



## Cartografiando el Horizonte Tecnológico: Una Revisión de Literatura sobre Mantenimiento 5.0 en Sistemas Navales

Grupo de investigación en diseño y manufactura – Dima, Universidad Industrial de Santander.  
Carrera 27 Calle 9.

Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial -  
COTECMAR

E.mail: [fredy2204073@correo.uis.edu.co](mailto:fredy2204073@correo.uis.edu.co) - [jahir2182312@correo.uis.edu.co](mailto:jahir2182312@correo.uis.edu.co) - [pacuevel@uis.edu.co](mailto:pacuevel@uis.edu.co) -  
[epaipa@cotecmar.com](mailto:epaipa@cotecmar.com)

Bucaramanga – Colombia

### Resumen

El mantenimiento en la industria naval está pasando por un cambio mayormente impulsado por el desarrollo de nuevas tecnologías, hacia la modernización de la estrategia de mantenimiento [1], [2] y la posibilidad de su implementación en un mantenimiento predictivo, lo cual implica la adopción de las nuevas tecnologías en la Gestión de Activos 4.0, usando herramientas tales como los sensores IoT (Internet de las cosas) sensores inteligentes son chips electrónicos, inteligencia artificial y gemelos digitales, en este documento se busca plantear las bases para un mantenimiento innovador que mejore disponibilidad fiabilidad y la vida útil de los activos físicos de la industria naval en la industria actual 5.0.

### Introducción

La industria naval se encuentra enfrentando desafíos dada la necesidad operacional requerida por este sector, puesto que debe garantizar el 100% de disponibilidad y confiabilidad no solo de los navíos sino también del personal. Además, se enfrenta a cumplir con un nuevo requerimiento hacia la sostenibilidad para la gestión de sus activos. Este último reto, llega con la evolución tecnológica de la industria 5.0, llevando a la era del mantenimiento 5.0, el cual busca implementar herramientas como lo son la inteligencia artificial, sensores IoT y gemelos digitales mejorando así el análisis predictivo, puesto que usa sistemas cognitivos hacia la toma de

decisiones dados por la toma de datos en tiempo real, permitiendo alargar la vida útil de dichos activos y sus sistemas críticos, lo cual permite un consumo responsable de los recursos y por ende un mantenimiento sostenible.

Este artículo se enfoca la revisión del estado actual de mantenimiento y la revisión de las nuevas estrategia y tecnologías actuales de mantenimiento en el sector naval, haciendo eso de estas nuevas tecnologías como es el caso de los sensores IoT, con lo cual se busca crear técnicas de mantenimiento predictivo a prescriptivo que relacione directamente cada una de las operaciones navales con el mantenimiento 5.0. Por medio de los históricos de fallas, novedades y desafíos que vienen junto con la implementación de estas nuevas tecnologías. Este estudio ofrece una perspectiva completa para añadir estas herramientas en sistemas navales.

El presente artículo aborda los temas de mayor relevancia a tener en cuenta para el desarrollo del mantenimiento 5.0 en la industria naval, estos son (1) el mantenimiento en la industria naval (2) el mantenimiento 5.0 y las diferentes herramientas que los avances tecnológicos pueden ofrecer a la industria naval (3) almacenamientos de datos históricos que busca un mejor manejo de información haciendo uso de inteligencia artificial para el análisis de estos (4) planteamiento de estrategias que garanticen la seguridad de la data y (5) el uso de la



8º CONGRESO MUNDIAL  
DE MANTENIMIENTO Y  
GESTIÓN DE ACTIVOS



21 · 22 · 23  
MAYO · 2025

Centro de Convenciones  
Cartagena de Indias · Colombia



Federación Iberoamericana  
de Mantenimiento



22º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento  
27º Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

herramienta de gemelo digital para poder tener una mejor apreciación de los activos en cuestión, se plantea mostrar como el mantenimiento 5.0 no solo mejora la disponibilidad y confiabilidad, también logra suponer un mayor aprovechamiento de recursos.

## **1. Mantenimiento en la industria naval**

El mantenimiento en la industria naval es esencial para enfrentar las necesidades operacionales y para garantizar el ciclo de vida de los buques, dado que abarca diferentes tipos de acciones técnicas, de gestión y administrativas, las cuales tienen como objetivo principal garantizar la seguridad, la eficiencia operativa y aumentar la disponibilidad de los equipos, cumpliendo con las diferentes normativas.

