



ITCA
FEPADE

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS
DE MODELADO DIGITAL PARA EL
FORTALECIMIENTO DEL ENTORNO DE
APRENDIZAJE VIRTUAL DE
NAVEGACIÓN MARÍTIMA.
APLICACIÓN PARA ESTUDIANTES DEL
CENTRO DE EDUCACIÓN E
INSTRUCCIÓN NAVAL CEIN,
LA UNIÓN.**

**EN ASOCIO CON EL CENTRO DE EDUCACIÓN
E INSTRUCCIÓN NAVAL CEIN, LA UNIÓN**

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL
ING. EDGARDO ANTONIO CLAROS QUINTANILLA

DOCENTE COINVESTIGADOR
LIC. DANILO YOALMO LÓPEZ LÓPEZ

CENTRO REGIONAL MEGATEC LA UNIÓN

ENERO 2025



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA





ITCA
FEPADE

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS
DE MODELADO DIGITAL PARA EL
FORTALECIMIENTO DEL ENTORNO DE
APRENDIZAJE VIRTUAL DE
NAVEGACIÓN MARÍTIMA.
APLICACIÓN PARA ESTUDIANTES DEL
CENTRO DE EDUCACIÓN E
INSTRUCCIÓN NAVAL CEIN,
LA UNIÓN.**

**EN ASOCIO CON EL CENTRO DE EDUCACIÓN
E INSTRUCCIÓN NAVAL CEIN, LA UNIÓN**

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL
ING. EDGARDO ANTONIO CLAROS QUINTANILLA

DOCENTE COINVESTIGADOR
LIC. DANILO YOALMO LÓPEZ LÓPEZ

CENTRO REGIONAL MEGATEC LA UNIÓN

ENERO 2025



MINISTERIO
DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y
TECNOLOGÍA



ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA



Rector

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrector

Ing. Christian Antonio Guevara Orantes

**Director de Investigación
y Proyección Social**

Ing. Mario W. Montes Arias

**Dirección de Investigación
y Proyección Social**

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Jeannette Tatiana Galeas Rodríguez

Téc. Cristina Michellé Vásquez Hernández

Sra. Delmy Roxana Reyes Zepeda

**Director Centro Regional
MEGATEC La Unión**

Lic. Luis Ángel Ramírez Benítez

623.8

C613m Claros Quintanilla, Edgardo Antonio, 1985 –

slv

Implementación de tecnologías de modelado digital para el fortalecimiento del entorno de aprendizaje virtual de navegación marítima. Aplicación para estudiantes del Centro de Educación e Instrucción Naval CEIN, La Unión. En asocio con el Centro de Educación e Instrucción Naval CEIN, La Unión. / Edgardo Antonio Claros Quintanilla y Danilo Yoalmo López López, --1ª ed. – Santa Tecla, La Libertad, El Salv.: ITCA Editores, 2025.
54 p.: il.: col.: 28 cm.

ISBN: 978-99983-69-65-8 (Impreso)

ISBN: 978-99983-69-66-5 (E-Book, pdf)

1. Manual - Herramienta - Educación Naval 2. Métodos de Enseñanza – Aprendizaje 3. Recurso Pedagógico 4. Simulador Computarizado I. López López, Danilo Yoalmo 1965 –, coaut. II. Título.

Autor

Ing. Edgardo Antonio Claros Quintanilla

Coautor

Lic. Danilo Yoalmo López López

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2025

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial
Compartir Igual
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE
Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América
Sitio Web. www.itca.edu.sv
TEL. (503)2132-7423

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	7
2.2	ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA	8
2.3	JUSTIFICACIÓN	10
3.	OBJETIVOS.....	11
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4.	PREGUNTA PROBLEMA.....	11
5.	MARCO TEÓRICO	12
5.1	CONCEPTUALIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN EDUCATIVA.....	12
5.2	FUNDAMENTOS DE SIMULADORES EN LA EDUCACIÓN NÁUTICA	12
5.3	EDUCACIÓN VIRTUAL	13
5.3	SIMULADORES VIRTUALES.....	13
5.5	TECNOLOGÍAS EN LA FORMACIÓN MARÍTIMA.....	15
5.5	INSTRUMENTOS DIGITALES DE NAVEGACIÓN	16
5.6	LENGUAJE DE PROGRAMACION JAVASCRIPT.....	19
6.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	20
6.1	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	20
6.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	21
6.2	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	21
6.3	LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	21
6.4	MATRIZ OPERACIONAL DE LA METODOLOGÍA.....	22
7.	RESULTADOS	24
7.1	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTOS DE NAVEGACIÓN	24
7.2	INTEGRACIÓN DE FUNCIONALIDADES EN EL SIMULADOR PARA INTERACTUAR CON EL PUENTE DE MANDO.....	36
7.3	SISTEMA BÁSICO DE RETROALIMENTACIÓN EFECTIVA EN EL SIMULADOR.....	38
7.4	MANUAL DE USUARIO DEL SIMULADOR DE NAVEGACIÓN.....	42
8.	CONCLUSIONES.....	45
9.	RECOMENDACIONES	46
10.	GLOSARIO.....	47
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
12.	ANEXOS.....	50
2.2	ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS DEL PROYECTO	50
2.3	ANEXO 2. INSTRUMENTO PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN	52
2.4	ANEXO 3. ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN.....	52

1. INTRODUCCIÓN

La evolución tecnológica ha transformado profundamente el ámbito educativo, ofreciendo oportunidades inéditas para optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje en disciplinas técnicas y especializadas. En el campo de la navegación marítima, donde la precisión y el dominio de habilidades prácticas son fundamentales, estas innovaciones adquieren una relevancia crucial. Este trabajo se orienta a fortalecer el entorno de aprendizaje virtual del Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN), reconociendo la necesidad de formar profesionales más capacitados y mejor preparados para enfrentar los desafíos del entorno marítimo moderno.

