

ADINAV:

La Implementación Exitosa de Simulación Virtual en la Formación Naval de la Armada Argentina.

Eduardo Ignacio Llambi.

Abstract

La implementación de simuladores virtuales en la formación marítima ha mejorado significativamente el proceso de aprendizaje para los cadetes, oficiales y suboficiales de la Armada Argentina. Estos ofrecen un entorno realista e inmersivo que permite la adquisición de habilidades prácticas, familiarización con procedimientos operativos y toma de decisiones bajo diversas condiciones. La herramienta de adiestramiento ADINAV, diseñada específicamente para la instrucción naval, equilibra funcionalidad y costo, haciéndola accesible y eficaz. Su adopción ha mostrado mejoras notables en la confiabilidad operativa, demostrando la importancia de la tecnología de simulación en la educación marítima moderna.

Palabras clave: formación marítima, simuladores virtuales, ADINAV, Armada Argentina, confiabilidad operativa, aprendizaje inmersivo.

Abstract

The implementation of virtual simulators in maritime training has significantly enhanced the learning process for cadets, officers, and non-commissioned officers of the Argentine Navy. Simulators provide a realistic and immersive environment that allows for the acquisition of practical skills, familiarization with operational procedures, and decision-making under various conditions. The ADINAV training tool, specifically designed for naval instruction, balances functionality and cost, making it accessible and effective. Its adoption has shown remarkable improvements in operational reliability, demonstrating the importance of simulation technology in modern maritime education.

Keywords: maritime training, virtual simulators, ADINAV, Argentine Navy, operational reliability, immersive learning.

1. Introducción

La Formación Naval: Desafíos y Oportunidades en la Era Moderna.

La formación de profesionales navales altamente capacitados y preparados para enfrentar los desafíos del entorno marítimo es una tarea fundamental para garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones navales. Tradicionalmente, esta formación se ha basado en una combinación de instrucción teórica en aulas y práctica a bordo de buques en el mar. Si bien este enfoque ha sido efectivo en muchos aspectos, también presenta limitaciones significativas en el contexto actual.

Los costos asociados al uso de embarcaciones reales para entrenamiento, incluyendo combustible, mantenimiento y personal, son considerables y pueden restringir la cantidad y variedad de escenarios de práctica disponibles para los estudiantes. Además, la disponibilidad de buques para entrenamiento puede ser limitada, especialmente en tiempos de operaciones navales activas o restricciones presupuestarias. Esta modalidad de formación también implica riesgos inherentes a la navegación y a la operación de equipos complejos, lo que puede limitar la exposición de los estudiantes a situaciones de emergencia o maniobras críticas.

En este escenario, la simulación virtual emerge como una herramienta transformadora con el potencial de revolucionar la formación naval. Al crear entornos virtuales inmersivos y realistas que replican las condiciones y desafíos del mundo real, los simuladores ofrecen una alternativa segura, accesible y rentable para el entrenamiento y la práctica. Los estudiantes pueden experimentar una amplia gama de situaciones, desde maniobras rutinarias hasta emergencias complejas, sin poner en riesgo vidas ni embarcaciones. La simulación también permite la repetición y el análisis detallado de las acciones, facilitando la identificación de errores y la mejora continua del desempeño.

El Impacto de la Simulación en la Educación Marítima.

La simulación virtual ha demostrado ser una herramienta eficaz en la educación marítima a nivel global. Numerosos estudios han evidenciado su impacto positivo en el aprendizaje, la retención de conocimientos y el desarrollo de habilidades en estudiantes de diferentes niveles y especialidades. Al proporcionar un entorno de aprendizaje activo y experiencial, los simuladores permiten a los estudiantes aplicar la teoría mediante la práctica, tomar decisiones en tiempo real y recibir retroalimentación inmediata sobre su desempeño.

La simulación también ofrece la posibilidad de personalizar el entrenamiento según las necesidades individuales de cada estudiante, adaptando los escenarios y la dificultad a su nivel de experiencia y conocimientos. Esta flexibilidad permite optimizar el proceso de aprendizaje y acelerar el desarrollo de competencias clave para el desempeño profesional en el ámbito naval.

ADINAV: Una Respuesta a los Desafíos de la Formación Naval Argentina.

En Argentina, la Armada ha reconocido el potencial de la simulación como herramienta para mejorar la formación de su personal. Sin embargo, la adquisición e implementación de simuladores comerciales a gran escala se ve limitada por los altos costos y la complejidad técnica que suelen presentar estos sistemas.



Fig. 1. Personal de la Flota de Mar adiestrándose en el adiestrador ADINAV de la Base Naval Puerto Belgrano.

En este contexto, surge el proyecto ADINAV (Adiestrador de Navegación), una iniciativa innovadora que busca proporcionar una solución accesible y efectiva para la formación naval argentina. El ADINAV es un simulador de bajo costo desarrollado específicamente para satisfacer las necesidades de la Armada, ofreciendo un entorno de

entrenamiento realista y adaptable a diferentes niveles de instrucción y especialidades.