La industria enfrenta retos bastante complejos debido a los altos costos de construcción y reparación. Asimismo, las condiciones de operación y los planes de mantenimiento que se diseñan deben basarse en las características de cada buque y adaptarse a estas, al mismo tiempo que cumplen con una serie de requisitos legales. El mantenimiento naval ha evolucionado desde los sistemas manuales al uso de sistemas digitales, como es el caso del *Management Operating System (AMOS)*, el primer *software* diseñado específicamente para la industria naval. Estas herramientas permiten gestionar de forma más eficiente los mantenimientos tanto planificados como correctivos, además de optimizar recursos [3]

### **1.1. Mantenimiento 5.0**

El Mantenimiento 5.0 se representa como una nueva era para la gestión de los activos. Esta transición, que se presentó de la Industria 4.0 a la Industria 5.0, trae algunos retos, como la interacción más directa de las personas con las

máquinas y avances tecnológicos. Sin embargo, permite procesos con mayor eficiencia y dirigidos a cada uno de los sectores según sus características específicas. Esto se logra mediante la implementación de tecnologías como los análisis de datos y sensores IoT, lo cual permite varias cosas, lo primero es con conectar los sensores adecuados para medir los parámetros de operación relevantes a los modos de falla, y a su vez estos deben configurarse para tomar la cantidad adecuada de datos que permitan un adecuado análisis, en principio hay que guardar información dada por los sensores y a su vez la información de las fallas, para generar un modelo predictivo, que luego se relaciona con inteligencia artificial, sistemas cognitivos, entre otros. Con esto nos queremos dar a entender que llegar a mantenimiento 5.0 debe pasarse por todos los procesos de mantenimiento ya conocidos, como el registro de tasas de fallo, mantenibilidad, disponibilidad, análisis de modos de fallo, confiabilidad, entre otros. Al integrar bien lo ya conocido en todas las generaciones de mantenimiento, con las tecnologías de la industria 4.0 y 5.0, es posible generar un mantenimiento prescriptivo, lo cual pueden detectar los inicios de falla predecir los fallos que van a ocurrir de una forma muy precisa, permitiendo actuar para frenar y corregir el desgaste de los activos y también evitando así mantenimientos correctivos que requieren un mayor gasto de recursos y pérdida de vida útil de los activos físicos (ver Figura 1).

La diferencia con el mantenimiento tradicional es que el Mantenimiento 5.0 está enfocado principalmente en ser sostenible, que según los objetivos de desarrollo sostenible ODS [4], implica que este debe reducir no solo los impactos ambientales, sino también los impactos en el bienestar y seguridad de personas que usan los equipos, el impacto en la económico y energético, que por ende es

umentar la eficiencia y, asimismo, priorizar la seguridad. Su objetivo principal es convertir el mantenimiento en un proceso proactivo que se adapte a los diferentes retos de la industria [5].

## 2. Sensores IoT

Un sensor IoT es un chip que está diseñado para recolectar datos físicos, los cuales pueden ser de una máquina o del entorno en el cual se encuentra, y compartirlos a través de internet con una plataforma que pueda controlar estos datos y, a su vez, analizarlos. Estos sensores tienen un papel decisivo en la recolección de datos y permiten que una magnitud de entrada, como la temperatura, humedad, presión, etc., se convierta en una señal que luego se puede medir e interpretar [6].

### 2.1 Sensores IoT en mantenimiento 5.0.

En el mantenimiento 5.0, es una prioridad hacer uso de las tecnologías avanzadas, como los sensores IoT y la inteligencia artificial (IA), las cuales trabajan de forma conjunta (ver Fig 1). Los sensores IoT se encargan de recopilar información en tiempo real de cada uno de los equipos y de los diferentes procesos industriales que se están monitoreando, mientras que la IA analiza esta información, permitiendo así tomar decisiones más precisas en menos tiempo [7].