Para ello, se implementaron tecnologías avanzadas de modelado digital que permiten simular los instrumentos del puente de mando compás magnético, rueda de navegación, clinómetro, mando de aceleración, indicadores del sistema de propulsión, anemómetro, indicador de combustible, controles individuales para el sistema de timones y apagado de emergencia de una embarcación que respondan de manera realista en escenarios de navegación. Estos instrumentos responden de manera interactiva a las acciones de navegación potenciando la experiencia formativa. Este enfoque no solo busca mejorar las competencias técnicas de los estudiantes, sino también fomentar un aprendizaje autónomo y adaptado a las exigencias del sector naval.

Este enfoque pedagógico no se limita al desarrollo de competencias técnicas, sino que también busca fomentar habilidades esenciales como la autonomía en el aprendizaje, la toma de decisiones en entornos complejos y la adaptabilidad a las demandas cambiantes del sector naval. Las simulaciones digitales, diseñadas para responder de manera precisa y dinámica a las acciones de los usuarios, representan un avance significativo en la experiencia formativa, ayudando a que los estudiantes adquieran las destrezas necesarias para desempeñarse con eficacia en situaciones reales.

Las conclusiones de este trabajo subrayan la efectividad de integrar tecnologías de modelado digital en entornos educativos para transformar la enseñanza de disciplinas altamente técnicas como la navegación marítima. Al proporcionar un entorno de aprendizaje innovador y seguro, se promueve no solo el desarrollo de competencias específicas, sino también una visión más amplia sobre el uso estratégico de la tecnología en la educación, consolidando así un modelo educativo alineado con las exigencias del mundo profesional moderno.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La formación de marinos altamente capacitados es esencial para garantizar la seguridad, eficiencia y competitividad de las operaciones marítimas en un país. Como señala Stopford [1] el sector marítimo “es un componente crítico en el comercio internacional y el desarrollo económico, lo que exige un alto nivel de competencia técnica y profesional entre los navegantes”. Sin embargo, en El Salvador, la formación de estudiantes en el Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN) enfrenta importantes desafíos derivados de la insuficiencia tecnológica en sus herramientas de enseñanza. A pesar de contar con un simulador computarizado para entrenar a sus estudiantes, este sistema presenta limitaciones que comprometen la calidad de la instrucción práctica, un aspecto fundamental en el desarrollo de habilidades aplicadas.

Actualmente, el simulador del CEIN dispone de un módulo gráfico básico que permite representar visualmente embarcaciones y elementos del entorno marítimo. No obstante, enfrenta una deficiencia significativa en la instrumentación del puente de mando, lo que limita su capacidad para replicar escenarios de navegación con un alto grado de realismo. Según Schagerl [2] “la simulación realista en la formación marítima es vital para que los estudiantes puedan enfrentarse a condiciones operativas complejas, desarrollar competencias técnicas y reaccionar eficazmente ante situaciones de emergencia”. En el caso del CEIN, la ausencia de instrumentación adecuada en el puente de mando no solo restringe la capacidad del simulador para replicar entornos operativos reales, sino que también limita el aprendizaje experiencial de los estudiantes. Este tipo de aprendizaje, reconocido como una de las metodologías más efectivas en disciplinas técnicas, permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos teóricos en situaciones prácticas y desarrollar habilidades de resolución de problemas en tiempo real. En el contexto marítimo, donde la toma de decisiones rápida y precisa es esencial, esta limitación tecnológica constituye un obstáculo significativo para la formación integral de los futuros navegantes.

Además, la falta de un simulador adaptado a las necesidades del CEIN compromete la preparación de los estudiantes para enfrentar situaciones críticas, como emergencias a bordo o fallos en los sistemas de navegación. Estas condiciones, que en un entorno real pueden poner en riesgo la vida de la tripulación y la seguridad de las operaciones, requieren de una formación rigurosa que combine teoría con práctica intensiva en entornos controlados. Según Álvarez [3], “los simuladores con capacidades avanzadas de instrumentación y realismo son herramientas indispensables para garantizar que los estudiantes adquieran competencias prácticas y sean capaces de adaptarse a las exigencias del sector”.

En este contexto, resulta imperativo superar estas limitaciones mediante la integración de tecnologías avanzadas de modelado digital que permitan replicar, con un alto grado de realismo, los instrumentos clave del puente de mando. Entre ellos se incluyen el compás magnético, el clinómetro, los mandos de aceleración, los indicadores del sistema de propulsión y los controles de emergencia, los cuales son fundamentales para la operación segura y eficiente de las embarcaciones.

La implementación de una instrumentación avanzada en el simulador no solo contribuiría a mejorar la calidad de la instrucción práctica, sino que también fortalecería la capacidad de los estudiantes para desenvolverse en situaciones reales. Esto, a su vez, impactaría positivamente en la competitividad del sector marítimo salvadoreño, posicionándolo como un actor relevante en el comercio internacional y garantizando la seguridad y eficacia de sus operaciones marítimas.

En conclusión, abordar esta problemática mediante la mejora tecnológica del simulador del CEIN representa una oportunidad estratégica para transformar la formación marítima en El Salvador, elevando su estándar educativo y asegurando la preparación de profesionales capaces de enfrentar los desafíos del entorno marítimo moderno.

2.2 ANTECEDENTES / ESTADO DE LA TÉCNICA

El uso de simuladores en la formación de marinos es una práctica consolidada a nivel internacional. A nivel global, instituciones académicas y organizaciones de la industria marítima han adoptado tecnologías de simulación avanzada para mejorar la capacitación de los marinos con software especializado y plataformas móviles que funcionan mediante elementos mecánicos e hidráulicos.

En El Salvador no se tiene un antecedente documentado sobre el desarrollo de simuladores para la navegación marítima, sin embargo, el CEIN cuenta con un simulador el cual se elaboró a partir de un software ya creado llamado “Vehicle Simulator” y que tiene integradas algunas funcionalidades hechas por el personal del CEIN. Ese simulador permite a los estudiantes realizar sus prácticas en un entorno donde se pueden replicar algunas condiciones de navegación, sin embargo, no cuenta con un tablero de control que simule un puente de mando el cual incorpore instrumentos interactivos que son cruciales para una adecuada práctica de los estudiantes.

