OODA 5.0: Integración de Inteligencia Artificial para la Superioridad Decisional en Operaciones Submarinas

OODA 5.0: Integrating Artificial Intelligence for Decision Superiority in Submarine Operations

Capitán de Corbeta Franco Calonge Flores. Se graduó como Alférez de Fragata de la Escuela Naval del Perú en diciembre del 2009. Se calificó en Submarinos en el año 2012 y en Inteligencia en el año 2015. Licenciado en Ciencias Marítimas Navales por la Escuela Naval del Perú en el año 2009 y Bachiller en Ingeniería Industrial con mención logística por la Universidad de Piura. Siguió el Curso de Especialización Tópicos de Ciencias Sociales y Humanidades en la Pontificia Universidad Católica del Perú en el año 2015 - 2016. Realizó los cursos de Básico de Estado Mayor en el año 2020 y el Curso de Estado Mayor Conjunto en el año 2023. Actualmente se desempeña como el Jefe de la Comisión de Gestión para el Recorrido y Modernización del B.A.P. *Antofagasta*.

Resumen: En los últimos años, la discusión sobre la inteligencia artificial ha trascendido el ámbito académico y alcanzado también el pensamiento militar. En este contexto, el presente artículo analiza cómo la incorporación progresiva de IA en los sistemas de combate submarino podría transformar la dinámica del ciclo OODA (Observar, Orientar, Decidir y Actuar), núcleo doctrinario de la guerra moderna. La aceleración de este proceso decisional mediante algoritmos de aprendizaje automático, visión computacional y análisis predictivo ha permitido a los comandantes submarinos optimizar la conciencia situacional y reducir el tiempo entre la detección de una amenaza y la ejecución de una acción táctica. A partir del estudio de sistemas actuales como el *AN/BYG-1 Tactical Control System* de la Armada de los Estados Unidos y los programas europeos de IA embarcada, se examina cómo la autonomía cognitiva y el procesamiento de datos en tiempo real están redefiniendo la superioridad decisional bajo el mar. Finalmente, se plantea la hipótesis de un ciclo OODA 5.0, caracterizado por la colaboración humano-máquina y la toma de decisiones asistida por inteligencia artificial.

Palabras clave: ciclo OODA, inteligencia artificial, guerra submarina, superioridad decisional, sistemas tácticos inteligentes.

Abstract: *This article examines how the integration of Artificial Intelligence (AI) into submarine combat systems is transforming the dynamics of the OODA loop (Observe, Orient, Decide, and Act), a doctrinal core of modern warfare.*

The acceleration of this decision-making process through machine learning algorithms, computer vision, and predictive analytics enables submarine commanders to enhance situational awareness and reduce the time between threat detection and tactical action. Drawing on current systems such as the U.S. Navy's AN/BYG-1 Tactical Control System and European AI-enabled programs, the study analyzes how cognitive autonomy and real-time data processing are redefining decision superiority underwater. The paper finally proposes the hypothesis of an "OODA 5.0" cycle, characterized by human-machine collaboration and AI-assisted decision-making, which may become a decisive factor in future undersea operations.

Keywords: *OODA loop; Artificial Intelligence; submarine warfare; decision superiority; intelligent tactical systems.*

Introducción

Desde su formulación por el coronel John Boyd, el ciclo OODA ha sido un marco esencial para comprender la velocidad y efectividad de los procesos decisionales en entornos de combate. En el dominio submarino, donde la información es limitada, el entorno es hostil y los tiempos de reacción son críticos; la capacidad de acortar este ciclo define la diferencia entre la supervivencia y la detección. Tradicionalmente, la efectividad del comandante dependía de su entrenamiento, experiencia y la calidad de los sensores a bordo. Sin embargo, el advenimiento de la inteligencia artificial (IA) ha introducido una nueva variable en el arte de la guerra submarina: la posibilidad de una conciencia situacional aumentada, capaz de procesar millones de datos acústicos, térmicos y electromagnéticos en segundos.

