actual digitalización de la Armada, la adopción del entorno Industria 4.0, que debería ser la solución final que se adopte.
- Estudiar las soluciones CIS que se están barajando, que son ARGOS (personal) y SIL (logística).
- Ver la viabilidad de la programación en un entorno de ejemplo (APPIAN) (Matt Calkins (Autor), 2020) de las soluciones anteriormente mencionadas. Esta herramienta *low-code* es una nueva forma de crear aplicaciones que permite integrarlas como módulos.
- Demostrar si es posible que mediante un módulo APPIAN se puede gestionar todo el mantenimiento correctivo, evitando la participación de las personas en la gestión del Ciclo de Vida.

### **1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.**

Con el objeto de poder guiar adecuadamente la investigación, nos hemos planteado las siguientes preguntas que deben ser resueltas en el desarrollo de este trabajo:

¿Es posible automatizar los procesos de trabajo de los mantenimientos correctivos mediante el uso de herramientas de IA?

¿Qué esfuerzo de personal se dedica actualmente a la gestión de la ingeniería del ciclo de vida a bordo?

¿Es posible simplificar el entorno actual de aplicaciones dedicadas a la logística de las fragatas Clase "Álvaro de Bazán"?

¿Se puede gestionar el proceso de apoyo logístico a las fragatas Clase "Álvaro de Bazán" con IA?

### **1.4 HIPÓTESIS.**

En la realización de esta investigación partimos de las siguientes hipótesis:

- Como hipótesis principal, vamos a tratar de demostrar que toda la gestión del mantenimiento correctivo es un proceso rutinario que podría ser automatizado en su mayor parte.

- Como hipótesis secundaria se pretende demostrar que una nueva disposición orgánica simplificaría las tareas asociadas al mantenimiento preventivo y correctivo.

## 1.5 METODOLOGÍA.

En todo proceso investigador es necesario aplicar los métodos y técnicas adecuados para el desarrollo del estudio. El método de investigación, según Calduch ( (CALDUCH CERVERA)) "es el conjunto de tareas o procedimientos y de técnicas que deben emplearse, de una manera coordinada, para poder desarrollar en su totalidad el proceso de investigación".

En este sentido, el estudio que proponemos, por tratarse de un diseño no experimental y académico, se desarrollará a partir de los procesos existentes, obtenidos del estudio de la orgánica de la Armada y de los procesos logísticos actuales. Los datos que se manejan son los proporcionados por las herramientas logísticas actuales, para intentar ver su aplicación en una futura integración total, así como otros que hayan sido obtenidos de personal de la Armada que esté actualmente implicado en el proceso logístico.

Los métodos para emplear han sido fundamentalmente el descriptivo y el analítico. El primero se ha utilizado en la primera parte del trabajo para determinar adecuadamente cuál es el problema al que nos enfrentamos, comparando todos los flujos de entrada y salida de información de las herramientas actuales y futuras propuestas. Con este método vamos a lograr obtener una perspectiva integral de todos los procesos software implicados tanto en el mantenimiento preventivo como en el correctivo. El segundo, el método analítico, se ha empleado para determinar si de los flujos anteriores podemos producir un resultado que sirva de fuente de información al proceso automático de gestión de incidencias en las Fragatas clase "Álvaro de Bazán". En este sentido, el uso de la herramienta APPIAN como parte de los futuros procesos de integración, nos permitirá extraer conclusiones sobre el nivel de integración que podamos conseguir en el futuro. El método analítico nos permitirá, además, poder evaluar las mejoras que la integración propuesta añadiría a la optimización del recurso.

Es preciso pues analizar este aspecto como parte central del trabajo antes de determinar si los procesos permiten o no una automatización total.

Por otro lado, dos son las variables dependientes que se deben de estudiar. En primer lugar, el nivel de automatización de los procesos manuales actuales, puesto que su efectividad está directamente ligada al ahorro en tiempo y personal tema objeto del presente trabajo. En segundo lugar, se debe de estudiar la dispersión actual de aplicaciones, así como su integración en la herramienta propuesta a la hora de obtener un dato único de mantenimiento.

## **CAPÍTULO II. APROXIMACIÓN CONCEPTUAL.**

### 2.1 INTRODUCCIÓN SOBRE IA.

Hay que remontarse a la mitología griega, para ver la profunda vocación que siempre ha tenido el hombre por crear máquinas que por lo menos fuesen tan inteligentes como el hombre. En la (Homero), se narra cómo Hefestos, herrero y dios del fuego y los inventos, creó a Talos, un gigante con forma de hombre y capacidad de autodefensa

autónoma, y a las dos doncellas doradas, dos robots autónomos de oro con la apariencia de jóvenes mujeres vivas. Estaban dotadas de inteligencia e incluso podían hablar.

No fue hasta el Siglo XIII cuando la idea de los robots inteligentes pasó a la búsqueda de una máquina lógica. Fue al mallorquín Ramon Llull (1232–1315) a quien se le atribuye la primera idea documentada. Su *Ars Generalis Ultima* (LLull, 1305) o *Ars Magna*, que, aunque era un autómata muy rudimentario, se considera una de las primeras implementaciones de sistemas de inteligencia artificial.

Estas introducciones mitológicas y más tarde teórica pasaron al mundo científico a principios del Siglo XX, donde Alan Turing sentó las bases de la prueba de Turing, al proponer esta prueba en su ensayo (Touring, 1950, p. 460) "Computing Machinery and Intelligence" de 1950 mientras trabajaba en la Universidad de Mánchester, donde se cuestiona la capacidad de pensar de las máquinas.

De esta teoría se pasó a la práctica con la primera formulación teórica de una red neuronal<sup>1</sup>. (McCulloch & Pitts, 1943) Publicaron un estudio se describía la neurona artificial. Sobre este modelo matemático, en 1951 Marvin Minsky y Dean Edmonds diseñarían SNARC, la primera máquina basada en una red neuronal.

El primer programa de IA corresponde a Logic Theorist, escrito en 1955 por Allen Newell, Herbert A. Simon y Cliff Shaw. Fue capaz de resolver de forma autónoma 38 de 52 teoremas de la obra *Principia Mathematica* (Whitehead A.N., 1910). Logic Theorist se presentó en 1956 en el simposio fundacional de Dartmouth.

Y ante esta evolución, se acuñó de forma oficial el término IA, en 1956 se celebraba en el Dartmouth College de New Hampshire el Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, un simposio organizado por John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon y Nathan Rochester con el término propuesto para la ocasión por McCarthy.

Después de este simposio de Dartmouth se produjeron muchos avances en programación de IA, mientras nacían laboratorios en instituciones como el Instituto Tecnológico de Massachusetts o la Universidad de Stanford. Newell, Simon y Shaw presentaban su General Problem Solver, y en 1964 Joseph Weizenbaum creaba ELIZA, un psicoterapeuta automatizado en lenguaje natural, precursor de los chatbot.

Después de varios avances, como el ordenador de IBM Deep Blue que ganó a Gary Kaspárov, el uso doméstico de la IA en algo tan casero como los robots limpiadores en 2002 con el empleo de Roomba el primer robot doméstico autónomo capaz de navegar gracias a un conjunto de sensores y tomar decisiones. En 2010 Roomba ingresó en el Robot Hall of Fame de la Universidad Carnegie Mellon.

En 2011 Apple introdujo Siri, el primer asistente virtual con reconocimiento de voz e interacción con lenguaje natural en un smartphone. Google respondería en 2012 con Google Now, Microsoft con Cortana en 2014 y Amazon con Echo/Alexa el mismo año. Los asistentes virtuales se han convertido en la experiencia cotidiana de la IA para millones de usuarios, conectando a su vez con otra multitud de aplicaciones basadas en IA.

---

<sup>1</sup> <https://www.ibm.com/es-es/topics/neural-networks>

Simultáneamente al nacimiento de Siri, otro software de IA llamado Watson de IBM ganó a los campeones del concurso televisivo Jeopardy!, logrando el premio de un millón de dólares.

En 2015 el programa de redes neuronales AlphaGo de la compañía DeepMind de Google vencía al campeón Fan Hui en el juego oriental del Go por cinco victorias a cero.

Fuera de estos golpes más publicitarios que científicos, en noviembre de 2020 la segunda versión del programa de aprendizaje automático AlphaFold de DeepMind, basado en la experiencia aprendida por esta compañía con AlphaGo Zero, conseguía resolver la estructura tridimensional de virtualmente cualquier proteína, un problema científico de enorme complejidad que llevaba medio siglo esperando resolución. Este logro ha sido calificado como el avance más importante en la historia de la IA.

No podemos terminar esta introducción sin hablar de la compañía OpenAI que en 2022 lanzaba al público su chatbot ChatGPT, convertido en una estrella mediática y en una fuente de tantas aplicaciones como controversias. ChatGPT y sus sucesores y competidores son actualmente la cara más visible de la IA, junto con las Redes Generativas Antagónicas (GAN), dedicadas sobre todo a la creación artística, y las aplicaciones de creación de deepfakes.

Otros chatbots similares freewares mencionados en la web <sup>2</sup>son:

#### 1. LLaMA.

El Proyecto LLaMa abarca un conjunto de modelos de lenguajes que varían en tamaño desde 7 a 65 millardos de parámetros. Estos modelos estaban entrenando en millones de identificadores (tokens), y estaba entrenando en conjuntos de datos disponibles solo públicamente. Como resultado la versión 13B mejora en rendimiento a GPT-3 y las últimas versiones de LLaMA se homologan en resultados a los chatbots de última generación.

#### 2. Alpaca.

De la Universidad de Stanford sale el chatbot Alpaca con el objetivo de competir con ChatGPT o cualquiera similar por un coste menor de 600 dólares. La versión 7B está refinado con LLaMa 7B con 52000 demos de lenguaje de seguimiento de instrucciones.

#### 3. Vicuna.

Vicuna es una evolución del modelo LLaMA de conversaciones compartidas por el usuario recopiladas por ShareGPT. El modelo Vicuna-13B ha alcanzado más de un 90 % de calidad del ChatGPT de OpenAI. Mejora además en porcentajes superiores al 90 % a LLaMA y a Alpaca. El coste del entrenamiento de Vicuna se sitúa en torno a los 300 dólares.

#### 4. OpenChatKit.

Esta versión Open-Source (que puede ser utilizada sin coste con determinados requisitos de uso) y descargada libremente de la web<sup>3</sup> es un kit completo de herramientas que permite la creación de un chatbot a cualquier usuario. Además de las

---

<sup>2</sup> <https://www.kdnuggets.com/2023/04/8-opensource-alternative-chatgpt-bard.html>

<sup>3</sup> <https://pypi.org/project/openchatkit/>

herramientas software, proporciona formación para el entrenamiento del chatbot, ajustes de la herramienta, posibles ampliaciones e incluso sistemas de moderación o filtrado de los resultados obtenidos.

## 5. GPT4ALL.

GPT4ALL es un proyecto impulsado por la comunidad y fue entrenado en entornos complejos por múltiples usuarios, que incluye código, historias, representaciones y diálogos de varios niveles. Este Proyecto incluye hojas de datos, modelos, y sistemas de entrenamiento para ser utilizados como open-source<sup>4</sup>. Además, el proyecto ha proporcionado versiones de 4bits del modelo que incluso pueden ser ejecutados en entornos locales como portátiles. Llega a tal nivel de portabilidad que incluso se puede usar la interfaz desde un simple cliente programado en Python (lenguaje de programación interpretado<sup>5</sup> muy usado en internet)

Como anécdota a dichos chatbots se discute si han superado el test de Turing, algo en lo que no hay acuerdo entre los expertos.

## 2.2 REPERCUSIÓN NUMÉRICA DE LA IA MUNDIAL.

Una vez analizada la historia de la IA, vamos a analizar su impacto desde el punto de vista económico. Como proceso de automatización va a tener una influencia lógica en las empresas, el mercado del trabajo y finalmente la economía global.

Como herramienta para las empresas, las diferentes ramas de la IA como son la virtualización de sistemas, los asistentes virtuales, la automatización de procesos, los robots autónomos, el "machine learning", etc., pueden ser usados en diferentes grados, desde usarlos desde forma prácticamente experimental como buenas prácticas, hasta hacer que parte de los procesos fundamentales de la empresa dependan de estas herramientas. Según el Discusión Paper de septiembre 2018 de McKinsey Global Institute sus simulaciones apuntan a que un 70 por cien de las compañías habrán adoptado alguna herramienta de IA en el 2030 y casi la mitad de las grandes compañías pueden estar usando la IA de forma completa. Estas simulaciones estiman que la AI podría desarrollar adicionalmente la economía sobre 13 trillones de dólares en ese mismo año, mejorando los productos interiores brutos en un 1,2 por ciento anual.

Este impacto va a ser gradual, y además puede ser que los efectos se produzcan en el medio plazo debido al diferente grado de adopción de la IA por las empresas.