Investigaciones internacionales:

Nombre del documento	Herramienta Virtual Para Simular Maniobras Con Buque Tipo GNL en la Bahía de Cartagena.
Autor/es	• Cristhian Carmelo Mendoza Pérez • Marena del Rosario Vitola Quintero
Descripción	El propósito principal del proyecto fue diseñar un ambiente virtual marítimo con las características técnicas necesarias para simular ejercicios de navegación con buques virtuales tipo GNL en la Bahía de Cartagena. Se desarrolló una herramienta virtual denominada Terminal Marítimo El Cayao y, posteriormente se puso a prueba en la ejecución de maniobras en el simulador de puente Transas Ntpro 5000 del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación para Actividades Marítimas de la Escuela Naval (CIDIAM). Los resultados permitieron determinar que la herramienta desarrollada fue efectiva para la simulación de maniobras con buques virtuales. Se concluye que el uso de este tipo de herramientas permite a las tripulaciones de los buques una mejor comprensión de la complejidad de las maniobras que deben realizar durante la navegación, lo cual contribuye a la mitigación de riesgos y errores humanos durante este proceso.
Conceptos abordados	De acuerdo con el enfoque planteado en la investigación se pudo crear de manera óptima una herramienta virtual para la navegación marítima altamente interactiva, que posibilitó a los usuarios recrear maniobras con buques virtuales de gran tamaño en condiciones específicas y facilitar, así, la evaluación de toma de decisiones por parte del factor humano directamente implicado en los ejercicios. Con lo anterior se tuvieron como resultados los siguientes elementos. 1) la implementación de tecnologías como el software 3DMAX, Adobe Photoshop, Google Maps y Google Earth en el diseño de escenarios virtuales marítimos es adecuada, debido a que estas brindan las herramientas necesarias para el desarrollo de prototipos de realidad virtual de alta resolución y realismo; 2) la herramienta diseñada contribuye significativamente con el fortalecimiento de la seguridad en el mar, puesto que facilita el análisis y el entendimiento del grado de complejidad que implica el desarrollo de maniobras marítimas con buque de gran envergadura en zonas de alto tráfico marino; 3) el escenario virtual proporciona a los usuarios una experiencia altamente inmersiva durante la simulación, complementada por la integración de condiciones meteorológicas más representativas de la zona de estudio, un alto nivel de detalle gráfico y una interacción fluida con la tripulación que opera desde el simulador de puente; 4) el ambiente virtual desarrollado es efectivo en la simulación de maniobras marítimas con buques virtuales tipo LNG, ya que a través de su uso es posible valorar con un alto grado de exactitud las dificultades de ejecución de las maniobras planteadas.
País	Colombia
Año	2017
URL	https://n9.cl/es/s/njqzx

2.3 JUSTIFICACIÓN

La integración efectiva de tecnologías en los procesos educativos ha transformado el paradigma formativo, promoviendo un enfoque centrado en el estudiante y fomentando su participación colaborativa y autónoma. Esta tendencia se ve respaldada por el auge de herramientas digitales asociadas a la web 2.0, las cuales han facilitado el trabajo colaborativo en entornos tecnológicos diseñados para crear auténticas redes de aprendizaje. Según Adell *et al.* [4], estas herramientas “rompen las barreras físicas de las aulas convencionales, permitiendo la creación de entornos educativos más abiertos, interactivos y personalizables”.

En este contexto, los entornos virtuales se presentan como plataformas dinámicas que potencian el aprendizaje inmersivo. Cabero [5] resalta que “los entornos virtuales ofrecen a los usuarios la posibilidad de interactuar, utilizar, recrear e intercambiar objetos, destacándose por características como la inmersión, la interactividad y la personalización”. Estas características no solo enriquecen la experiencia educativa, sino que también potencian la construcción de conocimientos prácticos y aplicables, especialmente en áreas técnicas como la navegación marítima.

En el contexto específico del Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN), la formación de los estudiantes se erige como un pilar fundamental para asegurar la seguridad y eficiencia de las operaciones marítimas en el país. Sin embargo, los métodos de formación tradicionales presentan limitaciones en cuanto a la diversidad de escenarios y la capacidad de brindar realismo, lo cual compromete la preparación de los estudiantes para enfrentar situaciones prácticas en el mar.

La literatura sobre formación marítima subraya la importancia de incorporar tecnologías avanzadas en los procesos educativos. Schagerl [6] argumenta que “la simulación realista en la formación marítima es vital para que los estudiantes puedan enfrentarse a condiciones operativas complejas, desarrollar competencias técnicas y reaccionar eficazmente ante situaciones de emergencia”. En este sentido, la implementación de un puente de mando con instrumentos digitales en el CEIN no solo es una solución innovadora, sino también una necesidad estratégica para cerrar la brecha entre el conocimiento teórico y la práctica profesional.

Este enfoque amplía significativamente la gama de escenarios de navegación que pueden ser simulados, incluyendo maniobras complejas, condiciones climáticas adversas y situaciones de emergencia. Como señala Stopford [1], “la competencia técnica y profesional de los navegantes es un factor determinante para garantizar la seguridad y eficiencia del sector marítimo, el cual desempeña un papel crucial en el comercio internacional y el desarrollo económico”. La capacidad de simular entornos de navegación realistas en un entorno seguro no solo fortalece las habilidades prácticas de los estudiantes, sino que también fomenta su confianza y preparación para enfrentar los desafíos reales del entorno marítimo moderno.