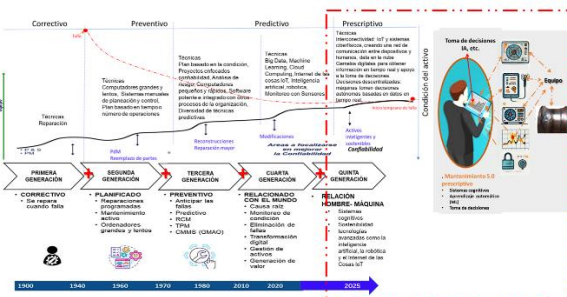


Fig1. Mantenimiento 5.0 [8], [9]

Para la recopilación de datos se tienen sensores Locales con IA en Embarcaciones, estos

Sensores para Monitoreo de Motores y Maquinaria, tales como acelerómetros triaxiales, sensores de temperatura, sensores de presión, sensores de nivel; sensores para monitoreo estructural y del casco, como son los sensores ultrasónicos, sensores de deformación y cámaras térmicas; también los sensores para monitoreo ambiental y de fluidos, como son los sensores de humedad y temperatura, sensores de calidad del agua y sensores de gas y humo (ver Fig 2).

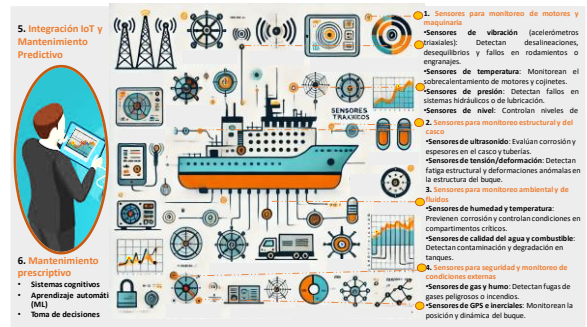


Fig 2. Mantenimiento 5.0 sensores IoT[3], [8], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18].

Este trabajo conjunto mejora significativamente el mantenimiento predictivo hasta uno prescriptivo, ya que permite anticipar fallos, optimizar procesos y aumentar el control de calidad. Además, estos sistemas tienen la capacidad de procesar localmente los datos que requieren privacidad, evitando así el riesgo de compartir esta información en la nube.

## 3. Almacenamiento de histórico de falla en la industria

Para toda industria es de vital importancia el almacenamiento de los datos de falla de sus activos puesto que recopilar dicha información ayuda a la toma oportuna de decisiones, la industria naval no es la excepción, la armada nacional (ARC) menciona en su doctrina naval



8º CONGRESO MUNDIAL  
DE MANTENIMIENTO Y  
GESTIÓN DE ACTIVOS



21 · 22 · 23  
MAYO · 2025  
Centro de Convenciones  
Cartagena de Indias · Colombia



22º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento  
27º Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

la gestión de la información en donde se aclara que tales datos se recopilan y analizan a través de un sistema que ahorra recursos y permite disponer de ser necesario de la información de manera rápida y veraz [19].

El almacenamiento de datos requiere un conocimiento alto de la máquina, que se debe en inicio cubrir con la taxonomía del equipo, el funcionamiento, histórico de fallos, modos y causas de fallas, indicadores, y todos los fundamentados en las normas generales como la ISO 13306 y la ISO 14226 [20] y las específicas de cada sector con respecto a mantenimiento. Esta información y su análisis es clave para tomar la decisión de la resolución que deben de tener los sensores y del número de datos a tomar en un determinado tiempo, además de la capacidad de los equipos o Workstation para almacenar los datos y que a su vez estos tengan la capacidad de correr los modelos de predicción con la data en tiempo real, pues esto permitirá predecir adecuadamente para llegar al mantenimiento 5.0. Estos requerimientos en muchos casos los que no se relacionan con la nueva tecnología y por ende los casos de éxito en los planes de mantenimiento basados en mantenimiento 5.0 nos pocos, ya que no se aplica de manera correcta los conceptos y las estrategias de mantenimiento ya establecidas, y se pretende que con las tecnologías 5.0 se logró confiabilidad total, lo cual no es correcto.

Otros problemas asociados es filtrar las señales, lo cual requiere un tiempo de análisis, lo cual implica realizar varias mediciones desde un activo nuevo hasta su retiro previo la falla o desgaste catastrófico, y encontrar las señales que se relacionan con el avance del fallo, puesto que en altamar hay demasiado ruido ambiental y vibraciones externas, alta humedad y salinidad pueden degradar los sensores más rápido o generar ruido en la toma de medidas,

por ende el conocimiento previo de las señales relacionadas con la falla en el tiempo es crucial.