Tanto los valores de crecimiento como las variaciones de adopción mencionadas van a producir distancias entre las empresas, los países y los trabajadores. Los primeros países en liderar la IA pueden absorber un 25 por cien más de beneficios económicos que los países que no lo lideren. Para las empresas, en el 2030 la simulación apunta hasta duplicar los beneficios en las compañías que primero adopten las herramientas de la IA, mientras que las que se retrasen, perderán beneficios, con el agravante de que los altos costes de implementación de la IA perjudican a las empresas pequeñas. Finalmente, referente a los trabajadores, habrá dos líneas de influencia, una positiva en la demanda de perfiles técnicos y desarrolladores de estas tecnologías y una negativa

---

<sup>4</sup> <https://opensource.com/resources/what-open-source>

<sup>5</sup> <https://www.freecodecamp.org/news/compiled-versus-interpreted-languages/>

en la sustitución de tareas repetitivas por automatizaciones con la consiguiente pérdida de puestos de trabajo.

La rápida evolución, ha provocado que, en 2022, una nueva publicación sitúa la situación actual según el Discussion Paper (documento de trabajo) The potential value of AI—and how governments could look to capture it, de 2022 de McKinsey And Company haciendo el siguiente resumen de los principales protagonistas mundiales.

En Inglaterra, la agencia gubernamental que dirige la investigación e innovación se ha comprometido a proporcionar 530 millones de libras para la investigación y desarrollo de la IA. Repartidos en un compromiso de 129 millones para nuevos algoritmos, herramientas y técnicas y otros 401 millones para las Aplicaciones e implicaciones de IA.

En Singapur, el programa lides de IA, llamado 100 Experiments (100E), tiene el objetivo de resolver los problemas de IA para entidades de diferentes sectores con el aporte de 180000 dólares como apoyo económico además de proporcionar apoyo de formación y de ingeniería a los diferentes proyectos

La unión europea en 2021 se ha convertido en el primer gobierno en reconocer que ante el aumento de los desarrollos de IA, era necesario afrontar algún tipo de regulación elaborando un borrador de normas que regulen el desarrollo y el uso de la IA. Estas regulaciones sugieren que las organizaciones deberían emplear procesos robustos para gestionar los riesgos y la compatibilidad con futuras regulaciones.

Otro gesto significativo del crecimiento de la IA es Finlandia, con el lanzamiento en 2018 de cursos gratuitos online para el acceso público. El objetivo inicial era alcanzar una formación del 1 por cien de la población, un objetivo alcanzado y sobrepasado rápidamente. El curso<sup>6</sup> se encuentra hoy en día traducido a más de 20 idiomas y más de 750000 personas en el mundo ya lo han completado.

En Estados Unidos la Fundación Nacional de Ciencias (en inglés: National Science Foundation) es una agencia gubernamental que impulsa investigación y educación fundamental en todos los campos no médicos de la Ciencia y la Ingeniería que ha fundado varios Institutos Nacionales de investigación sobre Inteligencia Artificial en una gran variedad de campos, y el gobierno americano ha anunciado 1 millardo de dólares en subvenciones en este campo.

Mas países han lanzado programas sobre IA, como por ejemplo España, con su Estrategia España Digital 2026, donde uno de sus ejes es la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial<sup>7</sup> siendo uno de los componentes del Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia de la economía española.

Todos estos ejemplos de países que están invirtiendo en nuevas tecnologías para el desarrollo de la IA, son una evidencia del progreso mundial, pero hay otros factores que pueden retrasar los avances.

Desde el punto de vista técnico, se están encontrando los siguientes problemas.

---

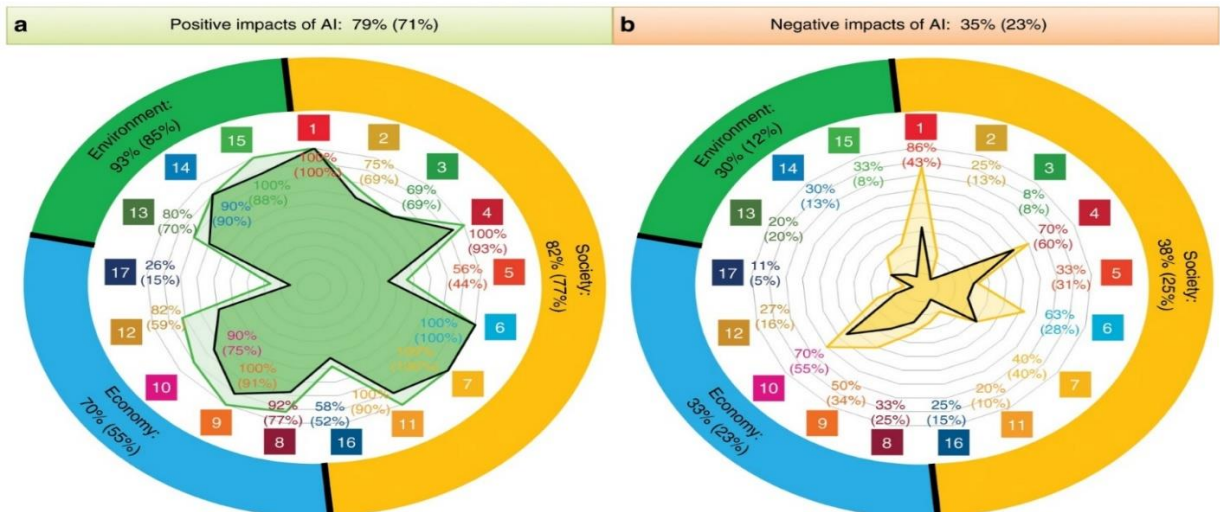
6 <https://www.elementsofai.com>

7 <https://portal.mineco.gob.es/es-es/ministerio/areas-prioritarias/Paginas/inteligencia-artificial.aspx>

- La dispersión de los datos impide que los nuevos sistemas los absorban automáticamente, ya que necesitan cierta particularización que hasta ahora no incluían en sus metadatos. Este proceso necesita de la participación humana, con lo que se está convirtiendo en una supervisión de adopción del dato muy lenta.
- En muchos procesos, creados para los nuevos sistemas, ni siquiera existen los suficientes datos, con lo que los algoritmos desarrollados simplemente no funcionan. Un ejemplo serían los datos médicos que todavía no existen para que la IA pueda hacer diagnósticos autónomos.
- Dificultad de valorar los avances. En muchas ocasiones, los resultados ofrecidos por la IA todavía no son aprovechables o entendibles, debido a la dificultad de su explicación.
- Dificultad de generalizar los resultados. La situación actual de la tecnología todavía no permite hacer estudios que produzcan resultados uniformes, ya que muchos desarrollos producen diferentes soluciones cuando las condiciones de entrada varían.
- Riesgo de sesgo. Las limitaciones anteriores, pueden ser solucionadas con avances técnicos, pero el sesgo de la información ha producido preocupación social que debería ser solucionada como un problema de la IA.

### 2.3 LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (SDG).

Existe una referencia creada por la ONU<sup>8</sup> en, que nos permite valorar cualquier nuevo parámetro o desarrollo en relación con estos objetivos. La ONU los adoptó en el 2015 como una llamada global para acabar con la pobreza, proteger el planeta y asegurar que en el 2030 todo el mundo disfrute de paz y prosperidad. Valoraciones aparte del optimismo o pesimismo de estos objetivos, si permiten valorar en determinados momentos la influencia en los mismos de la IA. Tal como dice la página web de la ONU, "La creatividad, el conocimiento, la tecnología y los recursos financieros de toda la sociedad son necesarios para alcanzar los SDGs en cada contexto"<sup>9</sup>.



<sup>8</sup> <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>

<sup>9</sup> En el Artículo de 2020 Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I. *et al.* The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nat Commun* 11, 233 (2020).



**Figura 1. Impactos Positivos y Negativos de la IA en los Objetivos Globales de Desarrollo.**<sup>10</sup>

Los números dentro de cada cuadro de color representan cada uno de los SDGs, (su relación se puede ver en el siguiente gráfico). Los porcentajes en la parte superior indican la proporción de todos los objetivos potencialmente afectados por la IA y los que están en el círculo interno de la figura corresponden a proporciones dentro de cada SDG. Los resultados globales de influencia en los grupos principales de Sociedad, Economía y Medio Ambiente, también se muestran en el círculo exterior de la figura. Los resultados obtenidos cuando se tiene en cuenta el tipo de evidencia se muestran mediante el área sombreada interior y los valores entre paréntesis.



**Figura 2. Explicación de los Diferentes Objetivos Globales de Desarrollo.**<sup>11</sup>

Legenda de la figura 2:

Sociedad. 1. No Pobreza, 2 No hambre. 3 salud y bienestar. 4 calidad educativa, 5. Igualdad de género. 6. Pureza del agua. 7 energía limpia y accesible, 11 Ciudades y comunidades sostenibles, 16 Paz, justicia e instituciones robustas.

Economía. 8. Trabajo decente y crecimiento económico. 9. Industria, innovación e infraestructuras. 10. Reducción de desigualdades. 12 consumo y producción responsable. 17 asociación para los objetivos.

Medio Ambiente.13. Acción Climática. 14. Vida submarina. 15. Vida en la tierra.

2.4 DIFERENTES SUBTIPOS DE LA IA.

Una vez vistos los antecedentes y la evolución de la inteligencia artificial en los párrafos anteriores, vamos a hacer una foto de la situación actual desde el punto de vista técnico que nos va a permitir ver que opciones podemos barajar para elegir una que nos permita aplicarlo en la ingeniería del ciclo de vida de las FRAGATAS CLASE "ÁLVARO DE BAZÁN".

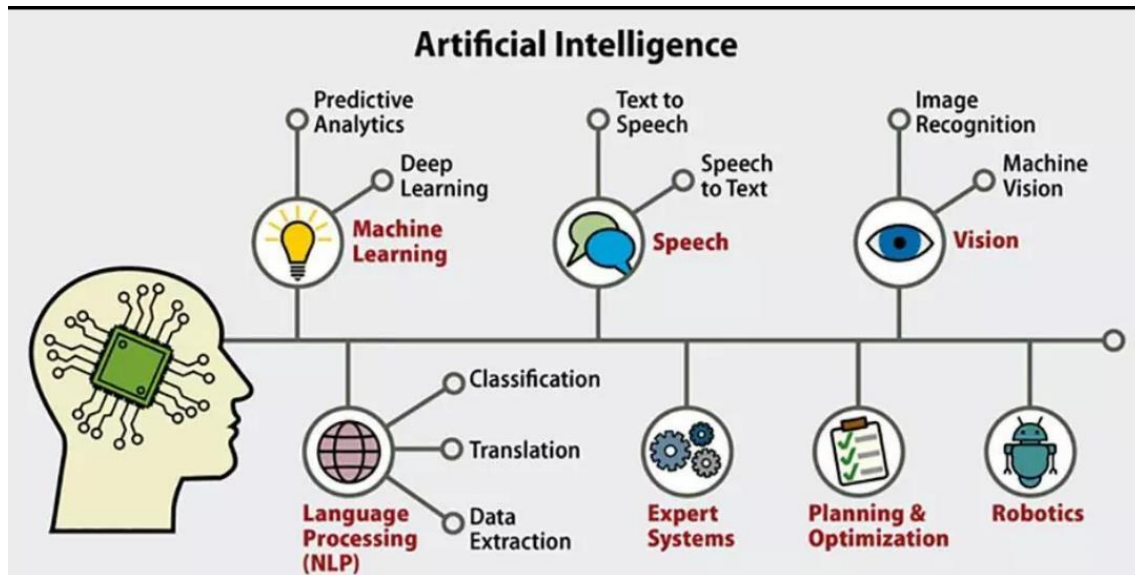
La inteligencia artificial no deja de ser más que una rama de la informática, como puede ser la seguridad informática o el servicio web que nos presta internet. Por lo tanto, al igual que otras disciplinas informáticas, también tiene componentes. De una forma

<sup>10</sup> Imagen de <https://www.nature.com/articles/s41467-019-14108-y>

<sup>11</sup> Imagen de <https://www.nature.com/articles/s41467-019-14108-y>

somera vamos a pasar por los siete componentes principales, y dentro de cada uno vamos a hacer una pequeña comparativa que nos permita valorar su idoneidad o no.

Estos componentes son los siguientes: machine learning (aprendizaje automático), speech (técnicas de tratamiento de texto o voz), visión (técnicas de tratado de imagen), language processing (procesado del habla), expert systems (sistemas expertos), plannig and optimization (sistemas de planeamiento automáticos) y robotics (robótica)



**Figura 3. Tipos de Inteligencias Artificiales.**

Imagen de la web <https://eena.org/artificial-intelligence-101-an-introduction/>

#### 2.4.1 MACHINE LEARNING.

La combinación de la recolección de datos automatizada, unido al bajo coste de almacenamiento, están permitiendo la adquisición y la conservación de una cantidad ingente de datos. Estos datos pueden ser desde las medidas de cualquier tema durante mucho tiempo (temperaturas, datos financieros, resultados estadísticos etc.) a cualquier Según información que pueda ser almacenada en sistemas informáticos.