La incorporación de tecnologías avanzadas como un puente de mando digital en el CEIN representa un avance crucial en la calidad de la formación marítima en El Salvador. Este enfoque responde de manera directa a la necesidad de ofrecer una educación más enriquecedora y contextualizada, asegurando que los futuros marinos estén preparados para desempeñarse de manera efectiva en escenarios reales, contribuyendo así al fortalecimiento del sector marítimo nacional e internacional.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar tecnologías de modelado digital para el fortalecimiento de entornos de aprendizajes de navegación marítima para los estudiantes del Centro de Educación e Instrucción Naval CEIN mediante un simulador computarizado.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Diseñar 9 instrumentos digitales elaborados para la formación en navegación marítima del CEIN, integrando tecnologías de modelado digital que reproduzcan de manera realista el entorno del puente de mando de las embarcaciones.
- b) Integrar funcionalidades en el simulador, que permitan a los estudiantes interactuar con el entorno virtual del puente de mando, facilitando el desarrollo de habilidades prácticas y la toma de decisiones en situaciones simuladas de navegación.
- c) Incorporar un sistema básico de retroalimentación efectiva en el simulador, para registrar el desempeño de los estudiantes durante las prácticas de navegación.

4. PREGUNTA PROBLEMA

¿Cómo los instrumentos digitales de navegación marítima que se diseñarán e implementarán beneficiarán a los estudiantes del CEIN?

5. MARCO TEÓRICO

5.1 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA SIMULACIÓN EDUCATIVA

La simulación educativa es una técnica pedagógica que emplea modelos virtuales o físicos para recrear situaciones del mundo real con el propósito de facilitar el aprendizaje práctico y experiencial. Según Gredler [7], “la simulación permite a los estudiantes involucrarse activamente en la resolución de problemas, tomar decisiones y experimentar consecuencias en un entorno controlado y seguro”.

Características principales

- **Inmersión.** Los usuarios perciben un alto grado de realismo, lo que les permite sumergirse en escenarios que imitan condiciones reales [5].
- **Interactividad.** Los simuladores responden a las acciones del usuario en tiempo real, proporcionando retroalimentación inmediata [8].
- **Seguridad.** Ofrecen un entorno sin riesgos donde los estudiantes pueden practicar tareas complejas o peligrosas, como maniobras marítimas en condiciones adversas.

Ventajas de la simulación educativa

- Facilita el aprendizaje práctico. Según Kolb [9], el aprendizaje experiencial es fundamental para la adquisición de habilidades técnicas, especialmente en disciplinas donde la práctica es esencial.
- Mejora la retención del conocimiento. La participación activa en simulaciones mejora significativamente la comprensión y retención de conceptos.
- Promueve la autonomía. Los estudiantes desarrollan habilidades de autoaprendizaje al enfrentarse a problemas prácticos de manera independiente [1].

Relevancia en la formación técnica

En áreas como la navegación marítima, la simulación se ha convertido en una herramienta indispensable para preparar a los estudiantes para escenarios complejos y situaciones de emergencia. Stopford [1] señala que los simuladores educativos no solo enseñan habilidades técnicas, sino que también fomentan competencias transversales como la toma de decisiones y el trabajo en equipo.

5.2 FUNDAMENTOS DE SIMULADORES EN LA EDUCACIÓN NÁUTICA

Rojas [10] menciona que “la integración de controles náuticos en simuladores de navegación se fundamenta en la convergencia entre la tecnología de simulación y la utilización de los instrumentos de navegación marítima. Se apoya en conceptos de realidad virtual, simulación de sistemas dinámicos y principios de navegación marítima” [11].

La simulación es una herramienta avanzada que ofrece el desarrollo de escenarios cercanos a situaciones de la vida real para varios propósitos, tales como el entrenamiento y superación de competencias en personas con experiencia, control e investigación de emergencias y desarrollo en varios campos. El uso de simuladores con propósitos de entrenamiento e investigación se incrementó durante los últimos años y en el “Convenio internacional para la formación, titulación y guardia para la gente de mar”, STCW 95, el simulador es aceptado como una herramienta de entrenamiento y evaluación. La real fortaleza de estas herramientas constituye su capacidad para duplicar ambientes o situaciones operacionales comprimidas en tiempo y, por lo tanto, preparan y entrenan a los marinos para afrontar emergencias que son riesgosas de duplicar con equipos reales.

5.3 EDUCACIÓN VIRTUAL

La educación virtual es la optimización de los recursos tecnológicos para mejorar el proceso educativo y es gracias a la tecnología que se logra potencializar el apoyo y desarrollo de los alumnos. Gracias a la distancia y a estar en un ambiente “no presencial” la participación del alumno es interactiva. La educación virtual ofrece a los estudiantes la posibilidad de:

- Adquirir nuevas habilidades y conocimientos al organizar sus horarios a su ritmo. Como verdaderos autodidactas.
- Aprender con materiales didácticos en línea, que le dan la oportunidad de analizar los diferentes contenidos, que contribuyan a su formación, haciéndola más sencilla.

Con la educación virtual los programas de educación que se usan para la formación del alumno tienden a ser más personalizados. Se deben adaptar a las exigencias de conocimiento que cada uno requiera. Pasa lo mismo con las plataformas usadas por los maestros, pues les ayudan a darle un seguimiento más puntual a cada estudiante. Así, hay menos dudas y más respuestas.

Según Rodríguez [12], “la educación virtual ha demostrado que no es necesario ser un experto en plataformas digitales, parte de su flexibilidad es que se adapta a las necesidades de cada persona, es decir, la tecnología se convierte en aliada. Es gracias a las nuevas tecnologías que los programas y sistemas cambian, no son estáticos, se vuelven más dinámicos con el fin de facilitar el proceso de aprendizaje que requiere cada alumno”.

5.4 SIMULADORES VIRTUALES

Los simuladores de realidad virtual son dispositivos que permiten a una persona experimentar un entorno virtual, y este entorno virtual puede ser completamente diferente del entorno real del usuario, o puede ser una extensión del mismo.

¿Qué es un simulador de realidad virtual?

Magallanes *et al.* [12] define que un simulador de realidad virtual es “un dispositivo que crea un entorno virtual para el usuario, y este entorno puede utilizarse con diversos fines, como los de capacitación laboral, educación o para mero entretenimiento”

El simulador de realidad virtual suele constar de tres partes. la pantalla, la entrada y el seguimiento. A continuación, se describen.