### 3.1 Modelos que se pueden utilizar para analizar y predecir fallos en embarcaciones.

Según *Aeromarine* una vez creado el plan de mantenimiento es necesario poder hacerle seguimiento y control, el ya mencionado *Asset Management Operating System (AMOS)* cumple dicha función ya que las empresas del sector gestionan su mantenimiento planificado (PMS por sus siglas en inglés) bajo el estándar europeo EN-13306:2017 y dicho software se ha convertido en un sistema de gestión (CMMS) teniendo la información del stock, personal y compras, recogiendo y almacenando datos de procedimientos entre los que se encuentra el histórico de fallas.

AMOS funciona también como *software* de mantenimiento predictivo además de correctivo y bajo condición pues al permitir a la empresa el recolectar datos históricos de fallas y gestionar tal data predecir la causa y modo de falla de los equipos y elementos gracias a la experiencia adquirida también mencionan la capacidad de planificar nueva maquinaria.

Con base en los avances actuales en el análisis de datos de sensores IoT en embarcaciones, se utilizan diferentes modelos de inteligencia artificial (IA) y *Machine Learning (ML)* para mantenimiento predictivo, detección de anomalías y optimización del rendimiento.

En primer lugar, están los modelos de mantenimiento predictivo ya usados para detectar fallas antes de que ocurran, reduciendo tiempos de inactividad, son los dados por *Machine Learning* Supervisado, Regresión Lineal y Polinómica para predecir el desgaste de componentes basándose en datos históricos, *Random Forest* y *Gradient Boosting (XGBoost)*,



8º CONGRESO MUNDIAL  
DE MANTENIMIENTO Y  
GESTIÓN DE ACTIVOS



21 · 22 · 23  
MAYO · 2025  
Centro de Convenciones  
Cartagena de Indias · Colombia



22º Congreso Iberoamericano de Mantenimiento

27º Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

*LightGBM*), este último permite analizar múltiples variables como temperatura, vibración, y presión para predecir fallas, y por último modelos basados en Redes Neuronales Recurrentes (RNN, LSTM), los cuales se utilizan para series temporales, detectando patrones en datos de sensores a lo largo del tiempo muy aplicado para la predicción de desgaste de motores y sistemas hidráulicos. Estos modelos tienen una gran limitación y es que se requieren grandes volúmenes de datos históricos para entrenarse correctamente, y esa es una de las falencias actuales no se recogen y si se recogen no están adecuadamente recolectados por los filtros usados por desconocimiento tanto del instrumento como de la técnica y del funcionamiento del equipo con y sin anomalías.

Están también, los modelos de detección de anomalías en sensores, para identificar fallos inusuales en la maquinaria o sistemas estructurales, estos incluyen los autoencoders (Redes Neuronales No Supervisadas), que aprenden el comportamiento normal de un sistema y detectan anomalías cuando los datos no coinciden con lo esperado. Otro sensor es el *Isolation Forest* y *One-Class SVM*, que contiene algoritmos diseñados para detectar valores atípicos en conjuntos de datos de sensores, de gran utilidad a la hora de la detección de corrosión, fallas mecánicas y filtraciones.

Otros Modelos usados son los de visión artificial para Inspección Estructural, muy utilizados no solo en embarcaciones sino en otras industrias, ya que usan drones y cámaras térmicas para analizar el casco, tuberías y motores, estos se basan en Redes Neuronales Convolucionales (*CNN*, *ResNet*, *EfficientNet*) que analizan imágenes térmicas e inspecciones visuales para detectar grietas, corrosión o fugas.

Y también Modelos Basados en *YOLO* o *Faster R-CNN*, que detectan objetos y daños en imágenes en tiempo real. Pero tiene limitaciones ya que se requiere un hardware potente (*NVIDIA Jetson*, servidores con *GPUs*, y buena iluminación, buen ángulo de captura pueden afectar la precisión de detección.

### 3.2 Implementación de IA para el análisis de los datos históricos de falla para tomar acciones de mantenimiento.

Cuando se habla de inteligencia artificial (IA) en la predicción de fallos en maquinaria se refiere al uso de algoritmos de aprendizaje automático y técnicas avanzadas de análisis de datos que anticipan cuando un equipo o elemento de este está a punto de fallar. El enfoque de las IA en el mantenimiento 5.0 es de tipo predictivo en lugar de correctivo optimizando así los recursos y mejorando eficiencia operativa.