Según (Weber, 2019, pág. 28) Con esta cantidad de datos, lo más importante es que se produzca una eficiente minería de datos, es decir, el proceso de cuantificación, extracción y clasificación de los datos útiles. Esta tecnología se ha convertido en vital para el análisis masivo de los datos. A mayor cantidad de datos, mayor calidad de los resultados

Normalmente, estas técnicas construyen hipótesis a partir de datos, más que de datos de patrones. Cualquier medida en la que se repita mayormente un resultado, dará como dato útil, que esa medida normalmente da ese resultado. Curiosamente, se cumple el principio filosófico de la Navaja de Ockham, conocido como el principio de parsimonia, que cuando se tienen varias explicaciones posibles, normalmente la explicación más sencilla es generalmente la correcta.

#### 2.4.1.1 Deep Learning.<sup>12</sup>

El deep learning es un tipo de machine learning basado en redes neuronales (grupo de nodos informáticos interconectados, inspirados por una simplificación de las neuronas cerebrales.) Normalmente se usan varias capas de estos nodos interconectados,

Con el empleo de una única capa, se pueden hacer predicciones aproximadas, y a medida que se van añadiendo capas, se optimiza y refina la exactitud.

El Deep Learning se emplea sobre todo en aplicaciones y servicios de IA que realizan tareas de análisis y tareas físicas sin intervención humana. Actualmente podemos encontrar este tipo de IA en los asistentes digitales, mandos por voz, así como en tecnologías emergentes como los coches autónomos.

#### 2.4.1.2 Predictive Analytics.<sup>13</sup>

Esta es otro subconjunto del Machine Learning, que en lugar de obtener datos resumen como hacía la técnica anterior, lo que permite es hacer hipótesis de futuro, combinando los datos históricos con modelos estadísticos. Mediante el análisis de una gran cantidad de datos, se buscan patrones y se realizan predicciones sobre eventos futuros. Algunas de las técnicas estadísticas utilizadas son modelos de regresión lineal y los árboles de decisión. A su vez esta técnica tiene también una división, que mencionaremos a título descriptivo, que son en función del modelo de análisis. Estos tres modelos son clasificación de datos, modelo de agrupamiento de datos y modelos temporales, basados en la recogida periódica de datos.

#### 2.4.2 SPEECH.<sup>14</sup>

Este subconjunto de la inteligencia artificial desarrolla métodos y tecnologías que permiten el reconocimiento de la voz (Speech to Text) y la capacidad de pasar los textos a voz (Text to Speech).

Después de décadas de lenta evolución, durante la última década y debido a las optimizaciones de la calidad del audio y las mejoras de hardware implicado han facilitado esta evolución vía la búsqueda mediante voz en internet y el Internet de las Cosas (IOT) que permite incluir dispositivos de uso cotidiano en redes de datos, como por ejemplo la domótica de las casas. Un buen ejemplo son los altavoces que usan el habla normal produciendo una interacción persona máquina automática y prácticamente en tiempo real, contestando a preguntas o realizando acciones. Hay que señalar que, aunque estos dispositivos tienen mucho software embebido (software directamente codificado en sus procesadores y memorias) hacen un gran uso de la nube (redes de ordenadores disponibles online). Cabe señalar dos conceptos utilizados en esta tecnología, como son el SDR (source-to-distorsion) ratio, que se reduce mediante el entrenamiento del dispositivo, y el WER (word error rate) que es el porcentaje de palabras incorrectas que aparecen durante un proceso speech-to-text. Hay académicos que sugieren que para finales de esta década (2030) el 99% de las traducciones serán automáticas. Sólo será necesaria la acción humana para controles de calidad y correcciones.

---

<sup>12</sup> [www.ibm.com/topics/deep-learning](http://www.ibm.com/topics/deep-learning)

<sup>13</sup> [www.ibm.com/topics/Predictive-Analytics](http://www.ibm.com/topics/Predictive-Analytics)

<sup>14</sup> <https://www.techradar.com/news/the-evolution-of-speech-recognition-technology>

### 2.4.3 VISION <sup>15</sup>

El tercer subconjunto de los sistemas de inteligencia artificial es el de procesado de imágenes de forma automática, al igual que ocurría en el punto anterior con la interacción entre texto y voz. Para esta capacidad, el uso de algoritmos y modelos matemáticos permiten analizar imágenes tanto estáticas como en forma de video, extrayendo información significativa de estas imágenes.

Este subconjunto tienes a su vez dos divisiones:

#### 2.4.3.1 Reconocimiento de imágenes.

El reconocimiento de imágenes es quizás el objetivo más importante del procesado de estas. Esto implica la capacidad de identificar imágenes o video, incluso en caso de dificultades de visión como por ejemplo poca luz y por supuesto desde varios ángulos, tal como el ojo humano es capaz de hacer. Una complicación de este reconocimiento es aplicar la segmentación de imágenes, y ser capaz de dividir la imagen en los diferentes objetos percibidos. Un ejemplo de aplicación sería el procesado de imágenes médicas en procesos de diagnóstico autónomo.

#### 2.4.3.2 Visión Artificial.

Otra de las técnicas del procesado de imagen es el procesado de imágenes en tiempo real, que permita que el sistema informático sea capaz de interactuar con el entorno en tiempo real, como por ejemplo los coches autónomos que son capaces de procesar las señales de tráfico que ven a lo largo de su recorrido.

### 2.4.4 PROCESADO DE LENGUAJE NATURAL (NLP). <sup>16</sup>

El procesado del lenguaje va más allá del speech to text, en el sentido que permite la interacción entre los ordenadores y los idiomas humanos. El principal objetivo de este subconjunto es que los ordenadores sean capaces de entender, interpretar y producir. En esta área encontramos las siguientes divisiones, la clasificación, la traducción y la extracción del dato.

Como gran ejemplo de NLP, han surgido los llamados CHATBOTS, que permiten una interacción en tiempo real con el ordenador.

Existen varios modelos actuales, pero vamos a hablar de los seis más significativos.<sup>17</sup>

**Eliza**, desarrollada a mediados de los 60 para resolver la prueba de Turing. Eliza usaba la coincidencia con patrones y una serie de reglas sin procesar el entorno del lenguaje.

**Tay**, lanzado por Microsoft en 2016, estaba basado en conversaciones de Twitter, pero al usar frases racistas y sexistas de algún usuario, provoco su desactivación.

**BERT**, Basado en caracteres de televisión de mascotas, y patrocinado por Google, es un método lenguaje basado en preentrenamiento, primero se alimenta de muchos datos, como por ejemplo la Wikipedia, y luego se pueden emplear los resultados de ese entrenamiento en otras tareas de NLP, como la

---

<sup>15</sup> <https://databasetown.com/subsets-of-artificial-intelligence/>

<sup>16</sup> <https://hbr.org/2022/04/the-power-of-natural-language-processing?language=es>

<sup>17</sup> <https://www.deeplearning.ai/resources/natural-language-processing/>

respuesta de preguntas y el análisis de sentimientos. Con BERT y una plataforma de entrenamiento, se pueden obtener resultados en 30 minutos. ¿RESULTADOS DE QUÉ TIPO?

**Generative Pre-Trained Transformer 3 GPT3** es un modelo que tiene un tamaño sin precedentes de 175 mil millones de parámetros, lo que significa que necesita 800GB para almacenarse. El modelo fue entrenado usando pre entrenamiento generativo; es decir, fue entrenado para predecir cuál será el siguiente token (palabra o símbolo) basándose en los tokens anteriores. Que puede escribir prosas originales con la fluidez de un humano en respuesta a cualquier entrada. El modelo se basa en la arquitectura de transformadores (Transformer Architecture<sup>18</sup>)- Donde el transformador se representa como una caja negra donde ciertas entradas producen ciertas salidas. Actualmente la empresa desarrolladora del GPT3 ha lanzado ya la versión 4, entrenado en las redes cloud de Microsoft azure, diseñadas como infraestructura optimizada para este fin. Después de 6 meses de desarrollo la comparación con la version interior habla de capacidades prácticamente duplicadas.

**Lenguaje Model for Dialogue Applications (LaMDA)** es un chatbot diseñado por Google. Basado también en el empleo de transformadores, pero entrenado más en el dialogo que en el típico texto web. El sistema está enfocado en proporcionar respuestas a los diálogos. Uno de sus desarrolladores, cree incluso que el sistema tiene sentimientos debido a respuestas sobre la tercera ley de los robots de Isaac Asimov. Este desarrollador fue no obstante muy criticado y más tarde despedido.

**Mixture of Experts (MoE).** Mientras la mayor parte del aprendizaje de estos sistemas usa los mismos parámetros para procesar cada entrada, este sistema usa diferentes parámetros según la entrada basándose en algoritmos que permitan mayores rendimientos. Una de las tecnologías empleadas es la denominada Switch Transformer, donde se usa una tecnología de transformadores diferente a las anteriores (más compleja),

#### 2.4.5 SISTEMAS EXPERTOS.<sup>19</sup>

Los sistemas expertos son normalmente programas diseñados para minimizar la necesidad de decisión de expertos humanos en determinados campos de especialización. Se basan en la idea de que el conocimiento puede ser representado por una serie de reglas o en una base de datos, y que cada sistema puede usar este conocimiento de forma que le permita decidir opciones en situaciones no ocurridas anteriormente.

Esta capacidad tiene aplicación en múltiples campos, destacando en medicina, finanzas e ingeniería. Normalmente se recurre a este asesoramiento en entornos donde coincide la necesidad del experto humano con la ausencia de este, entonces se pretende buscar el apoyo en estos pozos de conocimiento programados para resolver variaciones de sucesos anteriores.

---

<sup>18</sup> <https://datagen.tech/guides/computer-vision/transformer-architecture/>

<sup>19</sup>[https://www.researchgate.net/publication/311692837\\_Expert\\_Systems/link/5bc5ec79a6fdcc03c7891562/download](https://www.researchgate.net/publication/311692837_Expert_Systems/link/5bc5ec79a6fdcc03c7891562/download)

Para construir estos programas se suelen utilizar lenguajes de programación ya diseñados con este propósito, como por ejemplo PROLOG, LISP y JAVA. Existen además herramientas de diseño a este efecto, como son CLIPS y JESS.

Otra ventaja además del proceso y solución en tiempo real de la necesidad de expertos en esas áreas está la capacidad de ir aumentando el conocimiento debido a la captura y almacenamiento de las nuevas situaciones, que puede ser utilizado en las siguientes necesidades. En cualquier caso, todavía existen limitaciones sobre en todo en escenarios muy complejos o situaciones ambiguas donde puede haber varias soluciones.

#### 2.4.6 PLANEAMIENTO Y OPTIMIZACION<sup>20</sup>.

Al igual que en el mundo real, donde el primer paso para resolver un problema complejo es planear las líneas de acción, sucede lo mismo en los campos de la inteligencia artificial. Este subconjunto de la IA planea para determinar qué pasos tomar y cuando hacerlos para alcanzar el objetivo. El proceso de planeamiento incluye los siguientes pasos:

Estado Inicial. I

Estado Objetivo. G

Algunas acciones A, definidas en el dominio.

La mayor parte de los sistemas son dominio dependiente, lo que quiere decir que se aplican los planeamientos a entornos muy concretos. Esto es especialmente útil en pequeñas compañías o investigadores independientes con un problema que no pueden soportar pagar a un grupo de expertos por determinada solución.

El termino común que se le da a un sistema inteligente que implemente el planeamiento es "agente". La primera característica de los agentes software o agentes físicos (robots) es que son autónomos ya que deciden por sí mismos los pasos y seleccionan automáticamente la mejor solución (inteligencia).

El plan programado por el agente lo habilita para realizar las búsquedas por las posibles acciones a realizar. Hay dos tipos de búsquedas, Breadth First Search (BFS) y Depth First Search (DFS) que se diferencian en el orden de la búsqueda, o empezando por la superficie (BFS) o empezando desde el detalle (DFS)

#### 2.4.7 ROBOTICA.<sup>21</sup>

Este subconjunto de la inteligencia artificial es quizás el más asociado con la inteligencia artificial, ya que la búsqueda de simular una persona tanto físicamente como mentalmente sería como el objetivo final de la inteligencia artificial. En esta tecnología existen dos dificultades a resolver, por un lado, el reconocimiento del entorno tanto visual como táctil, para poder ver los obstáculos y ser capaz de detectar el suelo, por ejemplo, Y por otro lado la propia movilidad autónoma del sistema tanto de sí mismo como la de poder mover objetos. Tanto la visión como el movimiento deben ser procesados en tiempo casi real, lo que complica aún más su desarrollo.

---

<sup>20</sup> <https://www.intelligentautomation.network/decision-ai/articles/a-basic-guide-to-planning-scheduling-and-optimization>

<sup>21</sup> <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/operations/solutions/robotics.html>

## **CAPÍTULO III. DESCRIPCION DEL PROCESO ACTUAL EN LA ARMADA.**

### **3.1 INDUSTRIA 4.0<sup>22</sup>.**

La industria 4.0 se refiere a la cuarta revolución industrial, que es un término utilizado para describir la evolución de la fabricación y la industria hacia la automatización y la interconexión de procesos a través de tecnologías digitales avanzadas. Esta nueva era industrial se caracteriza por la aplicación de tecnologías como el Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), la robótica avanzada, la impresión en 3D y la analítica de datos avanzada para mejorar la eficiencia y la productividad en la producción y los procesos industriales.