Objetivos del Estudio

El presente estudio de caso se propone evaluar la implementación y el impacto del ADINAV en la formación naval argentina. A través de un enfoque metodológico riguroso, se busca analizar cómo ha sido adoptado en diferentes instituciones navales, su impacto en el aprendizaje y el desempeño de los estudiantes, así como las percepciones de estudiantes e instructores sobre su uso.

Los objetivos específicos del estudio incluyen:

- Analizar el proceso de implementación del ADINAV en la Armada Argentina, incluyendo los desafíos y las estrategias utilizadas para superar las barreras a la adopción de nuevas tecnologías.
- Evaluar su impacto en el aprendizaje, la retención de conocimientos y el desarrollo de habilidades en los estudiantes, utilizando métodos cuantitativos y cualitativos de recolección y análisis de datos.
- Explorar las percepciones de estudiantes e instructores sobre su uso, identificando sus fortalezas, debilidades y áreas de mejora.
- Identificar los beneficios concretos que ha aportado a la formación naval argentina, en términos de eficiencia, seguridad y preparación para el mundo real.
- Discutir las implicaciones de los hallazgos para la formación naval en general y para la adopción de tecnologías de simulación en otros contextos educativos.

A través de este estudio de caso, se espera contribuir al conocimiento sobre el uso de la simulación virtual en la educación marítima y proporcionar evidencia empírica que respalde su implementación como una herramienta clave para la formación de las futuras generaciones de profesionales navales.

2. Marco Teórico.

Teorías de Aprendizaje que Sustentan la Simulación.

La implementación de simuladores virtuales en la formación naval se basa en sólidas teorías de aprendizaje que respaldan su eficacia. Dos enfoques teóricos particularmente relevantes son el aprendizaje experiencial de David Kolb y el modelo de competencia inconsciente de Noel Burch.

El aprendizaje experiencial, tal como lo describe Kolb (1984), es un proceso cíclico que consta de cuatro etapas: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa. La simulación virtual se alinea perfectamente con este modelo al proporcionar a los estudiantes la oportunidad de:

Fig. 2. Ciclo de Aprendizaje experiencial de Kolb.

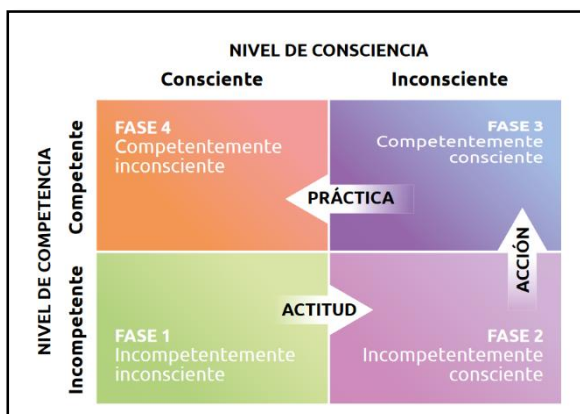


1. **Experimentar:** Los estudiantes tienen experiencias concretas al interactuar con el simulador y enfrentar situaciones de navegación realistas.
2. **Reflexionar:** Tras la experiencia, los estudiantes reflexionan sobre su desempeño, analizando sus decisiones y resultados.
3. **Conceptualizar:** A partir de la reflexión, los estudiantes desarrollan conceptos y teorías sobre la navegación y las mejores prácticas.
4. **Experimentar:** Los estudiantes aplican sus nuevos conocimientos y teorías en simulaciones posteriores, probando su eficacia y ajustando su enfoque según sea necesario.

Este ciclo de aprendizaje continuo permite una integración profunda de la teoría y la práctica, promoviendo un aprendizaje significativo y duradero.

El modelo de competencia inconsciente de Burch describe las cuatro etapas del aprendizaje de una nueva habilidad:

Fig. 3. Modelo de Burch.



1. **Incompetencia inconsciente:** El individuo no es consciente de su falta de habilidad.
2. **Incompetencia consciente:** El individuo reconoce su falta de habilidad y la necesidad de aprender.
3. **Competencia consciente:** El individuo adquiere la habilidad, pero requiere concentración y esfuerzo para aplicarla.
4. **Competencia inconsciente:** El individuo domina la habilidad y la aplica de manera automática e intuitiva.

La simulación, al proporcionar un entorno seguro y repetible para la práctica, facilita la transición de los estudiantes a través de estas etapas. La retroalimentación inmediata y la posibilidad de repetir escenarios permiten a los estudiantes identificar sus errores, corregirlos y desarrollar la confianza necesaria para aplicar sus habilidades de manera fluida y efectiva en situaciones reales.

Simulación en la Educación Marítima: Evidencia y Beneficios.

La literatura académica respalda ampliamente el uso de simuladores en la educación marítima. Diversos estudios han demostrado que la simulación virtual mejora significativamente el aprendizaje, la retención de conocimientos, la toma de decisiones y el desempeño en tareas operativas.