- **Pantalla.** La pantalla es la parte del simulador de realidad virtual que ve el usuario. Este puede ser un monitor, un proyector o incluso una pantalla montada en la cabeza (HMD).
- **Entrada.** La entrada es la parte del simulador de realidad virtual que el usuario usa para interactuar con el entorno virtual. Puede ser un teclado y un ratón, un joystick o un conjunto de sensores.
- **El seguimiento.** Es la parte del simulador de realidad virtual que sigue la trayectoria del usuario a través del entorno virtual.

Simuladores de realidad virtual en el aprendizaje

Los simuladores de realidad virtual se han utilizado con fines de capacitación desde principios de la década de 1990. Esto porque proporcionan un entorno virtual realista en el que los usuarios pueden entrenarse para diversas tareas [12].

Por ejemplo, los pilotos utilizan los simuladores para practicar el aterrizaje de aviones en condiciones difíciles. Los bomberos emplean los simuladores de realidad virtual para practicar la extinción de incendios.

También, esta tecnología se usa para las capacitaciones en materia de salud y seguridad laboral. Esto porque permite a los trabajadores experimentar situaciones potencialmente peligrosas en un entorno seguro, lo que les ayuda a aprender cómo responder a estas situaciones si se producen en el mundo real.

Incluso, se emplean para entrenar a los trabajadores en nuevas tareas o procedimientos, en plantas de diversos sectores industriales.

Ventajas de los simuladores de realidad virtual [12].

- Puede proporcionar una experiencia más realista que otras formas de capacitación o aprendizaje
- Puede utilizarse para formar a los empleados en tareas peligrosas o difíciles
- Puede ayudar a las personas a aprender nuevas habilidades o a mejorar las existentes.

Actualmente existen simuladores de navegación que incorporan algunos controles náuticos, pero la integración completa de todos los elementos aún representa un área de desarrollo. Se han realizado investigaciones sobre la eficacia de los simuladores de navegación para el entrenamiento de marinos, pero

hay una necesidad de estudios adicionales que evalúen específicamente el impacto de la integración de controles náuticos en la mejora de las habilidades de navegación

La integración de controles náuticos en simuladores de navegación representa una evolución significativa en la capacitación y el entrenamiento de marinos. Al combinar los principios de la simulación con los fundamentos de la navegación marítima, se crea un entorno de aprendizaje más inmersivo y realista. Sin embargo, se requiere más investigación para validar la eficacia y el impacto de esta integración en la formación de marinos y en la seguridad de la navegación.

5.5 TECNOLOGÍAS EN LA FORMACIÓN MARÍTIMA

La tecnología aplicada a la educación marítima ha evolucionado significativamente, permitiendo el desarrollo de simuladores avanzados que emulan condiciones reales de navegación. Estas herramientas ofrecen entornos de aprendizaje que replican de manera fiel los desafíos del entorno marítimo, incluyendo condiciones climáticas, maniobras complejas y situaciones de emergencia.

Historia y evolución de los simuladores marítimos

El uso de simuladores en la formación marítima comenzó en la década de 1960 con modelos básicos que simulaban funciones limitadas del puente de mando. Según la OMI [14], los avances tecnológicos en la década de 1990 introdujeron simuladores de realidad virtual y aumentada, los cuales han revolucionado la formación técnica en este ámbito.

Tipos de simuladores

1. **Simuladores de puente de mando.** Reproducen instrumentos y controles para maniobras de navegación y toma de decisiones en tiempo real [15].
2. **Simuladores de motor.** Simulan operaciones técnicas y de mantenimiento de los sistemas de propulsión de las embarcaciones [16].
3. **Simuladores de carga.** Permiten a los estudiantes practicar operaciones de carga y descarga en diferentes tipos de embarcaciones [17].

Impacto del modelado digital y la realidad virtual

La incorporación de tecnologías como el modelado digital y la realidad virtual ha llevado la simulación marítima a un nivel superior. Estudios recientes muestran que estos avances permiten una inmersión total, mejorando la experiencia de aprendizaje y la preparación de los estudiantes para situaciones reales [18].

Ventajas específicas en la formación marítima

1. **Realismo.** Replican condiciones operativas complejas, como tormentas, maniobras en puertos congestionados o fallos técnicos.
2. **Seguridad.** Ofrecen un entorno controlado para practicar maniobras peligrosas sin riesgos físicos ni materiales.
3. **Rentabilidad.** Reducen costos asociados con el entrenamiento en embarcaciones reales, como combustible y mantenimiento.

5.6 INSTRUMENTOS DIGITALES DE NAVEGACIÓN

Los instrumentos digitales de navegación son componentes esenciales en el equipamiento de cualquier embarcación moderna, proporcionando información crítica para la seguridad, la eficiencia y el control durante la navegación. Desde el clásico compás magnético hasta los más avanzados sistemas de propulsión controlados digitalmente, estos instrumentos representan una combinación de tecnología tradicional y digital que permite a los navegantes realizar viajes seguros y precisos en todo tipo de

condiciones. Los instrumentos de navegación como el compás magnético, rueda de navegación clinómetro, mandos de aceleración y los sistemas de propulsión ofrecen lecturas precisas a los navegantes para navegar con confianza en cualquier entorno.

COMPÁS MAGNÉTICO

Es un instrumento utilizado en navegación marítima para determinar la dirección de la embarcación con respecto al campo magnético terrestre. Consiste en una aguja magnetizada que apunta hacia el norte magnético, permitiendo a los navegantes mantener un rumbo constante [19].

Utiliza un imán suspendido en equilibrio para señalar la dirección del norte magnético. Este dispositivo permite a los navegantes orientarse en el mar, siendo esencial para determinar el rumbo de una embarcación en relación con los puntos cardinales.

RUEDA DE NAVEGACIÓN

Es un dispositivo utilizado en la navegación marítima para controlar la dirección de una embarcación. Se encuentra ubicada en la cabina de mando y está conectada al timón, permitiendo al timonel o al piloto cambiar la dirección de la embarcación mediante la rotación de la rueda [20].