La industria 4.0 está cambiando la forma en que se producen y se entregan bienes y servicios, y está transformando los modelos de negocio existentes. Con la automatización y la digitalización de los procesos, las empresas pueden producir bienes personalizados a gran escala con costos reducidos, aumentando así su competitividad en el mercado global. Además, la industria 4.0 también tiene como objetivo mejorar la seguridad en el lugar de trabajo y reducir el impacto ambiental de las operaciones industriales.

### **3.2 INDUSTRIA 4.0 EN ESPAÑA.**

La implementación de la industria 4.0 en España comenzó a tomar forma a mediados de la década de 2010, impulsada por la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2013-2020, que incluyó un apartado específico para la "Transformación Digital de la Industria Española".

En 2015, se creó el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), que ha financiado y coordinado varios proyectos relacionados con la industria 4.0. Además, el gobierno español ha promovido iniciativas como el Programa de Impulso a la Industria Conectada 4.0 y el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica.

Como continuación, en el 2021 la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027 (EECTI 2021-2027)<sup>23</sup> se publicó como instrumento de base para consolidar y reforzar el Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTI) en los próximos siete años.

Con estas iniciativas públicas la industria 4.0 ha ido ganando terreno en España, con la adopción de tecnologías como internet de las cosas, la inteligencia artificial, la robótica y la realidad aumentada en diferentes sectores industriales. Aunque todavía hay retos a superar, como la falta de inversión en tecnología y la escasez de personal altamente capacitado en áreas de tecnología avanzada, se espera que la industria 4.0 siga creciendo en España en los próximos años.

---

<sup>22</sup> <https://www.unir.net/ingenieria/revista/que-es-industria-4-0/>

<sup>23</sup> <https://www.ciencia.gob.es/InfoGeneralPortal/documento/e8183a4d-3164-4f30-ac5f-d75f1ad55059>

### 3.3 INDUSTRIA 4.0 EN LA ARMADA.

La Armada española también se está adaptando a la era de la industria 4.0, con la implementación de tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia y la seguridad en sus operaciones. Entre las iniciativas más destacadas se incluyen:

**Uso de drones:** La Armada española está utilizando drones para realizar tareas de vigilancia y control en operaciones navales, lo que reduce los riesgos para el personal y mejora la eficiencia de las operaciones.

**Realidad aumentada:** Se han desarrollado soluciones de realidad aumentada para ayudar a los técnicos de la Armada en el mantenimiento y la reparación de equipos, lo que mejora la precisión y reduce el tiempo de inactividad.

**Impresión en 3D:** La Armada española está utilizando tecnología de impresión en 3D para fabricar piezas y componentes para equipos y maquinarias navales, lo que reduce los costos y los tiempos de espera para la adquisición de repuestos.

**Inteligencia artificial:** La Armada española está evaluando el uso de sistemas de inteligencia artificial para mejorar la detección temprana de posibles problemas en equipos y maquinarias, lo que permite una reparación y mantenimiento más eficientes.

Para implementar estas tecnologías a través de varios documentos y estrategias, entre las que se incluyen:

Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa ETID – 2020 (DGAM, 2020). Concretamente en el punto 3.1.1.1 señala el "Desarrollo de tecnologías que faciliten las tareas de mantenimiento de las plataformas militares (terrestres, aéreas y navales), incrementen su disponibilidad y prolonguen su vida operativa desde el punto de vista tanto estructural como del funcionamiento de sus equipos y sistemas, con el objetivo de reducir las tareas dedicadas a su mantenimiento y sus costes. Se consideran las tecnologías integradas en las propias plataformas que faciliten su mantenimiento preventivo y predictivo, así como todo tipo de procesos de reparación. Es parte del objetivo «IA - Tecnologías para el mantenimiento predictivo de plataformas de defensa»".

Plan de Transformación Digital de la Armada (PTDA) (2AJEMA, 2021): Este plan, lanzado en 2021, establece la hoja de ruta para la transformación digital de la Armada española en los próximos años, incluyendo la implementación de tecnologías de la industria 4.0.

Además de estos documentos, la Armada española ha participado en varios proyectos y colaboraciones con empresas y organizaciones de investigación en el ámbito de la industria 4.0, como el proyecto REMAR (Realidad Mixta para el Mantenimiento de Equipos Aeronáuticos y Navales), que ha desarrollado soluciones de realidad mixta para el mantenimiento y la reparación de equipos navales.

### 3.4 DESCRIPCION GENERAL PROCESOS ARMADA.

Todo el proceso de transformación a la industria 4.0, está provocando cambios en los documentos de trabajo de la Armada. A continuación, vamos a exponer un pequeño resumen de esos documentos, y de los cambios que se están implementando para



poder llegar a conjugar el mantenimiento a bordo con los nuevos requisitos de informatización.

Como documentos básicos de trabajo, se usan el Manual de Aprovisionamiento de primer escalón (AJAL, 2020) y segundo escalón (AJAL, 2022) (MAP1 y MAP2) de la Armada. En ellos, se puede inferir de los primeros párrafos del MAP1 que el objetivo principal del Ciclo Logístico de la Armada es mantener la autonomía del buque, mediante la determinación de necesidades, la obtención y la distribución. El modelo actual de la Armada, basado en dos escalones de aprovisionamiento, uno a bordo y otro en los arsenales, además de las solicitudes a la empresa externa en los casos que se rompa la cadena de suministro en estos almacenes internos, exige la gestión de unos niveles de inventario adecuados.

Estos niveles de inventario son calculados durante la construcción del buque, y se basan en la información proporcionada por el fabricante de los diferentes equipos a bordo y del conocimiento histórico de los canales del aprovisionamiento de la Armada. Una vez establecidos estos inventarios, se deben reponer sus consumos mediante la adquisición de nuevos materiales empleando los instrumentos contractuales y financieros que permite la normativa vigente.

En los siguientes párrafos vamos a ver una breve descripción de los diferentes actores aprovisionamiento y por lo tanto de la cadena de suministro.

#### 3.4.1 Función de dirección del aprovisionamiento.

Según la Instrucción 15/2021 del Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada (AJEMA, 2021), todas las unidades de la Armada se encuadran en tres estructuras, que son el Cuartel General, el Apoyo a la Fuerza, y la Fuerza. Dentro del Apoyo a la Fuerza se encuadran la Gestión del Personal, del Material y del Recurso Económico. Como órgano de gestión del Aprovisionamiento se nombra a la Jefatura de Apoyo Logístico (apoyo a la Fuerza en el entorno del material) y dejando el nivel de ejecución en los diferentes Arsenales.

Se puede hacer una descripción muy somera de la JAL, que se estructura en las siguientes secciones, Jefatura, Dirección de Ingeniería y Construcciones Navales, Dirección de Sostenimiento, Dirección de Infraestructura, Dirección Gestión Económica, y nos permite señalar las diferentes secciones de Dirección del Aprovisionamiento en la Armada.

Hay que señalar, que, como consecuencia de la nueva instrucción de la Armada del 2021, la JAL también recibió una modificación en su organización mediante la Norma Permanente de Organización 1/2021 (AJAL, 2021) por la que se desarrolla la organización de la Jefatura de Apoyo Logístico, siendo la centralización de sus estructuras económicas probablemente el cambio más significativo.

#### 3.4.2 Función de ejecución del aprovisionamiento.

A raíz de las modificaciones legislativas anteriores, el Almirante Jefe del Apoyo Logístico, redacta una norma con posterioridad, por la que se desarrolla la organización de los Arsenales (AJAL, 2021). Dos de las modificaciones a resaltar, serían la nueva función de las ICOS (antiguas oficinas de inspección de obras) pasando a ser secciones de Ingeniería en lugar de meros Inspectores y la inclusión de la nueva concepción del

apoyo logístico 4.0 que hace evolucionar a los arsenales a una estructura funcional basada en las capacidades logísticas que proporcionan.

El manual de referencia de cada arsenal describe, dentro de los factores MIRADO-I, el material, infraestructura, recurso de personal y organización necesarios para satisfacer cada una de las capacidades logísticas y sirve como herramienta de gestión y racionalización de las necesidades del apoyo logístico asociado a cada uno de los factores.

### 3.4.3 Aplicaciones informáticas.

Todos los materiales objeto de aprovisionamiento en la armada se gestionan de manera análoga mediante un único sistema de gestión logística llamado sistema integrado de gestión de material de la armada, SIGMA. Tras la evolución de varios sistemas diferentes para su gestión, finalmente se evolucionó a una aplicación única como refleja el MAP-1, esta aplicación se denomina SIGMAWEB.

Como resumen de esta, hay que destacar brevemente sus 6 objetivos o hitos más importantes:

**Aplicación Única.** Unificación y simplificación de todas las aplicaciones que cada gestor iba creando para adecuarlas a sus necesidades.

**Dato único.** La implantación de una sola herramienta permite el uso de una sola base de datos, donde la Armada con el Sistema OTAN de Catalogación (SOC), denomina, clasifica, identifica y numera los materiales a través de un procedimiento uniforme y común.

**Herramienta de apoyo a la decisión.** Permite una gestión más ágil del aprovisionamiento, al tener ayudas incluidas en la aplicación.

**Interfaz del usuario más moderna.** Las antiguas aplicaciones, basadas en sistemas anteriores, eran prácticamente listados interminables. En su lugar se ha actualizado el interfaz con más elementos gráficos y una utilización mucho más amigable.

**Almacén Virtual Único.** Independientemente de la ubicación del material se trata la totalidad del inventario de material de la Armada de forma integral, dando lugar a una gestión más sencilla y a evitar duplicidades que no simplifican la cantidad de material.

En AJAL Hay una oficina técnica (la sección técnica de aplicaciones logísticas) donde se gestionan las diferentes aplicaciones y sistemas logísticos en uso en la Armada, con la función principal de proporcionar apoyo técnico a estas aplicaciones y sistemas durante su ciclo de vida y planificar su evolución acorde con los conceptos emanados del Concepto Logístico 4.0 (AJAL, 2018) y con una clara orientación de integración en un único sistema de información logístico.

Aunque normativamente las aplicaciones no forman parte de un todo, la futura Plataforma Logística SIL de la Armada va a aglutinar un conjunto de aplicaciones que dan soporte a la gestión de los procesos logísticos (ingeniería, mantenimiento, aprovisionamiento, transporte, infraestructura, automatización de tareas de vigilancia y mantenimiento predictivo, análisis de aceites y combustibles, etc.).

La función logística de aprovisionamiento en la Armada se gestiona con las aplicaciones SIGMAWEB (Sistema Integrado de Gestión de Material de la Armada), SIGAPEA

(Sistema Integrado de Gestión de Aprovisionamiento de Primer Escalón de la Armada) y PIDAWEB.

SIGMAWEB permite gestionar los procesos de aprovisionamiento de Segundo Escalón relativos a: material de Repuestos y Pertrechos, Subsistencias, Vestuario, Combustibles y Municionamiento.

SIGAPEA permite gestionar, a bordo de un BUI (Buques, Unidades o Instalaciones), los procesos de aprovisionamiento de Primer Escalón.

PIDAWEB permite gestionar la propuesta inicial de apoyo PIDA (AJAL, 2018) y la generación de las listas repuestos o APL (Allowance Parts List) y de pertrechos o AEL (Allowance Equipage List).

Todas las aplicaciones han heredado entornos de trabajo (frameworks), servidores, bases de datos de diferentes orígenes, motivo por el cual intercambian información entre sí por diversos métodos (servicios web, intercambio de ficheros por FTP (File Transfer Protocol), XML (Extensible Markup Language), etc.).

SIGMAWEB está programada fundamentalmente en lenguaje NATURAL y emplea ADABAS como sistema de gestión de base de datos, aunque también usa otras como TAMINO (base de datos de XML nativo) y ORACLE. Todos, excepto ORACLE, son productos propietarios de la empresa Software AG<sup>24</sup>. Sin embargo, SIGAPEA está desarrollada en framework .NET y emplea Microsoft SQL Server como gestor de bases de datos.