Los simuladores ofrecen una serie de ventajas en comparación con la formación tradicional en buques reales:

- **Seguridad:** Los estudiantes pueden practicar maniobras y enfrentar situaciones de emergencia sin poner en riesgo vidas ni embarcaciones.
- **Accesibilidad:** Los simuladores están disponibles en cualquier momento y lugar, eliminando las limitaciones de horarios y disponibilidad de buques.
- **Repetibilidad:** Los escenarios pueden repetirse tantas veces como sea necesario para que los estudiantes dominen las habilidades requeridas
- **Flexibilidad:** Los simuladores permiten adaptar el entrenamiento a las necesidades individuales de cada estudiante y a diferentes niveles de instrucción
- **Costo-efectividad:** A largo plazo, la simulación puede ser más económica que el entrenamiento en buques reales, al reducir los costos de combustible, mantenimiento y personal.

Confiabilidad Operacional: Un Pilar de la Seguridad Marítima.

La confiabilidad operacional se refiere a la capacidad de un sistema complejo, como un buque y su tripulación, para cumplir sus funciones de manera efectiva y segura en un entorno operativo específico. Los errores humanos son una de las principales causas de accidentes marítimos, y la formación juega un papel crucial en la prevención de estos errores y en el aumento de la confiabilidad operacional.

La simulación permite entrenar a los estudiantes en la identificación y gestión de riesgos, la toma de decisiones bajo presión, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo, habilidades fundamentales para garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones navales. Al practicar en un entorno simulado, los estudiantes desarrollan una mayor conciencia situacional, aprenden a anticipar problemas y a responder de manera adecuada ante situaciones imprevistas.

El ADINAV en el Contexto de la Formación Naval Argentina.

El ADINAV se posiciona como una herramienta clave para abordar los desafíos de la formación naval en Argentina y promover la confiabilidad operacional. Al ofrecer un entorno de entrenamiento realista, accesible y adaptable a las necesidades específicas de la Armada, su uso permite a los estudiantes desarrollar las habilidades y competencias necesarias para operar de manera segura y eficiente en el complejo entorno marítimo.



Fig. 4. Oficiales de la Armada Argentina y de la U.S. Navy adiestrándose en el adiestrador ADINAV de la Escuela Naval Militar.

El simulador incorpora principios de aprendizaje experiencial y facilita la progresión de los estudiantes a través de las etapas de competencia inconsciente, promoviendo un aprendizaje significativo y duradero. Además, al permitir la práctica de procedimientos operativos, la toma de decisiones y la gestión de emergencias en un

entorno seguro y controlado, el adiestrador contribuye directamente al aumento de la confiabilidad operacional y a la reducción de errores humanos en las operaciones navales.

3. Metodología

Desarrollo del ADINAV: Un Enfoque Colaborativo y Eficiente.

El desarrollo del adiestrador se caracterizó por un enfoque colaborativo y eficiente, que buscó aprovechar al máximo los recursos disponibles y optimizar el tiempo de desarrollo. En lugar de partir de cero, se tomó la decisión estratégica de utilizar software existente de bajo costo, como Virtual Sailor NG y OpenCPN, como base para la construcción del simulador. Esta elección permitió ahorrar tiempo y recursos en el desarrollo de funcionalidades básicas, como la representación gráfica del entorno, la física de los buques y la gestión de la cartografía.

Sobre esta base, se desarrolló un software a medida que integró estos componentes y añadió funcionalidades específicas para la formación naval. El software permitió la creación de escenarios detallados de puertos y zonas de navegación argentinas, así como la incorporación de modelos precisos de buques de la Armada y otros tipos de embarcaciones. También se implementaron herramientas para la simulación de condiciones meteorológicas y de estado de mar, la inserción de objetos y buques específicos en los escenarios, y la emulación de protocolos de comunicación entre equipos.



Fig. 5. Imagen de un ejercicio de Control de Pesca realizado en el adiestrador ADINAV.

La colaboración entre expertos en navegación, tecnología y pedagogía fue fundamental para asegurar que cumpliera con los requisitos de formación de la Armada y ofreciera una experiencia de aprendizaje efectiva. El diseño de la interfaz de usuario se basó en la

retroalimentación de instructores y estudiantes, buscando una experiencia intuitiva y fácil de usar.

Implementación Progresiva: Un Enfoque Estratégico.

La implementación del ADINAV en las diferentes instituciones navales se llevó a cabo de manera progresiva y estratégica, buscando minimizar la resistencia al cambio y garantizar una adopción exitosa. Se comenzó con una fase piloto en la Misión Argentina de Instrucción en Paraguay en 2014, lo que permitió evaluar la funcionalidad y efectividad del simulador en un entorno real de formación.

A partir de esta experiencia inicial, se expandió la implementación a otras instituciones, como la Escuela de Técnicas y Tácticas de la Armada, la Escuela Naval Militar, el Liceo Naval Almirante Brown, la Escuela Nacional Fluvial y la Escuela de Submarinos. En cada caso, se adaptó el simulador a las necesidades específicas de cada institución y se brindó capacitación a instructores y estudiantes.



Fig. 6. Estación de alumno del adiestrador ADINAV instalada en la Escuela Nacional Fluvial.

La implementación progresiva permitió recopilar información valiosa sobre su uso, identificar áreas de mejora y ajustar la estrategia de implementación para maximizar su impacto en la formación naval.