El concepto que aquí se propone, denominado OODA 5.0, busca describir una evolución del ciclo original en un entorno donde la IA deja de ser un mero apoyo técnico para convertirse en un instrumento de análisis, simulación y predicción de escenarios, siempre bajo la supervisión y el criterio del comandante humano.

Diversas marinas del mundo han iniciado la integración de módulos de inteligencia artificial en sus sistemas de combate submarino. La Armada de los Estados Unidos, por ejemplo, ha incorporado en el sistema *AN/BYG-1* capacidades de *machine learning* para el reconocimiento acústico automatizado, mientras que programas europeos como el *Ocean AI* de la OTAN buscan dotar a las plataformas sumergibles de autonomía cognitiva en entornos de alta densidad informativa. En Asia, Japón y Corea del Sur

han comenzado a desarrollar algoritmos que permiten priorizar amenazas múltiples en tiempo real, aliviando la carga cognitiva del comandante.

El análisis que sigue examina cómo estas aplicaciones tecnológicas no solo acortan los tiempos de observación y orientación, sino que transforman la naturaleza misma de la decisión táctica submarina. De este modo, el ciclo OODA 5.0 se convierte en una arquitectura de decisión distribuida donde el ser humano y la máquina cooperan en un mismo espacio cognitivo.

Discusión

1. Observar: sensores inteligentes y percepción aumentada

La fase de observación en el entorno submarino ha sido tradicionalmente el punto más crítico del ciclo OODA, debido a la naturaleza opaca del medio acuático. La IA ha permitido superar las limitaciones humanas en la interpretación de señales acústicas débiles o ambiguas mediante sistemas de *machine learning* entrenados con millones de patrones de ruido y firma sonora. Un ejemplo destacado es el sistema AN/BYG-1 de los submarinos clase *Virginia* de la Armada de los Estados Unidos, que incorpora módulos de aprendizaje automático para reconocer y clasificar firmas acústicas en tiempo real, reduciendo significativamente el tiempo de identificación de contactos potenciales.[1] De modo similar, la Marina Francesa ha desarrollado el proyecto *SMX AI Fusion*, que integra visión computacional submarina, procesamiento de sonar multicanal y algoritmos de detección de anomalías para anticipar la presencia de objetos no identificados en el entorno táctico.[2]

Esta nueva generación de sensores inteligentes amplía la capacidad humana de observación, creando una percepción aumentada del entorno, donde los datos acústicos, térmicos y electromagnéticos se combinan para ofrecer una imagen operativa unificada del teatro submarino.

2. Orientar: fusión de datos y modelado cognitivo

Una vez recopilada la información, la fase de orientación busca transformar los datos en comprensión situacional. Aquí la IA desempeña un papel esencial al integrar diversas fuentes —hidroacústicas, inerciales, electromagnéticas y geoespaciales— en un solo marco cognitivo. El sistema BlueWhale AI de la empresa noruega Kongsberg, empleado en vehículos submarinos autónomos, aplica técnicas de *deep learning* para

1 U.S. Navy. *AN/BYG-1 Tactical Control System Overview*. Naval Sea Systems Command, 2023.
2 Direction Générale de l'Armement (DGA). *Projet SMX AI Fusion*. París, 2024.

correlacionar información de sensores y construir modelos de probabilidad sobre la posición y el comportamiento de contactos enemigos.[3] Asimismo, programas de investigación de la OTAN *Centre for Maritime Research and Experimentation* (CMRE) han desarrollado algoritmos de "razonamiento bayesiano" para simular la incertidumbre táctica, permitiendo al comandante ajustar su orientación mental de acuerdo con escenarios dinámicos.[4]

Este proceso cognitivo asistido por IA da lugar a lo que se conoce como conciencia situacional adaptativa, donde el sistema no solo representa la realidad observada, sino que proyecta posibles evoluciones del entorno en función de las intenciones estimadas del adversario.