Además, de la lectura del artículo de la Revista General de Marina de Septiembre 2021 (DURÁN, 2021) se extrae que se ha incorporado la herramienta CESADAR con dos aplicaciones, ATAVIA y SOPRENE, que proporcionan respectivamente un sistema de detección de anomalías de funcionamiento de equipos monitorizados basado en reglas expertas y un sistema de predicción de averías de estos mediante IA. En ATAVIA son analizados todos los sistemas y equipos embarcados que dispongan de sensores, pero estando limitados a fecha de hoy en SOPRENE sólo los motores generadores de las fragatas clase "ÁLVARO DE BAZÁN". Actualmente se están integrando ambas aplicaciones; ATAVIA absorberá las funcionalidades predictivas de SOPRENE, es decir, los usuarios de ATAVIA podrán tener acceso a todo el catálogo de funcionalidades de ambas. Simultáneamente, se va a comenzar el despliegue de servidores de ATAVIA para dar servicio a todos los usuarios de la I3D que requieran tener acceso (en principio, personal de JAL, arsenales y buques). A su vez, ATAVIA será una solución más de la plataforma SIL (Sistema de Información Logístico) y, por tanto, el acceso a sus funcionalidades se hará a través del portal de SIL con las credenciales de usuario de DICODEF

La gestión del aprovisionamiento a bordo requiere el intercambio de información en diferentes formatos que proviene de múltiples fuentes de datos, tanto internas dentro de la Plataforma Logística SIL (configuración y mantenimiento en la aplicación de la Gestión del Apoyo Logístico Integrado de la Armada - GALIA, datos de APL en PIDAWEB, etc.) como externas a la misma (aplicaciones corporativas, servicios de la I3D (Infraestructura Integral de Información para la Defensa), proveedores, etc.).

---

<sup>24</sup> [https://www.softwareag.com/es\\_es.html](https://www.softwareag.com/es_es.html)

Debido a las restricciones de conectividad en los enlaces de comunicaciones vía satélite de las unidades desplegadas, se ejecuta diariamente un servicio de intercambio de información entre las aplicaciones de gestión del aprovisionamiento (SIGAPEA y SIGMAWEB).

Cuando a bordo se produce una incidencia, en cualquier equipo o sistema, hay que valorar la incidencia operativa que provoca esa rotura/mantenimiento.

Existe un documento normativo, el Proceso de tratamiento de VAROPS, que está contemplado en la Instrucción de Grados de eficiencia operativa (GEO) de los buques. (ALFLOT, 2007)

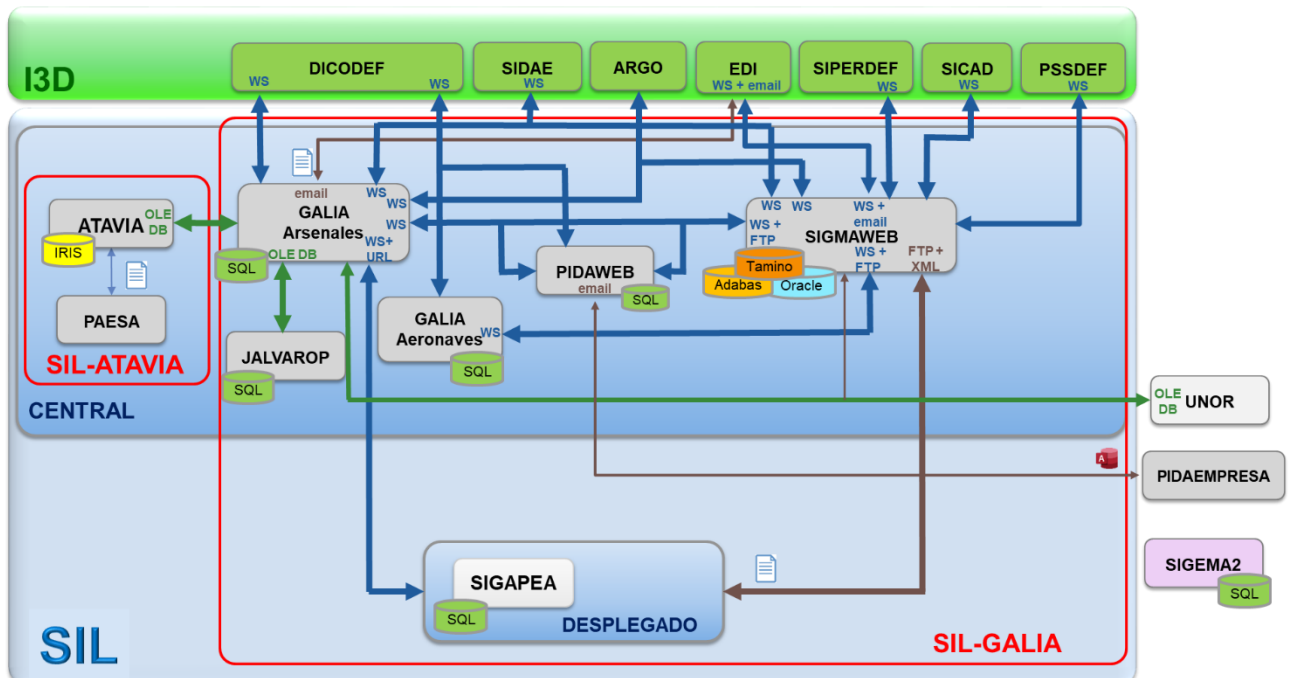
Mediante un mensaje de la Red SACOMAR (red de mensajería específica de la Armada, que permite el envío de mensajes en modo texto) llamado VAROP, se informa de la variación de la situación operativa. Los buques remitirán siempre VAROP de cualquier deficiencia que afecte a su capacidad operativa con independencia de su relevancia. Para ello, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

Se rendirán VAROP de equipos, subsistemas o sistemas que tengan línea asignada en las Tablas GEO para la clase de buque. No se darán VAROP de líneas que admitan descomposición en componentes de nivel más bajo, debiéndose, en estos casos, descender a este nivel.

Instrucción Permanente de Logística 2/1991, de 13 de enero, del Almirante Jefe de Estado Mayor de la Armada, Clasificación y asignación de la Precedencia Logística.

### 3.4.4 Proyectos futuros en el campo de las aplicaciones.

Se está proyectando un Módulo de gestión integral del aprovisionamiento



**Figura 4. Módulo de gestión integral del aprovisionamiento a desarrollar.**  
(JUAN DIAZ DEL RIO, 2022)

Como se ha explicado en los párrafos anteriores, las aplicaciones actuales (legadas) que integran la Plataforma Logística SIL irán evolucionando hacia una única solución modular y escalable, basada en un mismo framework y gestor de bases de datos. Cada nuevo módulo gestionará uno o más procesos logísticos principales (ingeniería, mantenimiento, aprovisionamiento, transporte, etc.) e integrará las funcionalidades actuales de las aplicaciones legadas y aquellas nuevas que surjan inherentes a dichos procesos logísticos.

En particular, el Módulo de Aprovisionamiento se caracterizará principalmente porque:

- Será la evolución de las aplicaciones legadas actuales de gestión del aprovisionamiento en la Plataforma Logística SIL de la Armada.
- Integrará las funcionalidades y datos de aprovisionamiento, conforme a los requisitos establecidos en el presente PPT.
- Tendrá nuevos diseños funcionales y de base de datos optimizados, resultantes de un análisis profundo que permita detectar y dar solución a duplicidades, funcionalidades infrutilizadas, datos obsoletos, erróneos, históricos, etc.
- Será escalable al resto de funcionalidades de las aplicaciones legadas de la Plataforma Logística SIL con objeto de avanzar hacia una única solución modular en la que se vayan integrando otras aplicaciones legadas.
- Hasta la plena integración de todas las funcionalidades, convivirán en la Plataforma los nuevos módulos con las aplicaciones legadas, tal y como se representa en la Figura 2 e intercambiarán información a través de una capa de servicios de interoperabilidad.
- Será un único producto que se instalará en dos tipos de entornos de producción en la I3D: un entorno central en servidores de CESTIC (Centro de Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones del MINISDEF), que dará servicio a los usuarios en instalaciones fijas en la I3D (central); otros entornos desplegados en los servidores de los buques, que darán servicio a sus usuarios embarcados (desplegado).
- El conjunto de funcionalidades a las que tendrá acceso un usuario dependerá de su rol y permisos asignados. De esta forma, por ejemplo, un rol exclusivo de primer escalón no tendrá acceso a funcionalidades propias de un segundo escalón, independientemente de si se trata del Módulo de Aprovisionamiento central o de los desplegados.
- Dispondrá de un cuadro de mando, ajustado al rol del usuario, que permita la representación simplificada de un conjunto de indicadores para poder medir el comportamiento de los procesos logísticos, y que facilite la toma de decisiones, y la identificación rápida de cambios relevantes.
- Dispondrá de funcionalidades que permitan el autoaprendizaje para el adiestramiento del usuario.
- Se desarrollará una interfaz de comunicación que permita el intercambio de información entre la parte central del Módulo de Aprovisionamiento y las diferentes instalaciones desplegadas. Dicha comunicación gestionará de forma eficiente el ancho de banda disponible del enlace por satélite, aprovechando las franjas de mayor cobertura y menor demanda por otros sistemas del buque.
- La parte desplegada será autónoma en escenarios de conectividad nula y procederá a la armonización de datos cuando se recupere la conectividad.
- Cuando el buque se encuentre en puerto y pueda conectarse a la I3D por otra vía de comunicación con mayor ancho de banda, se podrán realizar las actualizaciones de versión, datos maestros y demás datos de explotación.
- La interfaz gráfica de usuario estará diseñada para su uso tanto en estaciones de trabajo como en tabletas y teléfonos inteligentes

## **CAPÍTULO IV. DESCRIPCION DEL PROCESO A BORDO**

### **4.1 PARTICULARIDADES DE LA ARMADA.**

Una vez abordados en los capítulos anteriores, la introducción del capítulo uno, una breve revisión del estado del arte de la IA en el capítulo dos, una visión normativa de la situación del mantenimiento en la Armada en el capítulo tres, es necesario abordar en este capítulo una visión de la particularidad y funcionamiento de este tipo de buques,

A efectos demostrativos un barco tiene dos grupos de tipos de capacidades, en primer lugar, las capacidades básicas que son aquellas comunes a cualquier tipo de barco que son: flotabilidad, estabilidad, solidez o resistencia estructural, movilidad, maniobrabilidad, seguridad y habitabilidad.

En segundo lugar, es el que le confiere el carácter de buque de guerra con las capacidades operativas que permiten al buque hacer frente a las diferentes amenazas (superficie, aérea, submarina, híbrida y ciber amenaza)

Para gestionar estas capacidades, el buque cuenta con una norma interna llamada LORI (Libro de Organización del Régimen Interior) que no es de distribución pública en el que se detallan desde los horarios hasta las funciones de cada miembro de la dotación. Para el detalle de las responsabilidades de cada persona en su trabajo, existe otra norma que se llama Libro del Destino, donde ya se detalla las funciones de cada puesto de trabajo. A modo de resumen, introducir que en estos buques la dotación se divide en Servicios, que son Control del Buque, Sistema de Combate y el Máquinas, los cuales a su vez se dividen en Destinos, donde el comandante asigna a la dotación.

Todas las áreas tienen implicaciones en el mantenimiento tanto preventivo como correctivo. El objetivo de estudio de este TFM era enfocar el apoyo de la inteligencia artificial al mantenimiento correctivo, ya que la documentación de la Armada, concretamente el Concepto de Apoyo Logístico (AJAL, 2018) establece un nuevo modelo, potenciando el mantenimiento basado en la fiabilidad, RCM (Reliability Centered Maintenance). En esta publicación ya se establece que el "Mantenimiento" estará "orientado a la prevención de los fallos que afecten a la seguridad y a las funciones principales para minimizar el impacto de dichos fallos en la misión." Para alcanzar este modelo de mantenimiento, "se actualizará e incrementará la presencia de las técnicas de mantenimiento predictivo y basadas en la condición". Para complementar lo anterior, el enfoque de este TFM intenta incidir en la posibilidad de que el mantenimiento correctivo lleve la menor carga de trabajo posible a la dotación. Las funciones de la inteligencia artificial apoyarían reparación o la detección de incidencias. Actualmente se usa la aplicación JALVAROP ya mencionada como repositorio de estas incidencias, gestión y control de la evolución de cada avería

Para la relación de elementos existentes que son los objetos que pueden averiarse a bordo, según el Manual de Aprovisionamiento de la Armada de 2 escalón (MAP2) (AJAL, 2022), el árbol de elementos configurados (en adelante, AEC) es el documento primario y esencial del control de la configuración. Este documento, determina qué elementos concretos son seleccionados por la Armada para ser objeto de control pormenorizado en su Configuración y constituyen los elementos que son relacionados en los VAROPS como objetos de avería. Todos estos elementos al incorporarse al AEC quedarán identificados mediante una Marca Funcional.

Este AEC constituye la guía práctica para conocer las Marcas Funcionales que corresponden a cada uno de los elementos instalados en un BUI. A continuación, podemos ver un gráfico donde se puede ver la descomposición de los elementos de un buque hasta llegar al elemento del que se informa la anomalía o avería en el VAROP.