Recolección de Datos: Un Enfoque Mixto.

Para evaluar su impacto en el adiestramiento y el aprendizaje, se utilizó un enfoque mixto de

recolección de datos que incluyó:

- **Análisis de documentos:** Se revisaron planes de estudio, registros de entrenamiento y otros documentos relevantes para comprender cómo se integró el ADINAV en la formación naval y cómo se utilizó en la práctica.
- **Observaciones:** Se realizaron observaciones directas de las sesiones de simulación para evaluar la interacción de los estudiantes con el simulador, la dinámica de las clases y el papel de los instructores.
- **Encuestas y entrevistas:** Se aplicaron encuestas a estudiantes e instructores para recopilar sus percepciones sobre el adiestrador, su utilidad, facilidad de uso y impacto en el aprendizaje. También se realizaron entrevistas en profundidad con instructores y personal clave para obtener una comprensión más detallada de la implementación y los resultados del simulador.

Análisis de Datos: Enfoque Cualitativo y Cuantitativo.

Los datos recopilados se analizaron utilizando una combinación de métodos cualitativos y cuantitativos. Los datos cuantitativos, como las respuestas a las encuestas y los registros de entrenamiento, se analizaron estadísticamente para identificar tendencias y patrones. Los datos cualitativos, como las observaciones y las entrevistas, se analizaron mediante técnicas de codificación y categorización para identificar temas clave y extraer conclusiones.

El análisis de datos se centró en evaluar el impacto del ADINAV en diferentes dimensiones, como el aprendizaje, la retención de conocimientos, el desarrollo de habilidades, la motivación de los estudiantes y la percepción de los instructores. También se examinaron los desafíos y las lecciones aprendidas durante la implementación del simulador.

4. Resultados.

Adopción y Uso: Expansión y Consolidación.

La implementación del ADINAV en la Armada Argentina ha sido un proceso gradual pero sostenido, que ha llevado a su adopción en diversas instituciones de formación naval y a su consolidación como una herramienta esencial para el entrenamiento y la instrucción. Desde su primera instalación en la Misión Argentina de Instrucción en Paraguay en 2014, el adiestrador se ha expandido a múltiples escuelas y centros de formación, incluyendo la Escuela de Técnicas y Tácticas de la Armada, la Escuela Naval Militar, el Liceo Naval Almirante Brown, la Escuela de Submarinos y la Escuela Nacional Fluvial. Se proyecta en el año 2024 su instalación en la Base Naval Ushuaia, para el adiestramiento de las dotaciones en el Canal Beagle.



Fig. 7. Estación de alumno del adiestrador ADINAV instalada en la Escuela de submarinos.

El adiestrador ha demostrado una gran versatilidad, adaptándose a las necesidades e específicas de cada institución y a diferentes niveles de instrucción. En la Escuela Naval Militar, por ejemplo, se han instalado ocho estaciones de puente, permitiendo el entrenamiento simultáneo de un gran número de cadetes. En la Escuela de Submarinos, el ADINAV se ha adaptado para simular la navegación en superficie de un submarino, brindando un entorno de entrenamiento realista y seguro para los futuros

submarinistas.

La Fragata Libertad, buque escuela de la Armada Argentina, también lo ha incorporado como parte de su programa de formación, demostrando su utilidad en contextos de instrucción a bordo. La posibilidad de realizar ejercicios de navegación y maniobras en puerto o en alta mar, incluso en condiciones meteorológicas adversas, ha enriquecido la experiencia de aprendizaje de los cadetes y oficiales en comisión.

El uso del ADINAV ha sido intensivo y sostenido a lo largo de los años, evidenciando su aceptación y valor por parte de instructores y estudiantes. Las estadísticas de uso muestran una alta demanda del simulador, tanto para la práctica de procedimientos y maniobras como para el conocimiento de zonas de navegación y la familiarización con diferentes tipos de buques.

Impacto en el Aprendizaje: Evidencia de Mejora.

La evaluación del impacto en el aprendizaje ha arrojado resultados positivos. A través de encuestas, observaciones y análisis de desempeño, se ha evidenciado una mejora significativa en la comprensión y aplicación de conceptos teóricos, así como en el desarrollo de habilidades prácticas de navegación.



Fig. 8. Ejercicio del Adiestrador ADINAV de caso SAR de Búsqueda y Rescate en el Mar.

Los estudiantes que lo han utilizado muestran una mayor capacidad para interpretar cartas náuticas, utilizar instrumentos de navegación, planificar rutas, ejecutar maniobras y tomar decisiones en situaciones de emergencia.

La posibilidad de practicar en un entorno simulado, libre de riesgos, les permite cometer errores, aprender de ellos y ganar confianza en sus habilidades antes de enfrentarse a situaciones reales en el mar.

Además, ha demostrado ser especialmente útil para el entrenamiento en situaciones poco frecuentes o de emergencia, que son difíciles de replicar en la formación tradicional. Los estudiantes pueden practicar procedimientos de búsqueda y rescate, maniobras de hombre al agua y otras situaciones críticas, desarrollando así la capacidad de respuesta y la toma de decisiones bajo presión.