La rueda de navegación es un dispositivo mecánico que permite al timonel dirigir una embarcación ajustando la posición del timón. Por lo general, se encuentra ubicada en el puente o en la cubierta de mando y está conectada al timón mediante sistemas de transmisión mecánica, hidráulica o electrónica. Su diseño incluye radios que facilitan el control manual, permitiendo realizar ajustes precisos del rumbo incluso en condiciones

de viento fuerte o mar agitado. Además de su funcionalidad, la rueda de navegación representa un símbolo icónico de la navegación marítima.

CLINÓMETRO

Burch [21] define que es un “instrumento utilizado en la navegación marítima para medir el ángulo de inclinación lateral de una embarcación, también conocido como escora. Proporciona lecturas precisas que permiten a los navegantes monitorear la estabilidad de la embarcación y tomar medidas correctivas si es necesario”.

El clinómetro es el ojo técnico del navegante, capaz de revelar los sutiles equilibrios entre la fuerza del mar y la resistencia del casco.

MANDO DE ACELERACIÓN

Shearlock *et al.* [22] lo definen como “un dispositivo utilizado en embarcaciones para controlar la velocidad del motor y, por ende, la velocidad de la embarcación. Está diseñado para permitir al capitán o al operador ajustar la velocidad de manera precisa y gradual, mediante la manipulación de una palanca o un mando en la consola de control”.

INDICADORES DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN

Los indicadores del sistema de propulsión son instrumentos esenciales en el panel de control de una embarcación, que proporcionan al operador información detallada sobre el rendimiento y la operación del motor y la propulsión. Permiten monitorear en tiempo real diversos parámetros, lo que ayuda a detectar y resolver problemas de manera rápida y eficiente [23].

Estos indicadores pueden incluir datos sobre la velocidad de las revoluciones del motor (RPM), la temperatura, la presión del aceite, la carga de combustible consumida, y el estado general del sistema. Son esenciales para el monitoreo constante de la eficiencia, seguridad y rendimiento del sistema de propulsión, permitiendo al navegante tomar decisiones rápidas ante cualquier anomalía.

ANEMÓMETRO

Los anemómetros se utilizan son de utilidad para comparar la velocidad del viento registrada para compararlos con los grados correspondientes con la escala de Beaufort para determinar qué efecto tendría el viento en un nivel determinado en los alrededores del agua [24].

Este dispositivo es fundamental para evaluar las condiciones meteorológicas en alta mar, ayudando a los navegantes a ajustar el rumbo, las velas o las estrategias de navegación según la intensidad y orientación del viento. Existen varios tipos de anemómetros, desde los mecánicos de cazoletas hasta los electrónicos con sensores ultrasónicos.

INDICADOR DE COMBUSTIBLE

El indicador de combustible es un instrumento instalado en las embarcaciones que muestra la cantidad de combustible disponible en los tanques. Funciona a través de sensores que detectan el nivel del combustible, transmitiendo la información al panel de control en forma de una lectura analógica o digital. Es esencial para la planificación del viaje, garantizando que la embarcación cuente con suficiente suministro para completar su trayecto de manera segura.

CONTROLES INDIVIDUALES PARA EL SISTEMA DE TIMONES

Los indicadores de timón brindan una referencia clara y fiable de la posición del ángulo del timón, el comando del timón o el paso de la hélice en las estaciones de control de su barco.

Para CENTAMAR [25] es “el componente que se encarga de permitir la maniobrabilidad de cualquier embarcación, lo que incluye maniobras de navegación, de atraque o desatraque, de aproximación, etc.”

El timón responde a los giros de la rueda de mando y opone resistencia al agua del océano cuando el timón se mueve de un lado a otro. Este movimiento del timón y la resistencia del agua es lo que produce el cambio de rumbo de la embarcación. Dependiendo del tipo de embarcación, hay timones laterales, pero, normalmente, los timones están situados en la popa del barco y totalmente sumergidos. Esto, junto al sistema de propulsión del buque, hace que la resistencia al agua mueva el barco en la dirección que el capitán desea.

El funcionamiento de un timón está determinado por las siguientes características.

- **La superficie total de la pala.** El tamaño de la pala del timón determinará la resistencia total que puede soportar en los esfuerzos dinámicos durante la navegación y las maniobras.
- **La forma del codaste.** El codaste sirve de soporte de giro del timón y su forma está determinada por el resto de características del buque, especialmente de si la embarcación tiene o no tiene hélice, igual que su disposición con respecto a los propulsores.
- **El número de timones.** Una embarcación puede tener uno o más timones. Lo normal es que los barcos pequeños o mediados tengan solo uno y que los grandes buques tengan más de uno. Esto implica tener un control por cada timón que posee la embarcación.

APAGADO DE EMERGENCIA

El apagado de emergencia es un sistema diseñado para detener de inmediato el funcionamiento del motor o los equipos principales de una embarcación en situaciones críticas. Este mecanismo se activa manualmente, a través de un botón o una palanca, o automáticamente mediante sensores que detectan fallos en el sistema, sobrecalentamiento, pérdida de control, o situaciones de peligro para la tripulación. Su propósito es prevenir daños mayores a la embarcación, proteger a las personas a bordo y evitar impactos ambientales graves.

5.7 LENGUAJE DE PROGRAMACION JAVASCRIPT

JavaScript, como lenguaje de programación versátil y orientado a la web, se posiciona como una herramienta clave para el desarrollo de simulaciones interactivas en tiempo real, como las requeridas para emular los controles del puente de navegación. Este lenguaje no solo permite la visualización gráfica avanzada, sino también la implementación de lógica interactiva que replica la funcionalidad de instrumentos reales [26].

El desarrollo de un entorno educativo virtual de aprendizaje para interpretar los instrumentos de navegación es posible con el lenguaje de JavaScript mediante las siguientes características.