En la actualidad el mantenimiento predictivo gracias a ciertas normativas como la ISO13373 [21], establecen requisitos para el software de gestión de datos de mantenimiento, permitiendo así la posibilidad de implementación efectiva de la IA. Brindando múltiples beneficios tales como reducción de costos, mejora en la seguridad y mejora en la eficiencia operativa. Esto debido a la rapidez de recopilación de datos y respuesta técnica, pues la IA se encarga de recabar en la data obtenida con anterioridad para de esta forma predecir un futuro fallo, así mismo esta presenta una gran adaptabilidad con los sensores IoT manteniendo de manera constante un monitoreo en todas las áreas necesarias de la industria [22].

Fundamentalmente para la implementación de IA en mantenimiento naval hay que entender que esta depende del tipo de IA y su propósito.

Puesto que, hay IA en la Nube (Requiere Internet) e IA Local (No Necesita Internet) (ver Figura 3), en nube se usan Modelos como *ChatGPT*, *Deepsek*, *Google Bard* o asistentes virtuales que dependen de servidores en la nube para procesar datos y responder en tiempo real. También se usan aplicaciones de IoT con IA (como mantenimiento predictivo en barcos) usan Internet para enviar datos a servidores y analizarlos en tiempo real. Los datos en la nube tienen una gran ventaja, ya que, se puede tener acceso a grandes volúmenes de datos y potencia de procesamiento. Con respecto, a IA Local, la ventaja es que no se necesita Internet, algunos modelos de IA pueden ejecutarse en dispositivos locales como PC, embarcaciones y robots, que no requieren conexión, usando hardware como GPUs o TPUs, un ejemplo son los algoritmos de visión artificial en drones o sensores en barcos pueden trabajar sin Internet, analizando datos en tiempo real. Esta es una herramienta que permite una mayor privacidad y velocidad de respuesta. Para el mantenimiento naval con IoT, normalmente se usa una combinación: sensores locales con IA básica y conexión a la nube para análisis más avanzados.

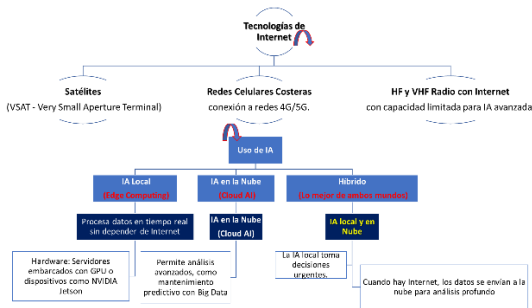


Fig 3. Implementación de IA en altamar tecnologías y uso.

En embarcaciones y buques, el análisis y almacenamiento de datos para mantenimiento predictivo con IA requieren hardware

especializado, con ciertas limitaciones debido a las condiciones marítimas (ver Fig 4).

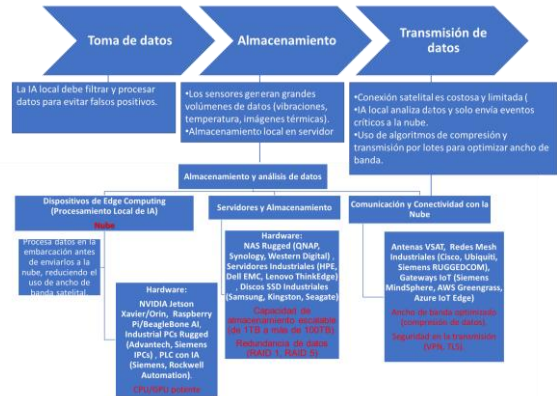


Fig 4. Recursos para implementación de IA en mantenimiento 5.0

Las limitaciones para implementar pueden deberse a equipos y maquinaria en donde la tecnología de estos es menor a la 4.0, y es difícil realizar una instrumentación compatible.

#### 4. Estrategias de seguridad para la data

En la industria naval todos los datos son de extrema importancia y más si se tratan de datos que se relacionen con la seguridad nacional como es el caso de COTECMAR trabajando para la armada nacional de Colombia sea en desarrollo o mantenimiento de activos, dicha empresa maneja una política de seguridad de la información muy exigente, pues bajo supervisión de la oficina TIC (Tecnologías de la información y comunicación) se encarga de prevenir cualquier filtración o daño en la red de información, contando con softwares que detectan y atacan los malware. También se recalca la estricta conducta que deben seguir los funcionarios pues se busca prevenir cualquier mínima filtración de información [23]

El mantenimiento 5.0 busca implementar múltiples herramientas tecnológicas, tales como

las IA, algunas de estas deben tener acceso a internet por ello la importancia de la implementación de medidas y software de seguridad evitando así cualquier infiltración de la data.