Percepciones de Estudiantes e Instructores: Alta Satisfacción.

Las encuestas y entrevistas realizadas a estudiantes e instructores revelan una alta satisfacción con el uso del adiestrador. Los estudiantes valoran especialmente la posibilidad de practicar en un entorno realista y seguro, así como la retroalimentación inmediata que reciben sobre su desempeño. Los instructores destacan la flexibilidad del simulador, que les permite adaptar el entrenamiento a las necesidades individuales de cada estudiante y crear escenarios personalizados para abordar diferentes objetivos de aprendizaje.

Tanto estudiantes como instructores coinciden en que su incorporación ha mejorado significativamente la calidad de la formación naval, complementando la instrucción teórica y la práctica en buques reales. El adiestrador se percibe como una herramienta valiosa para el desarrollo de habilidades, la consolidación de conocimientos y la preparación para enfrentar los desafíos del mundo real.

Beneficios Observados: Eficiencia, Seguridad y Preparación.

Su implementación ha generado una serie de beneficios concretos para la formación naval argentina:

- **Mayor eficiencia en el entrenamiento:** Permite optimizar el tiempo de instrucción al eliminar las limitaciones logísticas y los costos asociados al entrenamiento en buques reales
- **Mayor seguridad en el aprendizaje:** Los estudiantes pueden practicar maniobras y enfrentar situaciones de emergencia sin poner en riesgo vidas ni embarcaciones
- **Mayor preparación para el mundo real:** El entrenamiento permite desarrollar habilidades y competencias clave para operar de manera segura y eficiente en el entorno marítimo
- **Mayor motivación y compromiso de los estudiantes:** El entorno interactivo y realista del simulador aumenta la motivación y el compromiso de los estudiantes con el proceso de aprendizaje
- **Mayor flexibilidad y adaptabilidad:** El ADINAV se puede personalizar para satisfacer las necesidades específicas de cada institución y nivel de instrucción.

Estos beneficios han contribuido a mejorar la calidad de la formación naval en Argentina, preparando a las futuras generaciones de marinos para enfrentar los desafíos del mundo real con mayor confianza y competencia.

5.Descripción del Adiestrador de Navegación ADINAV

El Adiestrador de Navegación ADINAV es una herramienta didáctica de simulación de navegación desarrollado específicamente para la formación naval en el ámbito de la Armada Argentina. Su diseño e implementación se

basan en un enfoque modular y flexible, que permite adaptarse a diferentes necesidades de entrenamiento y niveles de instrucción. Su desarrollo busca equilibrar funcionalidad y accesibilidad, ofreciendo un entorno de entrenamiento realista y efectivo sin incurrir en los elevados costos de los simuladores comerciales.

Componentes y Arquitectura.

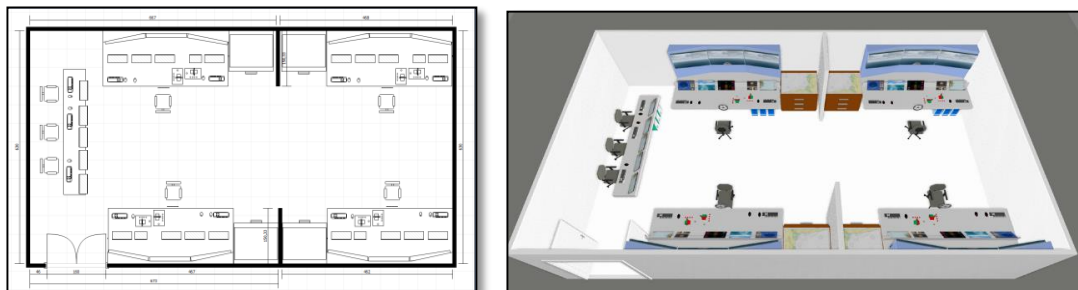


Fig. 9. Diagrama de planta del adiestrador ADINAV instalado en la Escuela Naval Militar.

El ADINAV se compone de los siguientes elementos principales:

- **Estaciones de Puente:** Son réplicas físicas de los puentes de mando de diferentes tipos de buques, equipadas con instrumentos de navegación, controles y sistemas de comunicación similares a los reales. Cada estación de puente puede acomodar a un equipo de estudiantes, que asumen roles específicos como capitán, oficial de guardia, timonel, etc.
- **Consola del Instructor:** Es el centro de control del simulador, desde donde el instructor puede configurar los escenarios de entrenamiento, controlar las condiciones meteorológicas y de mar, insertar eventos inesperados y supervisar el desempeño de los estudiantes.
- **Software de Simulación:** Basado en Virtual Sailor NG, es el encargado de generar el entorno virtual, simular la física de los buques, gestionar la cartografía electrónica y controlar los instrumentos y sistemas de a bordo. El software utiliza una combinación de modelos matemáticos, gráficos 3D y algoritmos de inteligencia artificial para crear una experiencia de navegación realista e inmersiva.
- **Infraestructura de Red:** Se utiliza una red de computadoras para conectar las estaciones de puente con la consola del instructor y permitir la comunicación y el intercambio de datos en tiempo real.