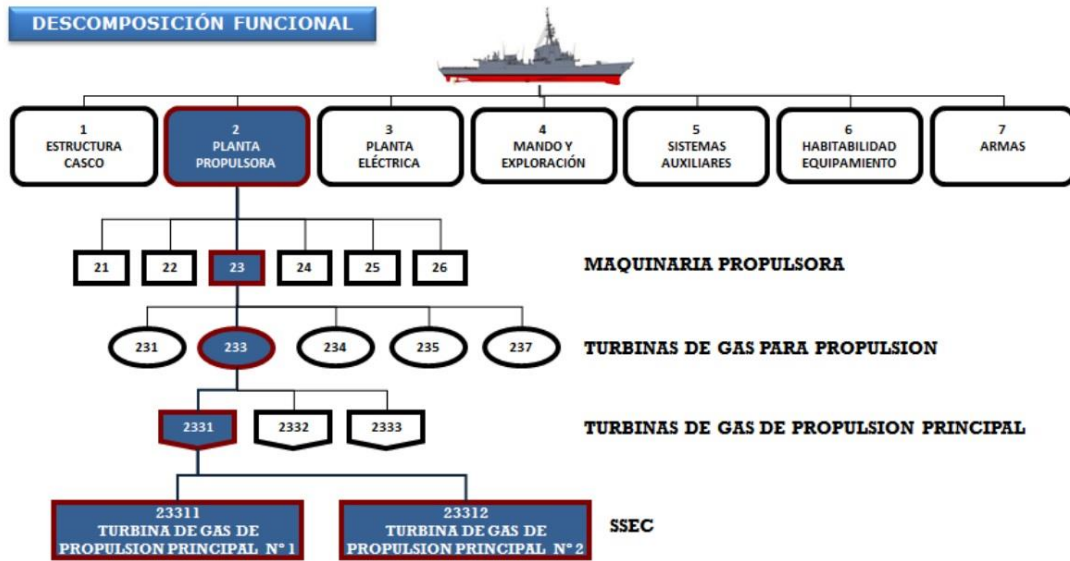


Figura 5. Descripción Funcional. Grupos de coste.

#### 4.2 ESTADISTICAS DE LA APLICACIÓN.

De la aplicación JALVAROP para la que solicitamos usuario con motivo de esta investigación, se obtiene que desde el 2003 hasta la actualidad se han realizado 2492 VAROPS, alrededor de 100 al año. Se incluye una gráfica del año 2002 hasta el año 2023;

AÑO	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	TOT.
100	0	0	1	2	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
200	0	9	27	18	12	9	14	8	6	7	5	6	6	6	3	11	7	5	3	10	1	
300	1	6	10	22	15	10	13	17	14	11	15	16	14	10	7	5	11	4	5	18	3	
400	2	39	85	96	68	67	83	66	63	77	70	81	57	73	47	86	80	45	48	96	31	
500	5	15	18	20	26	21	29	18	19	26	34	29	29	11	17	24	15	19	27	20	14	
600	2	0	0	0	0	0	0	2	0	1	7	1	1	5	1	0	0	1	0	1	1	
700	2	5	10	14	8	7	4	5	16	12	10	5	5	10	7	1	6	2	8	8	5	
800	0	0	0	0	0	4	2	6	11	15	3	15	15	15	19	10	0	0	0	0	0	
SUMA	12	74	151	172	130	119	145	123	130	150	144	153	127	130	101	137	119	76	91	153	55	2492

Figura 6. Numero de VAROPS emitidos por año y grupos de coste.

En la gráfica podemos ver en el lado izquierdo los grupos de coste de corresponden a los números de la Figura 5.

100. CASCO.

200. PROPULSION.

300. ELECTRICIDAD.

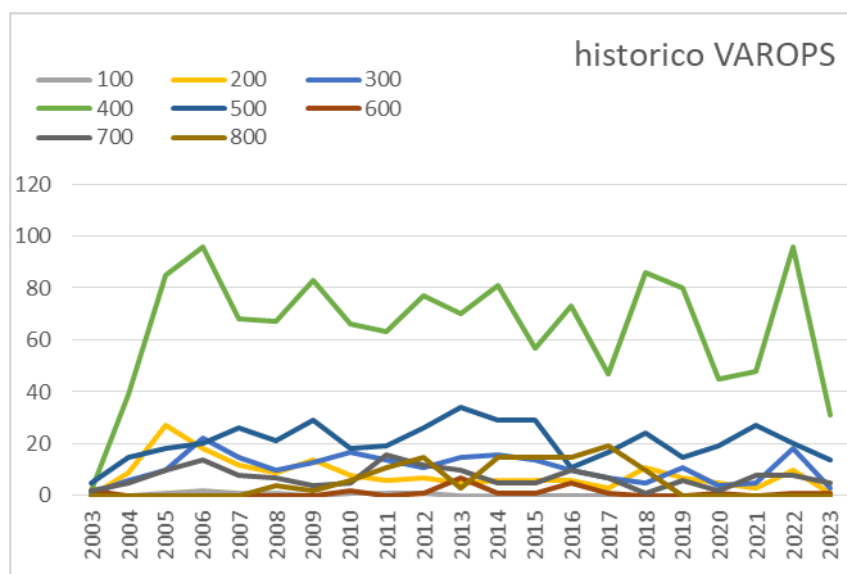
400. MANDO Y CONTROL.

500. AUXILIARES.

600. HABITABILIDAD.

700. ARMAS.

800. PERSONAL.



**Figura 6 Histórico de VAROPS.**

Hay que tener en cuenta en la visualización de la gráfica las fechas de entrega de los diferentes buques de la serie F100, que fueron sucesivamente, septiembre 2002, diciembre 2003, diciembre 2004, marzo 2006 y la última octubre 2012, con lo que la totalidad de la escuadrilla empezó en 2013, donde ya estaban los cinco barcos que componen la serie operativos.

Este AEC, da idea de la complejidad de sistemas que componen un buque. Si bien, existen otros ejemplos de complejidad, como puede ser una aeronave, o incluso algún tipo de vehículo, la dificultad del mantenimiento correctivo en un buque está agravada por los largos periodos que el mismo pasa fuera de su base. Mientras que una aeronave está horas en vuelo, un buque suele estar varios meses desplegado, aumentando la criticidad de las posibles averías y reparaciones.

Estos largos periodos, se agravan cuando además el buque se desplaza a distancias de costa que no permiten su apoyo aéreo, por ejemplo, en los cruces del atlántico, ya que la mayor distancia a la que un helicóptero puede prestar apoyo llevando piezas, es de centenares de millas, y el cruce del atlántico se acerca a las 4000 millas.



#### 4.3 FRAGATAS CLASE ÁLVARO BAZÁN.

La fragatas de la clase "Álvaro de Bazán"<sup>25</sup> es un buque multipropósito cuya principal misión es la de actuar como escolta oceánico de tamaño medio. Esta función de escolta suele dársele a un buque de alto valor estratégico (HVU por sus siglas en inglés) tipo portaaviones o buques de transporte, que necesitan de un apoyo para su defensa. Llega hasta tal punto esta función que en situaciones extremas debe recibir el impacto el escolta en lugar del buque protegido.

Otras de sus funciones, serían la de actuar como buque de mando y control, integrarse en una flota aliada y la capacidad de hacer frente a las diferentes amenazas (aérea, superficie, submarina y a la recientemente incorporada ciber amenaza).

(AJEMA, 2019) Para llevar a cabo todas estas funciones, se dispone de varios sistemas, desde los equipos de propulsión (motores diésel), equipos de generación eléctrica (también motores diésel), armas (misiles, torpedos), posibilidad de llevar una aeronave a bordo y un gran número de sistemas CIS (Abalo, 2013)

Como por ejemplo el sistema de combate (SCOMBA), el sistema de propulsión (SICP), el sistema de navegación (WEBCIS), los sistemas de comunicaciones (SACOMAR, NSWAN, SIJE) los sistemas multipropósito (Intranet, Internet, Sistemas de entretenimiento) con varias interconexiones entre alguno de ellos, pero sistemas independientes en sí mismos y con un gran número de terminales.

Además de todos estos sistemas, el buque se complementa con los destinados a la dotación, como pueden ser cocina, comedores, lavandería, enfermería, panadería, alojamientos, gimnasio, sistemas de agua potable, sistemas de tratamientos de aguas residuales, etc.

#### 4.4 DOTACIÓN.

En base a la experiencia propia, ya que en mi primer empleo de oficial, formé parte de la primera dotación durante cuatro años (2001-2004) como oficial de adiestramiento y responsable de sistemas CIS, sabemos que una unidad de la Flota de la clase "Álvaro de Bazán" dispone de una dotación de 200 personas. Aunque la dotación está fijada normativamente, en los libros de Régimen Interior del buque, a efectos ilustrativos y de forma genérica, podemos decir que aparte del comandante y 2º comandante, los dos oficiales encargados de la gestión de alto nivel del buque existen 3 niveles de trabajo a bordo, representados por las 3 escalas. Son oficiales, suboficiales y marinería. De forma numérica, 20 oficiales, 40 suboficiales y 140 marineros.

De forma análoga a la empresa privada, se podría hablar de los oficiales como gestores, los suboficiales jefes de equipos técnicos, y la marinería personal técnico y de servicios.

Si comparamos estas cifras con buque análogos de otras épocas, tipo fragata, vemos que a mediados de los 70 los buques clase Santa María, tenían una dotación de 253 personas con unas funciones similares a la actualidad. A mediados de los 90, los buques clase Santa María, tenían una dotación de 223 personas, y como ya hemos visto, la

---

<sup>25</sup><https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquessuperficie/prefLang-es/04Fragatas-F100-F80--01fragatas-clase-alvaro-de-baza-f-100>

clase Álvaro de Bazán una dotación de 200 personas, lo que indica una clara reducción, de aproximadamente 25 personas menos en cada nueva serie de buques tipo escolta o fragata (características comunes en dimensiones y desplazamiento ya que están alrededor de 130 metros de eslora y entorno a las 4500 toneladas de desplazamiento (4100, 4200 y 5800 toneladas respectivamente). Es más, en los requisitos de las futuras fragatas clase Bonifaz, futuras F110 con 145 metros de eslora y 6500 toneladas de desplazamiento, está programado que la dotación se reduzca a 150 personas aproximadamente.

Resulta evidente, que existe una disminución constata de las dotaciones de personal a bordo. Esta disminución es posible lógicamente al igual que en la empresa privada a la automatización de tareas, así como al mayor uso de sistemas digitales, que requieren menos personal para su operación.

Si concretamos un poco más las tareas del personal a bordo, se puede decir de forma genérica, que todo el mundo tiene dos tareas básicas durante el funcionamiento normal de un buque de estas características. Vamos a partir de la premisa de la situación normal del buque que sería navegando en situación de un tránsito o similar.

En esta situación, la dotación se dedica a dos tareas básicamente, una de ellas es durante la jornada laboral normal, las casi 40 horas semanales de lunes a viernes, se realizan los mantenimientos propios de los destinos, como por ejemplo los mecánicos se dedican al mantenimiento de sus motores o el personal de comunicaciones a los mantenimientos y tareas programadas de sus equipos de comunicaciones. Además de esta tarea que se podría llamar la jornada laboral estándar similar a cualquier empresa normal, existe la tarea de las guardias, que consiste en que el personal participe en las diferentes tareas de vigilancia u operación de sistemas que permiten el funcionamiento normal de la unidad. Por ejemplo, se puede hablar del oficial de guardia del puente, de los suboficiales de guardia en la máquina o de la marinería que realiza tareas de vigilancia como vigía o en un equipo concreto como puede ser el radar de navegación en el puente.

En resumen, la dotación se articula en dos ocupaciones, una de ellas es la jornada de trabajo, y la otra los diferentes horarios de guardia, que tradicionalmente en la Armada es de 3 vigilancias, que consiste en 4 turnos de 3 horas durante el día, y 3 turnos de 4 horas durante la noche.

Estos turnos coinciden en parte con la jornada laboral y en parte no. Como mínimo, a la jornada laboral normal, hay que añadir las 4 horas de la vigilancia nocturna, e incluso uno de los turnos de la tarde de 3 horas, con lo que fácilmente podemos concluir que la jornada media de trabajo a bordo son las 8 horas de la jornada más las 4 o 7 de la guardia diaria. Es decir, un total de 12 a 15 horas de actividad normal.

En estos cálculos, entrarían únicamente los trabajos programados y las vigilancias mínimas para el correcto funcionamiento del buque, con lo que cualquier anomalía tipo avería o reparación, produciría ya un menoscabo importante en el tiempo necesario de descanso.

En el siguiente capítulo veremos de una forma más concreta las tareas tanto de la jornada laboral como de las guardias a bordo.

#### 4.5 RELACIÓN DE LAS TAREAS CON LOS TIPOS DE IA.

Actualmente, se realizan las siguientes tareas de primer escalón por la dotación del buque.

Realización de mantenimientos preventivos, mediante mantenimientos programados.

Reposición de STOCK.

Realización de mantenimientos correctivos, mediante la reparación si es posible con los medios de a bordo, o mediante la petición de apoyo si la avería no puede repararse a bordo.

De todos los subtipos de IA vamos a intentar asociar estas tres tareas con la IA, para ver que tarea está relacionada con que subtipo de IA.