3. Decidir: inteligencia predictiva y apoyo táctico

La fase de decisión continúa siendo el núcleo del ciclo OODA. En los escenarios donde ya se han realizado pruebas con sistemas de IA embarcada, esta tecnología actúa como un asistente cognitivo del comandante, complementando su juicio sin sustituirlo. Los sistemas actuales de apoyo a la decisión táctica permiten evaluar múltiples cursos de acción (COA) mediante simulaciones en segundos, analizando variables como profundidad, ruido radiado, condiciones hidrológicas y rutas evasivas.

Un ejemplo notable es el sistema TACTICOS AI Module, empleado por la Armada de los Países Bajos, que utiliza modelos predictivos para recomendar maniobras o patrones de fuego en escenarios de combate antisubmarino.[5]

En el caso asiático, Corea del Sur ha implementado el K-SUS AI Tactical Engine, una arquitectura de recomendación táctica embarcada en sus submarinos clase *Dosan Ahn Chang-ho*, capaz de comparar escenarios históricos y sugerir acciones óptimas en menos de dos segundos.[6]

La decisión humana se mantiene como elemento central, pero la IA redefine su naturaleza: ya no se trata de escoger entre opciones generadas por la experiencia, sino de evaluar recomendaciones probabilísticas provenientes de un sistema inteligente que aprende del entorno operativo.

4. Actuar: automatización táctica y ejecución autónoma

En la fase de acción, la IA se traduce en velocidad operacional. Los sistemas

---

3 Kongsberg Defence & Aerospace. *BlueWhale AI Submarine Integration Report*, Oslo, 2023.
4 NATO CMRE. *AI-Enabled Decision Support for Undersea Warfare*, La Spezia, 2022.
5 Thales Group. *TACTICOS Next-Generation Combat Management System*, La Haya, 2024.
6 Republic of Korea Navy. *AI Tactical Engine Development Report*, Seúl, 2024.

modernos permiten que los submarinos ejecuten maniobras evasivas, contramedidas o despliegue de drones submarinos (UUV) de manera semiautónoma.

El proyecto *Ocean* AI de la OTAN busca precisamente esa integración: combinar IA de control de misión con autonomía distribuida entre plataformas, para que cada unidad pueda actuar sin necesidad de órdenes directas del comandante, siempre dentro de los límites doctrinarios establecidos.[7]

Por su parte, la Armada Británica, en colaboración con BAE Systems, ha probado el sistema *ARCADIA*, que ejecuta maniobras evasivas automáticas frente a torpedos guiados, reduciendo en un 60 % el tiempo de reacción comparado con la intervención humana exclusiva.[8]

La consecuencia de este nivel de automatización es un ciclo OODA comprimido, donde las fases de orientación, decisión y acción se retroalimentan en segundos, incrementando exponencialmente la velocidad de respuesta táctica.

5. Hacia el OODA 5.0

La convergencia entre la inteligencia artificial y el pensamiento táctico naval da origen al concepto de OODA 5.0, un ciclo donde el ser humano no es reemplazado, sino ampliado por la máquina. El comandante ya no actúa solo sobre la base de su intuición o experiencia, sino que interactúa con un sistema que "razona" junto a él, ofreciendo hipótesis, predicciones y validaciones instantáneas.

Esta interacción hombre–máquina abre la posibilidad de un nuevo enfoque sobre la superioridad decisional. Más que depender del poder de fuego o del sigilo acústico, la ventaja futura podría residir en la rapidez con que una dotación comprenda la situación y actúe de forma coherente con la misión y las reglas de enfrentamiento.

7 NATO Allied Maritime Command. *Ocean AI Initiative*, Bruselas, 2023.
8 BAE Systems. *ARCADIA Autonomous Reaction System Trials*, Portsmouth, 2023.