Se ofrece en tres arquitecturas diferentes:

- **Aula:** Consiste en varias estaciones de puente conectadas en red a una consola de instructor, permitiendo el entrenamiento simultáneo de múltiples equipos de estudiantes.
- **Cubículo:** Es una versión reducida del aula, con una o dos estaciones de puente y una consola de instructor más compacta. Es ideal para espacios limitados o para entrenamiento individualizado.
- **Stand Alone:** Es una versión autónoma del simulador, que se puede instalar en una computadora personal y utilizar sin necesidad de una consola de instructor. Es una opción económica y flexible para el entrenamiento individual o en grupos pequeños.



Fig. 10. Estación alumno del adiestrador ADINAV instalado en la Escuela Naval Militar.

Funcionalidades y Características.

Ofrece una amplia gama de funcionalidades y características que permiten simular diferentes aspectos de la navegación y las operaciones navales:

- **Navegación:** Permite a los estudiantes practicar la navegación costera, oceánica y fluvial, utilizando cartas náuticas electrónicas, radar, GPS, ecosonda y otros instrumentos de navegación.
- **Maniobras:** Se pueden realizar maniobras de todo tipo, como atraque y desatraque, fondeo, remolque, navegación en canales estrechos, etc.
- **Condiciones Meteorológicas y de Mar:** Permite simular diferentes condiciones meteorológicas, como viento, lluvia, niebla y oleaje, así como diferentes estados de mar.
- **Comunicaciones:** Facilita la práctica de la comunicación por radio VHF, utilizando protocolos y procedimientos estándar.
- **Gestión de Tráfico Marítimo:** Puede simular el tráfico marítimo, incluyendo buques de diferentes tipos y tamaños, lo que permite a los estudiantes practicar la identificación de buques, la aplicación de las reglas de navegación y la prevención de abordajes.
- **Operaciones de Búsqueda y Rescate:** Permite practicar operaciones de búsqueda y rescate, incluyendo la localización de náufragos, el lanzamiento de botes de rescate y la coordinación de las operaciones.

Escenarios y Buques.

El adiestrador cuenta con una amplia biblioteca de escenarios de navegación, que incluyen puertos, canales, ríos y zonas costeras de Argentina y otros países. Los escenarios se crean a partir de cartas náuticas electrónicas y datos hidrográficos reales, lo que garantiza su precisión y realismo.

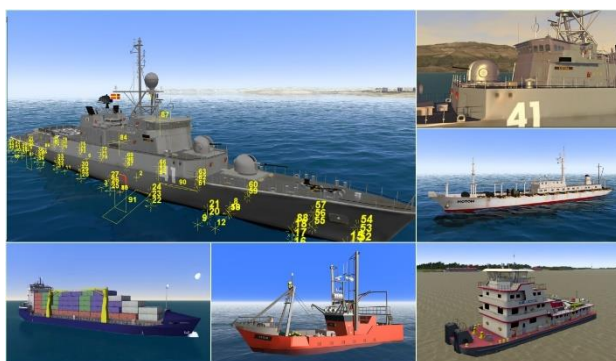


Fig. 11. Unidades simuladas en el adiestrador ADINAV.

El simulador también incluye modelos detallados de diferentes tipos de buques, incluyendo los de la Armada Argentina, buques mercantes, pesqueros y de recreo. Los modelos de buques se basan en planos y especificaciones técnicas reales, lo que permite simular con precisión su comportamiento y maniobrabilidad.

Ejercicios y Evaluaciones.

Sobre el adiestrador se pueden realizar una amplia variedad de ejercicios de entrenamiento, desde ejercicios básicos de navegación y maniobra hasta ejercicios complejos que simulan situaciones de emergencia y operaciones navales. Los ejercicios se pueden adaptar a diferentes niveles de instrucción y a las necesidades específicas de cada institución.

El simulador también incluye herramientas de evaluación que permiten a los instructores supervisar el desempeño de los estudiantes, identificar sus fortalezas y debilidades, y proporcionar retroalimentación personalizada. Las evaluaciones pueden incluir pruebas de conocimientos teóricos, ejercicios prácticos y simulaciones de situaciones de emergencia.

6. Interpretación de los Resultados:

El ADINAV como Catalizador del Aprendizaje.

Los resultados obtenidos en este estudio de caso respaldan la eficacia del ADINAV como herramienta de formación naval. La adopción generalizada del simulador en diversas instituciones y su uso intensivo demuestran su relevancia y valor para la Armada Argentina. La mejora en el aprendizaje, la retención de conocimientos y el desempeño de los estudiantes evidencian el impacto positivo que tiene en la formación naval.

La alta satisfacción expresada por estudiantes e instructores refuerza la idea de que su implementación ha logrado cumplir las expectativas y cubrir una necesidad importante en la formación naval argentina. El adiestrador ha

demostrado ser una herramienta flexible y adaptable, capaz de satisfacer las necesidades de diferentes niveles de instrucción y especialidades.