La integración de inteligencia artificial (IA) en el mantenimiento naval mejora la detección de fallas, optimiza la disponibilidad de activos y reduce costos operativos. Sin embargo, también introduce nuevos riesgos de seguridad cibernética que deben abordarse por ende en la figura 5 es esquemática en donde se mencionan los esquemas de seguridad actuales al implementar en el mantenimiento 5.0 en embarcaciones.

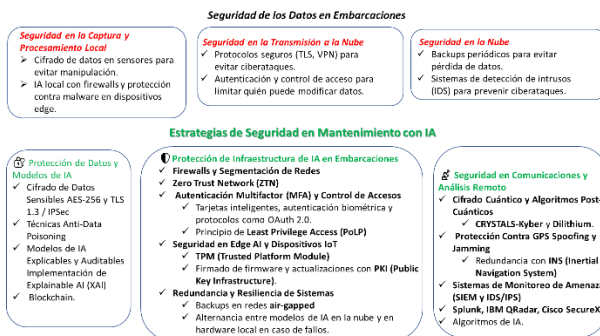


Fig 5. Seguridad para mantenimiento 5.0 en embarcaciones

## 5. Gemelo digital

La tecnología actual permite acercarse de manera increíble a una a la realidad, en este caso específico el gemelo digital logra representa una versión virtual de un objeto o sistema físico replicando así su funcionamiento y las posibles reacciones de este activo frente a diferentes situaciones [24].

El aumento de poder computacional le da a la industria astillero, la capacidad de aprovechar grandes cantidades de información (Big data). EFTEA afirma “las embarcaciones serán construidas inclusive con gemelo digital,

tecnología *big data*, sistemas de ciberseguridad y piezas fabricadas con impresora 3d” [25].

En la Fig 6. Se puede apreciar un resumen de esta tecnología su definición, ventajas, aplicación y conclusiones respectivas para su uso en mantenimiento, ya que ha sido usado para el diseño [11].



Fig 6. Gemelos digitales en mantenimiento 5.0

## Conclusiones

El mantenimiento en la industria naval ha evolucionado hacia un modelo predictivo hacia prescriptivo, que plantea implementar todo tipo de tecnologías a su alcance, tales como los sensores IoT, inteligencia artificial y gemelos digitales, enfocándose en la mejora de la disponibilidad, confiabilidad, sostenibilidad y vida útil de los activos físicos mantenibles de la industria.

Evolución del mantenimiento naval: la industria naval da un paso del mantenimiento 4.0 a 5.0 implementando nuevas tecnologías en miras a un futuro en donde la eficacia sea la base del mantenimiento.

La importancia de los sensores IoT: queda en evidencia como estos dispositivos permiten recopilar datos en tiempo real y previendo fallos



optimizando así en análisis de dicha data y dando paso a una intervención oportuna.

Importancia del histórico de falla en el mantenimiento 5.0: cuando se tiene data que muestra fallos que sucedieron anteriormente y la manera en que se abordaron se tiene una oportunidad con la IA para disminuir el tiempo de respuesta optimizando recursos.

Seguridad de la información: el mantenimiento y sus datos históricos son de vital importancia para la industria y más cuando esta es del sector defensa nacional por esto la extrema protección de dicha data.

Aplicación del gemelo digital: esta tecnología permite simular diferentes situaciones aplicadas en un activo de la industria, optimizando recursos y facilitando dichas tareas.

Todo lo anterior carece de buen funcionamiento sino se realizan los pasos correctos de mantenimiento convencional.

El mantenimiento con IA en embarcaciones militares aumenta la eficiencia, pero requiere protección avanzada. La combinación de cifrado, *Zero Trust*, *Blockchain*, autenticación multifactor y monitoreo en tiempo real es clave para evitar ataques, por ende, es una gran limitación a la hora de su implementación que requiere adquirir habilidades y experticia no solo para instrumentar los equipos y/o activos, sino también para entrenar esta tecnología. Es fundamental tanto para mantenimiento como para la seguridad seguir las normativas ya establecidas y que están vigentes, en el caso de las normativas y *compliance* en Seguridad Militar, son de cumplimiento la NIST 800-171, ISO/IEC 27001 y STANAG (OTAN) para protección de datos y la implementación de

*Cyber Kill Chain* para prevención y detección de ataques.