Tabla 1
Comparativo de capacidades de IA por sistema

SISTEMA	FASE OODA IMPACTADA	CAPACIDADES IA CLAVE	TIPO DE PLATAFORMA	MADUREZ	BENEFICIO ESTIMADO	RIESGOS/LIMITACIONES
AN/BYG-1 (EE. UU.)	Observar / Orientar	Clasificación de firmas; priorización de contactos; filtrado inteligente de ruido	SSN/SSGN (CMS)	Operativo	Menor tiempo de identificación de contactos	Sesgos de modelo; necesidad de datasets actualizados
SMX AI Fusion (Francia)	Observar	Fusión sonar multicanal; detección de anomalías; visión subacuática	SSK/SSN (I+D)	Piloto/ ensayos	Mejor detección de objetos débiles	Degradación con condiciones hidrológicas complejas
BlueWhale AI (Kongsberg)	Orientar	Deep learning para fusión; mapas probabilísticos; seguimiento multiobjetivo	UUV/SSK	Operativo limitado	Orientación más estable en alta incertidumbre	Dependencia de telemetría y sincronización de sensores
Ocean AI (OTAN)	Actuar / Orientar	Autonomía distribuida; coordinación multi-plataforma; control de misión	UUV/USV/ Submarino	Programa activo	Reducción de latencia en misiones coordinadas	Interoperabilidad y ciberseguridad
TACTICOS + IA (Países Bajos)	Decidir	Recomendación de COA; evaluación de riesgos; priorización de amenazas	CMS superficial/ submarino	Operativo	Decisiones en segundos con COA comparados	Explicabilidad del modelo y aceptación del operador
K-SUS AI Tactical Engine (ROKN)	Decidir	Comparación con librerías históricas; simulación rápida de escenarios	SSK (Dosan Ahn Chang-ho)	Despliegue inicial	Sugerencias <2 s	Datos de entrenamiento sensibles; actualización continua
ARCADIA (BAE/UK)	Actuar	Ejecución evasiva semiautónoma; selección de contramedidas	SSN (UK)	Ensayos de mar	−~60% tiempo de reacción reportado	Comportamientos no deseados ante sensores engañados

Nota. Elaboración propia a partir de fuentes abiertas y documentos institucionales de la U.S. Navy (2023), DGA Francia (2024), Kongsberg (2023), OTAN (2023), Thales Group (2024), ROK Navy (2024) y BAE Systems (2023).

En el caso de la Marina de Guerra del Perú, el seguimiento y análisis de estas tendencias internacionales resulta esencial para comprender cómo la revolución tecnológica global impactará en las futuras modernizaciones de nuestros sistemas.

6. Implicancias doctrinarias, éticas y estratégicas del OODA 5.0

La aceleración del ciclo OODA mediante inteligencia artificial no representa únicamente un avance tecnológico, sino una transformación doctrinaria profunda. La velocidad decisional deja de ser una consecuencia del entrenamiento o la intuición del comandante para convertirse en una capacidad institucional dependiente de la calidad de los algoritmos, la estructura de los datos y la integración de sistemas de mando y control.

Desde una perspectiva estratégica, la IA tiende a desplazar el foco del enfrentamiento hacia el dominio de la información y el tiempo. En la guerra submarina del siglo XXI, donde la latencia de las comunicaciones y la oscuridad del medio imponen límites naturales, los sistemas capaces de reducir el tiempo entre la observación y la acción redefinen los criterios tradicionales de iniciativa táctica. El adversario que procese primero y actúe antes no solo gana la acción inmediata, sino que impone su propio ritmo de combate, obligando al enemigo a reaccionar bajo condiciones desfavorables.

No obstante, la integración de IA en entornos operativos sumergidos introduce dilemas éticos y doctrinarios que deben abordarse con cautela. La automatización excesiva podría erosionar el principio de control humano significativo, especialmente en decisiones que impliquen el uso de armas letales o maniobras de riesgo para la tripulación. La doctrina moderna de la OTAN y de la Armada de los Estados Unidos insiste en que todo sistema de IA embarcado debe mantener un *human-on-the-loop*, garantizando que el comandante conserve la capacidad de veto o confirmación antes de ejecutar una acción irreversible.