1. Preventivo. Relacionado sin duda con planeamiento y optimización. Esta herramienta podría llevar el control de todas las tareas programadas de mantenimiento.
2. STOCK. Aquí podríamos usar tanto los sistemas expertos como la robótica, ya que se encargarían de forma automática de ir reponiendo las piezas en el momento de retirarlas del almacén.
3. Correctivo. En esta tarea se podrían usar varias funciones de la IA, desde el procesado del lenguaje natural, al poder dictar las averías, el machine learning, que iría recopilando todas las averías y evitaría consultas a ficheros en formato pdf o de texto por parte del operador, y finalmente un chatbot, que nos permitiría consultar en tiempo real las acciones a tomar para las reparaciones.

#### 4.6 FUENTES DE OBTENCION DEL SOFTWARE.

El proceso de obtención de cualquier software o hardware tiene tres vías de entrada en la Armada, dependiendo si hablamos de software de uso específico (aplicaciones propias de la Armada) como su sistema de mensajería SACOMAR que ya ha sido mencionado, sistemas de uso conjunto como la Intranet de Defensa, en la que el proveedor de equipamiento es el CESTIC que es Órgano directivo al que le corresponde la planificación, desarrollo, programación y gestión de las políticas relativas a los sistemas y tecnologías de la información y las comunicaciones (CIS/TIC), y si los sistemas son conjuntos a nivel OTAN o Comunidad Europa, serian estos los proveedores.

## CAPÍTULO V. APLICACIONES DE LA IA A BORDO.

En el Capítulo V es donde, una vez realizado el estudio de los antecedentes, identificado qué tiene margen de mejora y qué aspectos pueden ser útiles, establecemos dónde tiene cabida el empleo de la inteligencia artificial para la optimización del proceso. Yendo de lo genérico a lo concreto, hay dos campos a bordo de un buque, donde tiene cabida la IA. Serían en las operaciones logísticas en general, y dentro de ellas, particularizándolo sobre la optimización del ciclo de vida.

### 5.1 ESTUDIO DEL EMPLEO DE LA IA EN OTRAS ARMADAS.

Antes de realizar las propuestas del posible uso de la IA en un buque de la Armada, conviene efectuar un pequeño análisis de lo que está sucediendo en otras armadas. Para elegir en qué armadas se está aplicando o estudiando aplicar la IA, hemos cogido el informe de los países que más gastan en armamento

Los 10 países que más gastan en armas del mundo según el Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI)<sup>26</sup> en 2021, un año antes del estallido del conflicto en Ucrania, los 10 países que más gastaron en armamento fueron:

**1) Estados Unidos:** 801.000 millones de dólares (37,9% del total mundial).

**2) China:** 293.000 millones de dólares (13,9% del total mundial).

**3) India:** 76.600 millones de dólares (3,6% del total mundial).

**4) Reino Unido:** 68.400 millones de dólares (3,2% del total mundial).

**5) Rusia:** 65.900 millones de dólares (3,1% del total mundial).

**6) Francia:** 56.600 millones de dólares (2,7% del total mundial).

**7) Alemania:** 56.000 millones de dólares (2,7% del total mundial).

**8) Arabia Saudí:** 55.600 millones de dólares (2,6% del total mundial).

**9) Japón:** 54.100 millones de dólares (2,6% del total mundial).

**10) Corea del Sur:** 50.200 millones de dólares (2,4% del total mundial).

**Resto del mundo:** 536.000 millones de dólares (25,3% del total mundial).

De estos 10 países, vamos a analizar los cambios que están introduciendo a sus respectivas fuerzas navales a los más importantes:

#### Estados Unidos.

En un artículo de la Revista Americana SEAPOWMAGAZINE <sup>27</sup> señala que la Navy ha puesto en marcha el Proyecto Overmatch, que es una campaña para acelerar el despliegue de la IA, el machine learning y las herramientas necesarias para permitir a

---

<sup>26</sup> <https://www.visualcapitalist.com/ranked-top-10-countries-by-military-spending/>

<sup>27</sup> <https://seapowermagazine.org/navy-aims-to-fast-track-artificial-intelligence-machine-learning-to-maintain-dominance/#:~:text=Like%20a%20bolt%20from%20the%20blue%2C%20the%20Navy,service%20leaders%2C%20maintain%20maritime%20dominance%20in%20the%20future>

la flota destacar fuerzas, fuegos masivos e integrar buques no tripulados y en opinión de sus líderes, mantener el dominio marítimo en el futuro.

El proyecto tiene como objetivo comenzar a entregar la Arquitectura Operacional Naval (NOA), que consistiría en un nuevo sistema que afectaría a toda la Navy y cuyos resultados determinarían nada menos que su capacidad futura para establecer y mantener el control del mar mediante la integración de infraestructura de red, datos y herramientas analíticas para proporcionar ventaja de decisión en la batalla.

El objetivo final del consiste en el componente naval del Departamento de Defensa como un gran esfuerzo para obtener la capacidad conjunta de comando y control en todos los dominios (JADC2) de forma similar a la que comercialmente todos los dispositivos manuales están conectados con la capacidad de acceder a las nubes de información. En realidad, el objetivo se asemeja al uso que Uber, Amazon y Facebook son capaces de usar las redes comerciales, pero con un uso completamente militar. El JADC2 ya está integrado en la Fuerza aérea desde 2019, integrándolo el Ejército americano en 2020, con el compromiso de la interoperabilidad entre ambos, y aunque la Navy no ha firmado este compromiso en la actualidad si están colaborando para la integración total. La prueba es que la Navy ya participa ejercicios sobre JAD2 con sus buques más modernos.

### **Reino Unido.**

Acorde<sup>28</sup> a las palabras del Jefe de la Royal Navy Lord Admiral Sir Ben Key "The UK's Armed Forces – led by the Royal Navy – must invest in Artificial Intelligence, drones and technology to face down the threats they will encounter in the future." En su discurso pronunciado en la conferencia marítima anual en Londres, el jefe de la Royal Navy basó los nuevos avances en inversión en drones y sistemas autónomos gobernados con IA.

Tanto es así que con el campo de batalla naval de hoy extendiéndose "desde el lecho marino hasta el espacio" y los avances "impresionantes" en datos e inteligencia artificial, la Royal Navy ha tenido que ser "deliberadamente ambiciosa" con sus objetivos para explotar la IA.

"El objetivo es mejorar la letalidad y la capacidad de supervivencia a través del despliegue de capacidades habilitadas para IA".

### **China.**

El informe<sup>29</sup> del ministerio de defensa americano de 2021 sobre capacidades militares chinas, describe las inversiones chinas en machine learning para áreas que incluyen soporte de decisiones tácticas y estratégicas y juegos de guerra habilitados para IA. El informe también describe las continuas inversiones chinas en sistemas autónomos aéreos, terrestres y navales, algunos con capacidades limitadas de IA, y el uso de IA para el análisis y la propaganda de las redes sociales.

El informe también establece prioridades básicas y de investigación aplicada para China en el espacio militar de IA en el futuro, como "software y hardware inspirados en el cerebro, equipos humano-máquina, enjambre y toma de decisiones" (p. 146).

---

<sup>28</sup> <https://www.royalnavy.mod.uk/news-and-latest-activity/news/2023/may/17/230517-sea-power-conference-2023>

<sup>29</sup> <https://www.cfr.org/blog/dods-2021-china-military-power-report-how-advances-ai-and-emerging-technologies-will-shapechina>

## India.

La Armada de la India se está centrando en incorporar Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático en sus próximos proyectos<sup>30</sup>. Sus principales iniciativas han comenzado por involucrar a su personal en las nuevas tecnologías para proyectos futuros. La formación del personal está liderada por las escuelas de su armada y los campus de nuevas tecnologías.

En enero del 2022, la marina india organizó unos talleres sobre "Leveraging Artificial Intelligence (AI) for Indian Navy". Varios conferenciantes de compañías líderes en el mundo como Google, IBM, Infosys and TCS proporcionaron sus puntos de vista desde el lado de la industria. Además, participaron las universidades de Delhi, Nueva York, la Universidad Amrita que hablaron sobre las posibilidades de las aplicaciones de la IA.

El discurso principal del taller fue pronunciado por el Vicealmirante MA Hampiholi, Oficial al Mando en jefe del Comando Naval del Sur. Durante su intervención, destacó la importancia de esta tecnología y su aplicación en las actividades de la Armada de la India. El seminario web también incluyó a más de 500 participantes de todo el país. La marina espera unificar y reorganizar sus datos empresariales, ya que los datos son el núcleo de todos los proyectos basados en IA.

### 5.2 EMPLEO DE LA IA EN LAS OPERACIONES LOGÍSTICAS A BORDO.

El empleo de la IA iría encaminado a optimizar la eficiencia, mejorar la seguridad y racionalizar los procesos. La implementación de la IA en la logística de los buques requiere la integración con los sistemas existentes, la recopilación de datos sólida y la garantía de que se implementen medidas de ciber seguridad. Además, la experiencia humana y la supervisión siguen siendo cruciales para garantizar la operación segura y confiable del buque. A continuación, vamos a ver algunos ejemplos donde la IA puede ser empleada en la logística de un buque.

**Optimización de las rutas.** Los algoritmos de IA, aprovechando la alta informatización de los sistemas de navegación (incluso las cartas de navegación son ya digitales), las entradas de los sensores de clima, los datos climáticos de internet, el consumo de los motores, la velocidad del buque, y las escalas programadas del buque, podría diseñar y sugerir rutas de navegación encaminados a optimizar o distancias o tiempos o consumos y ofrecer la elección al personal decisor.

**Mantenimiento predictivo.** La IA puede monitorear y analizar los datos de los sensores de los sistemas y equipos de los barcos para predecir y prevenir fallos o averías. Al utilizar algoritmos de aprendizaje automático, la IA puede identificar patrones y anomalías en las lecturas de los sensores, lo que permite un mantenimiento proactivo y reduce el tiempo de inactividad.

**Gestión de carga.** La IA puede ayudar a gestionar las operaciones de carga en un barco optimizando los procesos de carga y descarga. Al analizar factores como el peso, el tamaño y el destino de la carga, la IA puede determinar los planes de estiba más

---

<sup>30</sup> <https://indiaai.gov.in/news/indian-navy-to-incorporate-artificial-intelligence-in-forthcoming-projects>

eficientes, asegurando una distribución adecuada del peso y maximizando la capacidad de carga.

**Optimización de la cadena de suministro.** La IA puede analizar datos de varias partes interesadas en la cadena de suministro, incluidos proveedores, puertos y compañías navieras, para optimizar la gestión del inventario, la previsión de la demanda y la coordinación de la cadena de suministro. Los algoritmos de IA pueden identificar tendencias, patrones y fluctuaciones de la demanda para mejorar la toma de decisiones y reducir los costos.

**Seguridad y evaluación de riesgos.** La IA se puede utilizar para mejorar las medidas de seguridad en un barco mediante el análisis de datos de sensores, cámaras y otros sistemas de monitoreo. Los algoritmos de IA pueden detectar peligros potenciales, identificar riesgos y proporcionar alertas en tiempo real a los miembros de la tripulación, lo que ayuda a prevenir accidentes y mejorar la seguridad general.

**Navegación autónoma.** Aunque todavía en desarrollo, la IA se está probando en sistemas autónomos de auto pilotaje. Los sistemas impulsados por IA pueden analizar datos de sensores, interpretar regulaciones marítimas y tomar decisiones en tiempo real para la navegación, la prevención de colisiones y el atraque. Los barcos autónomos tienen el potencial de aumentar la eficiencia, reducir el error humano y optimizar las operaciones logísticas generales.

### 5.3 EMPLEO DE LA IA EN EL CICLO DE VIDA DEL BUQUE.

La inteligencia artificial (IA) se puede utilizar a lo largo del ciclo de vida de un barco para optimizar las operaciones, el mantenimiento, la seguridad y la toma de decisiones. Estos son algunos ejemplos de cómo se puede aplicar la IA en diferentes etapas del ciclo de vida de un barco:

**Mantenimiento y monitoreo de condición:** AI puede monitorear y analizar datos de sensores de varios sistemas y equipos de barcos para detectar anomalías, predecir fallas y permitir un mantenimiento proactivo. Al emplear algoritmos de aprendizaje automático, la IA puede identificar patrones y tendencias en las lecturas de sensores, proporcionando información sobre el estado y el rendimiento de los componentes críticos. Esto ayuda a optimizar los programas de mantenimiento, reducir el tiempo de inactividad y minimizar los costos de reparación.

**Diseño y construcción:** Aunque estamos realizando el estudio sobre un barco ya construido, es conveniente señalar la posibilidad de que la IA puede ayudar a los arquitectos e ingenieros navales en los procesos de diseño y construcción de buques. Al analizar grandes cantidades de datos históricos, resultados de simulación y requisitos de rendimiento, los algoritmos de IA pueden ayudar a optimizar los diseños de cascos, la integridad estructural y los sistemas de propulsión. Esto puede conducir a buques más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

**Operaciones y optimización del rendimiento:** la IA puede optimizar las operaciones de los barcos mediante el análisis de datos en tiempo real de sensores, condiciones climáticas, sistemas de navegación y datos históricos de rendimiento. Los algoritmos de IA pueden recomendar velocidades óptimas, estrategias de consumo de combustible, ajustes de ruta y parámetros operativos para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental. Esto conduce a ahorros de costos y mejora el rendimiento general.