## Bibliografía

- [1] FARFÁN GÓMEZ R, “EVOLUCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO DE LA ARMADA DE COLOMBIA,” in *Congreso de Mantenimiento & Confiabilidad Colombia*, Armada Nacional, Ed., Jul. 2024. [Online]. Available: <https://cmc-latam.com/session/mantenimiento-de-la-armada-nacional/>
- [2] Straits Research, “Naval Vessel Maintenance, Repair, and Overhaul (MRO) Market Analysis, Trends to 2031,” Mar. 2023, Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://straitsresearch.com/report/naval-vessel-maintenance-repair-and-overhaul-market>
- [3] C. González and Aeromarine, “Gestión del mantenimiento\_ caso de éxito en el sector naval – Software GMAO.” Accessed: Jan. 16, 2025. [Online]. Available: <https://software.aeromarine.es/gestion-del-mantenimiento-caso-de-exito-en-el-sector-naval/>
- [4] ONU, “Objetivos de Desarrollo Sostenible Manual de referencia Sindical sobre la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.” Accessed: Jan. 29, 2025. [Online]. Available: <https://www.pactomundial.org/noticia/agenda-2030-de-la-onu-hacia-donde-vamos/>
- [5] Fractal, “El Mantenimiento 5.0 y la era del mantenimiento inteligente.” [Online]. Available: <https://www.fractal.com/es/blog/mantenimiento-5.0>





- [6] Alfaiot and Webmaster, “Sensores IoT populares: Tipos y funciones.” [Online]. Available: <https://alfaiot.com/iot/sensores-iot-populares-tipos-y-funciones/>
- [7] S. Pal, “Artificial Intelligence-Based IoT-Edge Environment for Industry 5.0,” 2024, pp. 111–148. doi: 10.1007/978-3-031-58388-9\_4.
- [8] Fracttal, “El Mantenimiento 5.0 y la era del mantenimiento inteligente.” [Online]. Available: <https://www.fracttal.com/es/blog/mantenimiento-5.0>
- [9] S. Pal, “Artificial Intelligence-Based IoT-Edge Environment for Industry 5.0,” 2024, pp. 111–148. doi: 10.1007/978-3-031-58388-9\_4.
- [10] ITCL Centro Tecnológico, “Industria 5.0 - ITCL.” Accessed: Jan. 29, 2025. [Online]. Available: <https://itcl.es/ambitos/industria-5-0/>
- [11] J. Liu *et al.*, “Digital twins enable shipbuilding,” Nov. 01, 2024, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.aej.2024.09.007.
- [12] “Cómo monitorear y mantener la integridad estructural.” [Online]. Available: <https://es.linkedin.com/advice/1/what-most-effective-methods-monitoring-maintaining-6k2jc?lang=es>
- [13] Norma Española UNE-EN, *Mantenimiento Terminología del mantenimiento UNE-EN\_13306=2018*. 2018.
- [14] Tractian, “Indicadores de mantenimiento.”
- [15] Gonzalo Suarez y Suarez, *Evolución del mantenimiento industrial*, (2024). Accessed: Jan. 26, 2025. [Online Video]. Available: [https://www.linkedin.com/posts/gonzalosys\\_mantenimiento-industrial-activity-](https://www.linkedin.com/posts/gonzalosys_mantenimiento-industrial-activity-7073024744693899264-lyEY/?originalSubdomain=es)
- [16] F. Ballesteros Robles, “La estrategia predictiva en el mantenimiento industrial,” *Ingeniería y gestión de mantenimiento*, vol. 15, no. 78, pp. 40–45, 2017, [Online]. Available: <http://www.preditec.com/rep/80fb/pdf/575902/21/la-estrategia-predictiva-en-el-mantenimiento-industrial-2017---pdf-26-mb?d=1#:~:text=Cuando la consecuencia de una,fallos durante los periodos productivos.&text=Cuando se pueden definir indicadores,seguimient>
- [17] P. Albarracín, “Diplomado en Mantenimiento de Plantas Cementeras - ARGOS,” Jun. 2010.
- [18] TRACTIAN, “El mantenimiento en la industria 4.0: el rol del software de gestión.” [Online]. Available: <https://tractian.com/es/blog/mantenimiento-industria-4-rol-software-gestion>
- [19] “ARMADA NACIONAL REPÚBLICA DE COLOMBIA FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA ARMADA NACIONAL DOCTRINA DE MATERIAL NAVAL TOMO III MANTENIMIENTO,” 2014.
- [20] British Standards Institution, *BS EN ISO 14224:2016 : petroleum, petrochemical and natural gas industries -- collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment*. British Standards Institution, 2016.
- [21] “Condition monitoring and diagnostics of machines-Vibration condition monitoring-Part 3: Guidelines for vibration diagnosis(E) ii COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT,” 2015. [Online]. Available: [www.iso.org/TeHSTANDARDPREVIEW](http://www.iso.org/TeHSTANDARDPREVIEW)
- [22] ticus technology magazine, “Cómo la Inteligencia Artificial Revoluciona la