Además, la dependencia tecnológica introduce nuevas vulnerabilidades. Los algoritmos pueden ser objeto de manipulación mediante *data poisoning*, interferencias acústicas o señales diseñadas para inducir errores de clasificación. El concepto de *adversarial AI* —ya presente en la investigación civil— cobra relevancia militar: un enemigo que comprenda el modelo de aprendizaje de un submarino podría engañarlo acústicamente, forzando decisiones erróneas. Por ello, la ciberseguridad y la *resiliencia cognitiva* de los sistemas de IA deberán integrarse como componentes esenciales del diseño táctico.

Otro aspecto crucial es la asimetría de adopción tecnológica. Las marinas con mayores presupuestos podrán desplegar sistemas integrados de IA en todos los niveles —desde sensores hasta planeamiento operacional—, mientras que fuerzas con recursos más limitados deberán priorizar casos

de uso específicos. En estos escenarios, la interoperabilidad y el acceso a plataformas modulares de código abierto se vuelven factores decisivos para evitar la obsolescencia estratégica. La cooperación internacional, los ejercicios combinados y la creación de laboratorios de datos conjuntos permitirán a marinas intermedias beneficiarse de la experiencia acumulada por potencias tecnológicas sin comprometer su autonomía doctrinaria.

En el plano del entrenamiento, la introducción de IA exige un cambio en la formación del personal. El comandante del futuro no solo deberá dominar la táctica submarina, sino también comprender los fundamentos del aprendizaje automático, la gestión de datos y la validación de modelos. De este modo, la educación naval se orientará hacia un liderazgo híbrido, donde el criterio operacional y el conocimiento técnico se integren para garantizar un uso seguro y eficaz de la IA.

La hipótesis del OODA 5.0 también plantea un nuevo paradigma de colaboración hombre–máquina. En lugar de pensar en sistemas autónomos, las operaciones futuras se caracterizarán por bucles de decisión compartidos, donde el sistema propondrá cursos de acción y el comandante los evaluará bajo su experiencia táctica. Este equilibrio redefinirá el concepto mismo de mando, transitando de un liderazgo jerárquico a uno cognitivamente distribuido, donde la autoridad decisional se comparte temporalmente con una entidad no humana.

Finalmente, desde un punto de vista doctrinario, la Marina moderna deberá adaptar su pensamiento operacional a una guerra que ocurre también en el plano algorítmico. El ciclo OODA tradicional describía una secuencia lineal de percepción y acción; el OODA 5.0, en cambio, se comporta como un sistema en red, donde múltiples nodos —tripulación, sensores, IA, sistemas aliados— interactúan simultáneamente para producir decisiones emergentes.

En este entorno, la ventaja competitiva no dependerá de la posesión de una sola tecnología, sino de la capacidad para integrar, aprender y adaptarse más rápido que el adversario. Para las fuerzas con presupuestos limitados, como ocurre en varios países latinoamericanos, la adaptación no pasa únicamente por adquirir nuevos sistemas, sino por generar doctrina y capital humano capaces de convivir con tecnologías de apoyo cognitivo.

Por tanto, la discusión sobre la IA y el ciclo OODA no debe centrarse únicamente en la eficiencia técnica, sino en su impacto sobre la doctrina, la ética y la formación del mando. El desafío de las próximas décadas será lograr una integración responsable, donde la velocidad no comprometa el

juicio y donde la inteligencia artificial se convierta en un multiplicador de la inteligencia humana, no en su reemplazo.

Conclusiones

1. Compresión del ciclo OODA.

La integración de IA en plataformas submarinas acorta de forma simultánea las fases de Observar (detección asistida), Orientar (fusión y estimación bayesiana), Decidir (recomendaciones y simulación de COA) y Actuar (automatización táctica). El resultado es una ventaja de tiempo: el comandante puede "girar" su bucle decisional antes que el adversario.