Los beneficios observados, como la mayor eficiencia en el entrenamiento, la mejora en la seguridad y la preparación para el mundo real, respaldan la idea de que no solo es una herramienta efectiva, sino también una inversión valiosa para la Armada Argentina. El simulador ha contribuido a optimizar el uso de recursos, reducir riesgos y preparar a las futuras generaciones de marinos para enfrentar los desafíos del entorno marítimo con mayor confianza y competencia.

Fortalezas y Limitaciones del ADINAV.

El adiestrador presenta una serie de fortalezas que explican su éxito en la formación naval argentina:

- **Bajo costo y accesibilidad:** El ADINAV ofrece una alternativa económica a los simuladores comerciales, lo que facilita su implementación a gran escala y su acceso a un mayor número de estudiantes
- **Flexibilidad y adaptabilidad:** El adiestrador se puede personalizar para satisfacer las necesidades específicas de cada institución y nivel de instrucción, ofreciendo una amplia gama de escenarios y ejercicios.
- **Realismo y relevancia:** Los escenarios y modelos de buques incluidos en el ADINAV reflejan fielmente el entorno marítimo argentino, lo que aumenta la relevancia y la aplicabilidad del entrenamiento
- **Facilidad de uso:** La interfaz intuitiva y los controles sencillos del ADINAV facilitan su uso tanto para estudiantes como para instructores
- **Seguridad en el entrenamiento:** El simulador permite a los estudiantes practicar maniobras y enfrentar situaciones de emergencia sin poner en riesgo vidas ni embarcaciones

Sin embargo, también presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas:

- **Homologación:** Aunque el adiestrador ofrece un entorno visualmente realista, está limitado al uso como herramienta didáctica, al no haber sido homologado para su uso en el ámbito civil.
- **Complejidad de simulaciones físicas:** Si bien permite crear escenarios personalizados, la creación de escenarios altamente complejos para situaciones específicas pueden verse limitados, por ejemplo en la programación de escenarios de ríos con múltiples corrientes.
- **Limitaciones en la simulación de algunos sistemas:** El adiestrador al estar basado en un software comercial puede tener limitaciones en la simulación de algunos sistemas o equipos específicos, lo que puede afectar la fidelidad del entrenamiento en ciertas áreas especializadas.

Es importante reconocer estas limitaciones y trabajar en su superación, sin embargo, sus características son suficientes para las demandas actuales para la formación de los oficiales navales.

Implicaciones para la Formación Naval y la Educación en General.

Los resultados de este estudio de caso tienen implicaciones significativas tanto para la formación naval como para la educación en general

En el ámbito naval, el éxito del ADINAV demuestra el potencial de la simulación virtual para transformar la forma en que se entrenan y capacitan a los futuros marinos. La adopción de simuladores de bajo costo y alta calidad puede mejorar la eficiencia, la seguridad y la efectividad de la formación naval, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo real con mayor confianza y competencia.

En el contexto más amplio de la educación, su uso ilustra cómo la tecnología puede ser utilizada para crear experiencias de aprendizaje más atractivas, efectivas y accesibles. La simulación virtual ofrece un entorno de práctica seguro y controlado, donde los estudiantes pueden experimentar, cometer errores y aprender de manera activa y significativa.

Futuras Investigaciones: Expandiendo el Horizonte de la Simulación con Tecnologías Inmersivas.

El presente estudio de caso abre un abanico de posibilidades para la investigación y el desarrollo de nuevas herramientas de simulación basadas en tecnologías inmersivas. El potencial de estas tecnologías para enriquecer la experiencia de aprendizaje y preparar a los estudiantes para los desafíos del mundo real es inmenso, y su aplicación en la formación naval y otros ámbitos educativos merece ser explorada en profundidad. Algunas áreas de interés para futuras investigaciones incluyen:

- **Integración de Realidad Virtual y Aumentada:** La incorporación de tecnologías de realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR) en la simulación naval puede llevar la inmersión y el realismo a un nuevo nivel. Los estudiantes podrían interactuar con entornos virtuales tridimensionales, manipular objetos y equipos virtuales, y recibir información contextual en tiempo real, lo que les permitiría desarrollar habilidades prácticas y una comprensión más profunda de los sistemas y procedimientos navales.
- **Desarrollo de Inteligencia Artificial y Aprendizaje Adaptativo:** La aplicación de inteligencia artificial (IA) en los simuladores navales puede permitir la creación de escenarios de entrenamiento más dinámicos y desafiantes, que se adapten en tiempo real al desempeño y las necesidades de cada estudiante. Los sistemas de IA podrían analizar el comportamiento de los estudiantes, identificar áreas de mejora y proporcionar retroalimentación personalizada, optimizando así el proceso de aprendizaje.
- **Simulación Colaborativa en Red:** La conexión de múltiples simuladores en red puede permitir el entrenamiento colaborativo entre estudiantes de diferentes instituciones e incluso países. Esto fomentaría el trabajo en equipo, la comunicación efectiva y la coordinación en operaciones navales conjuntas, preparando a los estudiantes para escenarios de colaboración internacional cada vez más frecuentes.
- **Evaluación del Impacto de las Tecnologías Inmersivas:** Es fundamental realizar investigaciones rigurosas para evaluar el impacto de las tecnologías inmersivas en el aprendizaje, la retención de conocimientos, el desarrollo de habilidades y la motivación de los estudiantes. Estos estudios permitirán comprender mejor los beneficios y desafíos de estas tecnologías y guiar su implementación efectiva en la formación naval y otros ámbitos educativos.
- **Expansión a Otros Ámbitos Educativos:** El potencial de las tecnologías inmersivas no se limita a la formación naval. Su aplicación en otros campos, como la aviación, la medicina, la ingeniería y la gestión de emergencias, puede revolucionar la forma en que se enseña y se aprende, brindando experiencias de aprendizaje más realistas, interactivas y efectivas.