- Predicción de Fallos en Maquinaria: Beneficios y Aplicaciones.” Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://ticnus.com/noticias/inteligencia-artificial/como-la-inteligencia-artificial-revoluciona-la-prediccion-de-fallos-en-maquinaria-beneficios-y-aplicaciones/>
- [23] “Continuación D.P. No. 0 4 3 PCTMAR-OFTIC-Políticas de Seguridad de la Información para COTECMAR.” Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.cotecmar.com/politica-seguridad-de-la-informacion>
- [24] Alfredo Rodríguez, “¿Qué son los gemelos digitales? | Definición y aplicaciones,” Mundo Ingenieril.
- [25] FERNANDO ROSERO BATALLA, “La utilidad de la Inteligencia Artificial en Sector Naval.” Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.escueladeformacionastillera.net/la-utilidad-de-la-inteligencia-artificial-en-el-sector-naval/>

### Hoja de Vida

Paula Cuervo Velásquez, PhD. más de 10 años de experiencia en la supervisión y ejecución de proyectos investigación aplicada en mantenimiento y tribología, para la resolución de problemas industriales, tanto a nivel nacional como internacional, las instituciones con las que he colaborado son Universidad Nacional de Colombia, Metro de Medellín, Procopal, Instituto de Investigación y Capacitación del Plástico y del Caucho–ICIPC, (Colombia); Universidad de Sheffield, RAEng (Reino Unido); Instituto Politécnico Nacional (México); Universidad de São Paulo, Amsted Masion-VALE, Universidad Federal de Tecnología–UTFPR (Brasil); EURECA (España), entre otras.

Fredy Acevedo, Ing. Mecánico (finalizando estudios) conocimientos especializados en mantenimiento, miembro activo del grupo de investigación en diseño y manufactura – Dima, donde participo en proyectos relacionados con la mejora de procesos técnicos. Además, formo parte del semillero de mantenimiento enfocado en aplicaciones industriales de la naval.

Jahir Garavito, ingeniero mecánico en formación de quinto nivel, participante del semillero de investigación de mantenimiento, con énfasis en el *mantenimiento 5.0* en sector naval también participante del semillero de energías renovables de la escuela de ingeniería mecánica UIS, miembro del equipo *Biofuels in colombia*, participando de la ponencia en el U24 fest con el artículo “Biofuels in colombia: challenges and opportunities” también siendo coautor del artículo *Mecanismo para un vehículo de tracción humana*.

- Nombre del autor: Paula Cuervo
  - Celular: +57 3042913381
  - Residencia: Bucaramanga
  - E. mail: [pacuevel@uis.edu.co](mailto:pacuevel@uis.edu.co)
  - País: Colombia
- Nombre del autor: Edwin Paipa
  - Celular: +57 3214519665
  - Residencia: Cartagena
  - E. Mail: [epaipa@cotecmar.com](mailto:epaipa@cotecmar.com)
  - País: Colombia
- Nombre del autor: Fredy Acevedo
  - Celular: +57 3107898115
  - Residencia: Bucaramanga
  - E. mail: [fredy2204073@correo.uis.edu.co](mailto:fredy2204073@correo.uis.edu.co)
  - País: Colombia



8° CONGRESO MUNDIAL  
DE MANTENIMIENTO Y  
GESTIÓN DE ACTIVOS



21 · 22 · 23  
MAYO · 2025  
Centro de Convenciones  
Cartagena de Indias · Colombia



 22° Congreso Iberoamericano de Mantenimiento  
 27° Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos - CIMGA

4. Nombre del autor: Jahir Garavito
- a. Celular: +57 3184009738
  - b. Residencia: Floridablanca
  - c. E. mail:  
[jahir2182312@correo.uis.edu.co](mailto:jahir2182312@correo.uis.edu.co)
  - d. País: Colombia