2. Superioridad decisional como centro de gravedad.

En el dominio submarino, donde el sigilo y la ambigüedad informativa son estructurales, la superioridad decisional se vuelve tan crítica como el poder de fuego o el silencio acústico. Sistemas como módulos de IA en CMS (p. ej., TACTICOS), motores tácticos predictivos y autonomía coordinada (p. ej., iniciativas OTAN) materializan esta superioridad al reducir incertidumbre y tiempo de respuesta.

3. Cooperación humano–máquina.

El modelo "comandante aumentado" no reemplaza el juicio humano; lo multiplica. La IA aporta hipótesis, validaciones y predicciones; el comandante aplica criterio operacional, ROE, intención táctica y responsabilidad ética. El OODA 5.0 es, ante todo, una arquitectura de decisión colaborativa.

4. Requisitos para la adopción segura.

La aceleración real exige: (a) datos bien etiquetados (acústicos y de misión); (b) simulación y gemelos digitales para entrenamiento y prueba; (c) V&V (verificación/validación) continua de modelos; (d) ciberseguridad y resiliencia frente a *spoofing* o degradación de sensores; (e) gobernanza de IA (trazabilidad, sesgos, límites de autonomía).

5. Recomendaciones para Fuerzas con presupuestos contenidos.

a. Iniciar con casos de uso acotados de alto impacto: clasificación acústica asistida y priorización de amenazas.
b. Desplegar un laboratorio táctico con datos sintéticos y escenarios estandarizados para entrenar y evaluar modelos.
c. Adoptar arquitecturas modulares (open systems) que permitan

insertar/actualizar IA sin rediseñar el CMS.

d. Establecer procedimientos doctrinarios para la toma de decisiones asistida (roles, umbrales de confianza, *human-on-the-loop*).
e. Vincularse con centros aliados (p. ej., CMRE/OTAN) para intercambio metodológico y ejercicios con UUV/USV.

La experiencia demuestra que la tecnología, por sí sola, no garantiza ventaja operacional; es la combinación entre la pericia del comandante y la inteligencia técnica lo que define el éxito de una misión.

En ese sentido con el análisis presentado, se puede esbozar la hipótesis de que la inteligencia artificial podría llegar a transformar el ciclo OODA en un proceso adaptativo y más predictivo. No obstante, esta posibilidad dependerá de factores como la madurez tecnológica, la validación doctrinaria y la capacidad de cada marina para integrar responsablemente estas herramientas en sus sistemas de mando y control.

Referencias

1. BAE Systems. (2023). *ARCADIA: Autonomous reaction and countermeasure decision aid – Sea trials report*. BAE Systems Maritime.
2. Boyd, J. (1976). *Destruction and creation*. Air University.
3. Boyd, J. (2018). *A discourse on winning and losing*. Air University Press.
4. Direction générale de l'armement. (2024). *SMX AI Fusion: Multi-sensor data fusion for sub-surface operations*. DGA.
5. Kongsberg Defence & Aerospace. (2023). *BlueWhale: AI integration for autonomous and crew-ed underwater platforms – Technical white paper*. Kongsberg.
6. NATO Allied Maritime Command. (2023). *Ocean AI initiative: Autonomy and decision support for maritime operations*. MARCOM.
7. NATO Centre for Maritime Research and Experimentation. (2022). *AI-enabled decision support for undersea warfare*. CMRE.
8. Republic of Korea Navy. (2024). *K-SUS AI tactical engine – Program overview*. ROK Navy.
9. Thales Group. (2024). *TACTICOS: Next-generation combat management system with AI-driven decision support*. Thales Nederland B.V.
10. U.S. Navy, Naval Sea Systems Command. (2023). *AN/BYG-1 tactical control system overview*. NAVSEA.