**Seguridad y gestión de riesgos:** la IA puede mejorar las medidas de seguridad y la gestión de riesgos a lo largo del ciclo de vida de un barco. Al analizar datos de diversas fuentes, incluidos sensores, cámaras y datos históricos de incidentes, los algoritmos de IA pueden identificar posibles peligros de seguridad, predecir riesgos y proporcionar alertas en tiempo real a los miembros de la tripulación. Esto ayuda a prevenir accidentes, mejorar la respuesta a emergencias y garantizar la seguridad del personal y del buque.

**Apoyo a la toma de decisiones y planificación:** La IA puede ayudar en la toma de decisiones durante el ciclo de vida de un barco. Al analizar datos de múltiples fuentes, incluidos pronósticos meteorológicos, patrones de tráfico, precios del combustible y programas de mantenimiento, los algoritmos de IA pueden proporcionar información y recomendaciones para una toma de decisiones óptima. Esto ayuda a los operadores de buques, gerentes y miembros de la tripulación a tomar decisiones informadas relacionadas con las operaciones, el mantenimiento y la asignación de recursos.

**Desmantelamiento y reciclaje:** La IA puede ayudar en el desmantelamiento y reciclaje de buques mediante el análisis de datos históricos, composiciones de materiales y requisitos reglamentarios. Los algoritmos de IA pueden ayudar a identificar métodos óptimos de desmantelamiento, evaluar los impactos ambientales y optimizar el proceso de reciclaje. Esto contribuye a las prácticas sostenibles y al cumplimiento de las regulaciones.

La implementación de la IA en el ciclo de vida de un barco requiere integración de datos, algoritmos robustos y colaboración entre expertos en el dominio y especialistas en IA. Además, las consideraciones éticas, la privacidad de los datos y las medidas de ciberseguridad deben abordarse para garantizar el uso responsable y seguro de las tecnologías de IA.

#### 5.4 RESULTADO DE LA ENTREVISTA INFORMAL SOBRE EL EMPLEO DE LA IA A BORDO.

Mediante el envío de correos electrónicos con el texto del Anexo II, se realizó una entrevista informal a tres grupos de personal objetivo.

El primer correo se dirigió al personal que había desempeñado la función de Jefe de Máquinas de los buques Álvaro Bazán.

El segundo correo se dirigió al personal del empleo de Capitán de Corbeta con más de 3 años de antigüedad (son los que ya han realizado la especialidad de segundo tramo por lo que todos han estado destinados ya en la flota en destinos vinculados con la logística).

El tercer correo se dirigió al personal del Estado Mayor de la Armada del empleo Capitán de Fragata y superior, con mayor experiencia en los buques de la Armada.

Aunque la planificación inicial de la entrevista informal eran dos correos, uno preguntando ventajas e inconvenientes, y un segundo correo preguntando una ponderación de estos, por el amplio grupo de preguntas, más de 100 correos electrónicos, y el poco número de respuestas ( 20 correos) se ha realizado una selección de las respuestas, a modo de resumen.

VENTAJAS:



1. Identificación temprana de fallo o averías basados en el análisis de datos proporcionados por el sistema. Esta respuesta temprana genera a su vez un mayor de tiempo de uso efectivo de los equipos al no tener que estar parados durante la investigación de la avería y el tiempo de recepción de los repuestos.
2. Abaratamiento de costes al reaccionar de forma temprana y evitar así que las averías puedan afectar a otros equipos o sistemas.
3. Gestión más eficaz de los procesos administrativos, como por ejemplo la emisión de VAROPS como se indicaba.
4. Aumento de la seguridad del personal basado en el análisis de datos que pueden detectar un peligro potencial basado en el análisis de datos.

#### INCONVENIENTES:

1. Seguridad de la información. Al manejar información muy específica de sistemas se genera riesgos relativos a la privacidad y al manejo de esta.
2. Inversión económica de instalación y mantenimiento del software.
3. Depurar el software y sus algoritmos para que la herramienta sea eficaz. En este caso habrá que tener en cuenta que la gestión de la información recibida con datos incompletos podría conducir a adoptar líneas de acción que sean erróneas.
4. Inversión en adiestramiento de los operadores.

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES**

### 6.1 CONCLUSIONES EN PALABRAS.

Una vez redactados los capítulos anteriores, pretendo argumentar en las conclusiones que una herramienta de Inteligencia Artificial convenientemente insertada en los sistemas informáticos actuales podría evitar la tarea rutinaria que consume normalmente la primera hora de las reuniones de muchas unidades de la Armada.

Como hemos visto en el capítulo cuatro de la situación a bordo, la jornada laboral media de la dotación está alrededor de 11 a 15 horas diarias, ya que al periodo normal del trabajo hay que añadir una o dos guardias de tres y cuatro horas. Cualquier medida automática encaminada a procesar una tarea como es la de informe de averías, evitando la búsqueda del historial que ahora se realiza en la herramienta JALVAROP en ficheros formato pdf, así como la tarea de redacción del informe del anexo III, nos ahorrarían una media de 3 horas por avería. Si tenemos en cuenta el histórico de averías que afectaron a roda la escuadrilla (2500 partes de avería en 20 años, nos da una media de 125 averías que afectan a la operatividad por año, que, divididas entre 5 barcos, resultarían 25 averías por barco al año. Quizás dos horas averías al mes por barco pudiesen parecer pocas, pero además del trabajo a bordo, habría que contabilizar las horas dedicadas a estos partes en la cadena orgánica (la Flota) la cadena de Mando (Estado Mayor de la Armada) y la cadena logística (Jefatura de Apoyo Logístico).

### 6.2 RECOMENDACIONES/OPCIONES PARA LOS SUPERIORES.

La principal recomendación que se podría hacer para mejorar el sistema es sustituir la organiza actual representada en los Manuales de Aprovisionamiento 1 y 2, por una que implique menos procesado manual y aplique herramientas de IA como las vistas. El principal cambio se produciría a bordo, con el empleo de un chatbot con las bases de datos de las averías anteriores de las que actualmente ya se dispone en versión informática en la herramienta JALVAROP, que podría ser consultado en modo texto con

un buscador tipo ChatGPT o incluso con una herramienta Speech to Text que permitiría al operador hablar directamente con un sistema de micrófonos situados por todo el barco como ahora está el sistema de CCTV.

Además, con un sistema experto tipo machine learning situado en la JAL, se podrían tratar las averías de forma prácticamente automática al seguir siempre las mismas averías los mismos procesos, que aquí sería donde tendría sentido una herramienta de Predictive Analytics, ya que las averías suelen ser cíclicas.

### 6.3 LIMITACIONES DEL TRABAJO.

Dos grandes limitaciones han aparecido a lo largo del estudio. En primer lugar, la imposibilidad de proponer la principal herramienta software en la que había pensado para la automatización a bordo basada en el entorno de programación APPIAN. La amplitud de información disponible sobre IA en el mundo, así como los cuatro meses no a tiempo completo dedicados al estudio, me han impedido presentar el código, ya que, debido a mi especialidad en informática de sistemas, podría haber propuesto incluso el código para desarrollar la programación, pero por limitaciones de tiempo no ha podido ser.

La segunda limitación ha sido la imposibilidad de plasmar la propuesta en costes, tanto de instalación del software, como de hardware, como de entrenamiento de los sistemas y de ahorro en horas hombre. Además de los posibles plazos de implementación. Espero poder usar estas ideas con más tiempo en un futuro doctorado.

### 6.4 CONTINUACIONES FUTURAS DE ESTE TRABAJO.

Como ya he adelantado en el párrafo anterior, este estudio pretende ser la base de un futuro doctorado donde dar solución a las propuestas anteriores que no han podido ser llevadas a cabo básicamente por falta de tiempo.

Las propuestas de futuro son básicamente calcular plazos, costes, generar el código de alguna de las herramientas integrables en los futuros desarrollos de Armada, e incluso proponer su integración en el resto de los ejércitos, y del Ministerio de Defensa como una forma de homogeneizar procesos logísticos en los tres ejércitos y el órgano central mediante la IA.

Como hemos podido establecer a lo largo de la investigación, el gran número de herramientas y tipos de Inteligencia Artificial, unido a las necesidades de horas hombre de este tipo de buques, junto con la gran complejidad de los sistemas y la gran interdependencia de estos sistemas en el correcto funcionamiento del buque, justifican la necesidad de los nuevos sistemas al apoyo del mantenimiento correctivo. Otra cosa sería la planificación y el modo de implementación de estos. Probablemente estamos hablando de una solución dentro del medio-largo plazo y cuya mayor dificultad recaería en la implementación en unos sistemas ya funcionando, y no formando parte del diseño como podría ser en las futuras fragatas clase Bonifaz.

**ANEXO I. ENTREVISTA INFORMAL.**

TEXTO DE LA ENTREVISTA.

Soy el CC JM Moreira realizando la E2T de logística en el CESIA/UCM. Para la realización de mi Trabajo de Fin de Máster estoy analizando las posibilidades de utilizar algún software de inteligencia artificial en la realización de tareas de mantenimiento/logística en las F100.

Una de las tareas del TFM, es la realización de una entrevista informal.

Esta entrevista informal va a consistir en dos correos. El segundo correo va a ir en función de las respuestas que reciba de este primero.

Las preguntas para la entrevista son:

Qué ventajas cree que aportaría la utilización de un software de inteligencia artificial en las tareas de mantenimiento correctivo, por ejemplo, redacción y proceso de VAROPS.

¿Qué inconvenientes cree que aportaría ese software?

Muchas gracias.

Atte.

CC José Manuel Moreira Lemus.

EMA. Secretaria Particular 2AJEMA

609451625 (8625190)

913795190 (8225190)

**ANEXO II. FORMATO VAROP.**

FORMATO MENSAJE SACOMAR.

R 150523Z MAY 23 (FECHA DEL MENSAJE)

FM (NOMBRE BUQUE)

TO (DESTINATARIOS DE ACCION, NORMALMENTE CADENA ORGANICA, AJAL, ETC)

INFO (AUTORIDADES DE CONOCIMIENTO)

BT (CODIGOS PROPIOS)

CONFIDENCIAL (UNA VEZ CUBIERTO)

SIC (SON CODIGOS DE 3 LETRAS QUE DIRIGEN LOS MENSAJES SEGÚN SU TEMATICA)

00100 (NUMERO DEL MSJ PARA REFERENCIA)

MSGID/VAROP/00200// (NUMERO DE VAROP)

OPER/ (SITUACION OPERATIVA DEL BUQUE)

REF/A/ (DOCUMENTOS DE REFERENCIA)

EQUIPO/

REPUESTO/

AVERIA/

ACCIONES/

PERSONA AUTOR: REDACTOR DEL MENSAJE, TELEFONO.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- 2AJEMA. (2021). *Plan de Transformación Digital de la Armada 2022-2025*.
- Abalo, C. M. (2013). LAS COMUNICACIONES Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN LA ARMADA. *Revista General de Marina Julio 2013*.
- AJAL. (2018). *Instrucción por la que se desarrolla el concepto de Apoyo Logístico*.
- AJAL. (2018). *Instrucción sobre la Propuesta Inicial de Apoyo*.
- AJAL. (2020). *Manual de Aprovisionamiento de Primer Escalón de la Armada v5.0*.
- AJAL. (2021). *Norma por la que se desarrolla la organización de la Jefatura de Apoyo Logístico*.
- AJAL. (2021). *Norma por la que se desarrolla la organización de los arsenales*.
- AJAL. (2022). *Manual de Aprovisionamiento de Segundo Escalón de la Armada*.
- AJEMA. (2019). *Directiva de preparación, alistamiento y certificación de unidades y EEMM operativos*.
- AJEMA. (2021). *Desarrollo de la organización de la Armada*.
- ALFLOT. (2007). *Instrucción Permanente del ALFLOT Grados de eficacia operativa (GEO) de los buques*.
- CALDUCH CERVERA, 2. (s.f.).
- DGAM, M. (2020). *Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa*.
- DURÁN, J. D. (2021). MANTENIMIENTO INTELIGENTE EN LA ARMADA. En *Revista General de Marina Noviembre 2021*.
- Homero. (s.f.). *ILIADA*.
- JUAN DIAZ DEL RIO, F. P. (2022). PRESENTACION SOBRE EVOLUCION DE SISTEMAS CIS DE LA JAL.
- JUAN DIAZ DEL RIO, FEDERICO PEREZ DUEÑAS. (2022). *PROYECTOS CIS DE LA JAL*.
- LLul, R. (1305). *Ars magna*.
- Matt Calkins (Autor), N. W.-D. (2020). *HYPERAUTOMATION (English Edition) Versión Kindle*.
- McCulloch, W., & Pitts, W. (1943). A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity.
- Turing, A. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*.
- Weber, H. (2019). *Artificial Intelligence and Life Book*.
- Whitehead A.N., R. B. (1910). *Principia Mathematica*.