- **Interactividad Dinámica.** JavaScript permite captar y procesar eventos del usuario, como el giro de la rueda de navegación, el ajuste de mandos de aceleración u otros controles, replicando las respuestas esperadas en un entorno real.
- **Simulación Física.** Con librerías como Cannon.js o Ammo.js, gauges.com es factible modelar comportamientos físicos, como la influencia de las mareas sobre la navegación o el impacto de fuerzas externas en los instrumentos.

Integración con APIs para Datos en Tiempo Real

El sistema puede beneficiarse de APIs web para introducir datos dinámicos, como condiciones meteorológicas y de marea, actualizando en tiempo real los indicadores de la simulación. Esto no solo enriquece la experiencia del usuario, sino que también aumenta la precisión del entorno educativo.

Aplicación en la Educación y Entrenamiento Marítimo

El uso de JavaScript en la simulación interactiva del puente de navegación permite.

- **Entrenamiento Seguro.** Los usuarios pueden familiarizarse con los controles en un entorno virtual antes de enfrentarse a escenarios reales.
- **Flexibilidad de Desarrollo.** La posibilidad de personalizar cada componente del puente según los objetivos específicos del proyecto.
- **Compatibilidad Multiplataforma.** Dado que JavaScript opera directamente en navegadores, las simulaciones pueden ejecutarse en múltiples dispositivos sin necesidad de instalar software adicional.

6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de investigación se enfocó en la implementación de tecnologías de diseño de interfaces digitales con el objetivo de potenciar el entorno de aprendizaje de navegación marítima de los estudiantes del Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN). Dada la importancia de la navegación marítima para la economía del país, se reconoce la necesidad de proporcionar una formación de alta calidad. Esto es crucial para asegurar la seguridad y eficiencia de las operaciones marítimas. Las tecnologías de diseño de interfaces de instrumentalización digital y los simuladores computarizados brindan una oportunidad única para elevar la calidad de la formación, permitiendo a los marinos adquirir habilidades y experiencia práctica en un entorno virtual controlado.

Este proyecto abordó el desafío de mejorar la formación técnica en navegación marítima ofrecida por el Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN), mediante la implementación de tecnologías de modelado digital. Con un enfoque en optimizar el entorno de aprendizaje de los estudiantes, se desarrollaron nueve instrumentos digitales que simulan de manera realista los componentes esenciales del puente de mando, tales como el compás magnético, la rueda de navegación, el clinómetro, el mando de aceleración, indicadores del sistema de propulsión, entre otros.

Los instrumentos que contiene el simulador son los siguientes.

- Compás magnético
- Rueda de gobierno
- Clinómetro
- Mandos de aceleración
- Indicadores del sistema de propulsión
- Anemómetro
- Sistema de combustible
- Controles individuales para el sistema de timones
- Apagado de emergencia

Con la digitalización de estos instrumentos se tiene como propósito elevar el nivel de preparación y competencia de los estudiantes del Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN) a través de tecnologías de vanguardia. El proyecto se llevó a cabo en colaboración con la Escuela de Formación de la Fuerza Naval de El Salvador, lo que garantiza una implementación efectiva y sostenible de las mejoras propuestas.

El proyecto se desarrolló en 4 fases.

FASE I. PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

Esta fase consistió en la planificación de las visitas de campo que se realizaron al Centro de Enseñanza de Instrucción Naval (CEIN) de La Unión para estudiar el estado actual de operación del simulador de navegación naval. Para ello se utilizaron instrumentos de investigación, como hojas de observación y fichas de entrevistas.

FASE II. ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICO

En esta parte del proyecto se realizaron 3 visitas de campo al CEIN para aplicar los instrumentos de la etapa anterior; estos datos fueron analizados con el objetivo de establecer los requerimientos necesarios para el desarrollo de los instrumentos de navegación digital.

FASE III. DESARROLLO DEL SIMULADOR (PROPUESTA)

Con los requerimientos establecidos en la fase anterior, se procedió a desarrollar los 9 instrumentos de navegación digitales para la enseñanza y adiestramiento de las competencias en el manejo efectivo de las embarcaciones en diferentes situaciones que se enfrenten los estudiantes.

FASE IV. DISEÑO FINAL Y ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS FINALES

En esta fase se presentó el simulador final al CEIN, con el objetivo de identificar mejoras. También se realizaron los documentos de investigación finales (Informe y artículo científico).

6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación aplicada. La razón de esta clasificación es que se enfoca en resolver un problema práctico específico. mejorar la formación de los estudiantes del Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN) en navegación marítima mediante el uso de tecnologías avanzadas de modelado digital.

6.3 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto se realizó en el Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN) ubicado en el distrito de La Unión, municipio de La Unión Sur, departamento de La Unión.

6.4 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la recolección de información se emplearon diversas técnicas de investigación entre las cuales se destacan la entrevista, la observación directa y la revisión documental. Estas técnicas fueron seleccionadas estratégicamente para obtener una visión completa y profunda sobre la implementación de las nuevas tecnologías en el proceso educativo del Centro de Educación e Instrucción Naval (CEIN).

- **Entrevista**

Se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas con los principales actores involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje, docentes y estudiantes. Esta técnica permitió explorar las percepciones, opiniones y experiencias de los participantes con respecto a los elementos que debe contener el simulador (Anexo 2).

- **Observación Directa**

La observación directa fue otra técnica clave en la recolección de datos. Se realizaron diversas visitas al CEIN que permitieron recolectar la información técnica para la programación de los 9 instrumentos considerados en el simulador (Anexo 1).

- **Revisión documental**

La revisión documental se realizó como un pilar fundamental para recopilar y analizar bibliografía relevante de cada instrumento de navegación que contiene el simulador. En esta tarea apoyaron estudiantes de la carrera Técnico en Ingeniería de Desarrollo de Software (Anexo 3).