El proyecto ADINAV ha demostrado que la innovación y la colaboración pueden impulsar el progreso en la formación naval. Al continuar explorando el potencial de las tecnologías inmersivas, podemos expandir el horizonte de la simulación y preparar a las futuras generaciones de profesionales para los desafíos de un mundo cada vez más complejo y tecnológico.

7. Conclusiones

El presente estudio de caso ha demostrado que el ADINAV representa un caso de éxito en la implementación de la simulación virtual en la formación naval argentina. El adiestrador ha sido adoptado de manera generalizada en diversas instituciones navales, y su uso intensivo ha generado beneficios significativos en términos de eficiencia, seguridad y preparación de los estudiantes.

Los resultados de la evaluación de su impacto son alentadores. Los estudiantes que lo han utilizado muestran una mejora en la comprensión y aplicación de conceptos teóricos, así como en el desarrollo de habilidades prácticas de navegación. La posibilidad de practicar en un entorno seguro y controlado, con retroalimentación inmediata, ha permitido a los estudiantes ganar confianza en sus habilidades y prepararse para enfrentar situaciones reales en el mar.

La alta satisfacción expresada por estudiantes e instructores confirma su efectividad como herramienta de formación. El adiestrador ha sido valorado por su realismo, flexibilidad y facilidad de uso, y se percibe como un complemento valioso para la instrucción teórica y la práctica en buques reales.

El adiestrador ha dejado un legado importante en la formación naval argentina. Al ofrecer una alternativa accesible y efectiva a los simuladores comerciales, ha democratizado el acceso a la simulación virtual y ha permitido que un mayor número de estudiantes se beneficien de esta poderosa herramienta de aprendizaje.

Su implementación ha contribuido a mejorar la calidad de la formación naval, preparando a las futuras generaciones de marinos para enfrentar los desafíos del mundo real con mayor confianza y competencia. Su impacto se extiende más allá del ámbito educativo, al promover la seguridad marítima y la confiabilidad operacional en las operaciones navales.

Su en la formación naval argentina es un testimonio del potencial transformador de la simulación virtual en la educación. La capacidad de crear entornos de aprendizaje inmersivos, seguros y personalizados abre un horizonte de posibilidades para la formación de profesionales en diversos campos.

La simulación virtual no solo mejora la eficiencia y la efectividad del aprendizaje, sino que también fomenta la motivación, el compromiso y la creatividad de los estudiantes. Al permitirles experimentar, explorar y aplicar sus conocimientos en un contexto realista, la simulación prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo real con mayor confianza y capacidad de respuesta.

El futuro de la educación está íntimamente ligado al desarrollo y la aplicación de tecnologías innovadoras como la simulación virtual. El ADINAV es un ejemplo de cómo la creatividad, la colaboración y la visión pueden transformar la formación de profesionales y contribuir al progreso de la sociedad.

Referencias.

1. N. Burch, "The four stages for learning any new skill," Gordon Training International, 2007. [Online]. Available: <https://trainingindustry.com/articles/learning-technologies/the-four-stages-for-learning-any-new-skill/> [Accessed: fecha de acceso]
2. M. R. Endsley, "Toward a theory of situation awareness in dynamic systems," *Human Factors*, vol. 37, no. 1, pp. 32–64, 1995. doi: 10.1518/001872095779049543
3. L. Gucma and M. Gucma, "The impact of simulators on maritime education and training (MET)," *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, vol. 35, no. 3, pp. 187–194, 2019.
4. International Maritime Organization (IMO), *Framework for a competency management system for seafarers*. London: IMO, 2015.
5. D. A. Kolb, *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall, 1984
6. J. Montewka, T. Hinz, and P. Kujala, "Learning in virtual reality maritime simulator: The impact of learning styles," *Computers & Education*, vol. 55, no. 4, pp. 1541–1552, 2010
7. Muslimin, Muslimin, et al. "The Effectiveness of Ship Simulator in Improving the Cadet's Competence Onboard." *International Journal of Science and Society*, vol. 4, no. 1, 2022, pp. 329–337.
8. Open Weather. Open Weather API. [Online]. Available: <https://openweathermap.org/api>. [Accessed: 01/03/2024]
9. Organización Marítima Internacional, *Guidelines for the development of a search and rescue plan*. London: IMO, 2010.
10. J. Reason, *Human error*. Cambridge University Press, 1990
11. J. E. Skogdalen and J. E. Vinnem, "Quantitative risk analysis offshore—human and organizational factors," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 96, no. 4, pp. 468–479, 2011