6.5 MATRIZ OPERACIONAL DE LA METODOLOGÍA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES A EJECUTAR	RESULTADOS ESPERADOS	RESPONSABLE
1. Diseñar 9 instrumentos digitales elaborados para la formación en navegación marítima del CEIN, integrando tecnologías de modelado digital que reproduzcan de manera realista el entorno del puente de mando de las embarcaciones.	A1. Entrevistar al director del CEIN para obtener información de funcionamiento sobre los instrumentos digitales que se diseñaran para el simulador. A2. Diseñar la interfaz gráfica de los instrumentos digitales de acuerdo a la información proporcionada por el director del CEIN. A3. Programar el funcionamiento de los instrumentos digitales en el simulador para que funcionen de manera realista y respondan con las instrucciones de los usuarios.	R1. Identificar el funcionamiento de cada uno de los instrumentos digitales para la navegación marítima en situaciones reales. R2. Una interfaz gráfica digital de cada uno de los instrumentos digitales que simulen el puente de mando. R3. Implementar el funcionamiento de los instrumentos digitales creando los procesos digitales utilizando un lenguaje de programación.	Ing. Edgardo Antonio Claros. Lic. Danilo Yoalmo López.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES A EJECUTAR	RESULTADOS ESPERADOS	RESPONSABLE
2. Integrar funcionalidades, que permitan a los estudiantes interactuar con el entorno virtual del puente de mando, facilitando el desarrollo de habilidades prácticas y la toma de decisiones en situaciones simuladas de navegación.	A1. Investigar el comportamiento de los instrumentos digitales de navegación en situaciones reales de una embarcación. A2. Programar los instrumentos digitales de navegación.	R1. Identificar el funcionamiento de los instrumentos digitales de navegación. R2. Los instrumentos digitales de navegación indicarán las magnitudes correspondientes de situaciones reales de acuerdo a las maniobras realizadas por los usuarios al utilizar el simulador de navegación.	Ing. Edgardo Antonio Claros. Lic. Danilo Yoalmo López.
3. Incorporar un sistema básico de retroalimentación efectiva en el simulador, para registrar el desempeño de los estudiantes durante las prácticas de navegación.	A1. Diseñar una base de datos para registrar los usuarios (estudiantes) que utilizarán el simulador. A2. Diseñar indicadores de resultado de acuerdo a las maniobras realizadas por el estudiante basadas en la manipulación del simulador propiedad del CEIN.	R1. Implementar una base de datos que identifique a los usuarios (estudiantes) que utilicen el simulador de navegación del CEIN. R2. Registrar el rendimiento de los usuarios (estudiantes) que utilizan el simulador de navegación propiedad del CEIN, basados en las maniobras realizadas por los estudiantes. R3. Fortalecer en los estudiantes la capacidad de manipular embarcaciones y tomar decisiones correctas en situaciones reales de navegación.	Ing. Edgardo Antonio Claros. Lic. Danilo Yoalmo López.

7. RESULTADOS

7.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE INSTRUMENTOS DE NAVEGACIÓN

El presente proyecto surge como una respuesta a la necesidad del Centro de Educación e Instrucción Naval CEIN de fortalecer la formación académica en el manejo de instrumentos navales fundamentales para la navegación. Esta iniciativa tiene como objetivo brindar a los estudiantes un entorno controlado y seguro, aprovechando las tecnologías informáticas disponibles en la actualidad.

Para abordar esta necesidad se desarrolló un simulador virtual del buque **Defiant 85** fabricado por Metal Shark, el cual posee actualmente el CEIN. Este simulador fue diseñado para que los estudiantes adquieran competencias prácticas en el uso de los instrumentos del puente de mando, debido a que replica las condiciones operativas reales, facilitando así la comprensión de los principios técnicos involucrados en el funcionamiento de cada instrumento.

Como resultado del proyecto de simulación para la navegación fueron diseñados y desarrollados los siguientes instrumentos.

COMPÁS MAGNÉTICO

Descripción General

El compás magnético es un instrumento de orientación fundamental en la navegación marítima. Este dispositivo utiliza la interacción con el campo magnético terrestre para determinar el rumbo de la embarcación. En el Defiant 85, el compás magnético se encuentra adaptado para proporcionar una referencia precisa del rumbo y garantizar la correcta navegación en condiciones marítimas cambiantes.

Se diseñó e implementó un modelo de compás magnético virtual que emula la orientación relativa a los puntos cardinales. Este instrumento permite simular las condiciones de navegación real para la orientación de la embarcación y su integración con otros controles del puente de mando (Fig. 1).

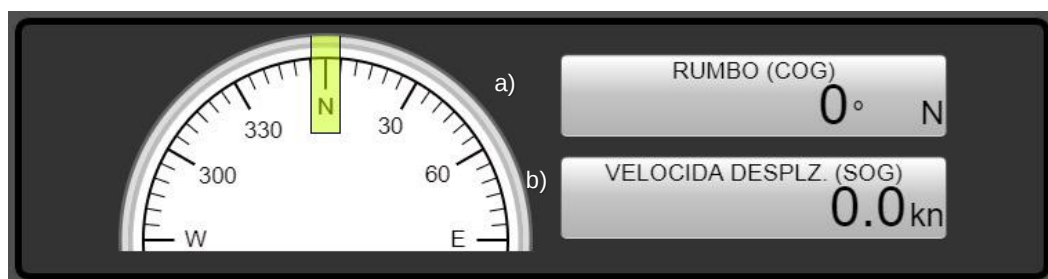


Fig. 1. Compás Magnético. (a) Rumbo (COG), (b) Velocidad de desplazamiento (SOG)

Características Técnicas

- **Rango.** 0° a 360° (sin límites, cubriendo todo el círculo de dirección).
- **Precisión.** Generalmente $\pm 1^\circ$ en condiciones normales de uso.
- **Tipo de calibración.** Ajuste manual o automático según el diseño del barco.
- **Tecnología en el simulador.** El modelo simulado replica el comportamiento de la aguja magnética, ajustándose a la configuración del campo magnético simulado y las variaciones que se presentan en diferentes ubicaciones geográficas.

Contexto Operativo

El compás magnético se utiliza en todo tipo de navegación, desde la costera hasta la navegación en alta mar. En el simulador, se emplea para mantener y ajustar el rumbo de la embarcación, especialmente cuando no se dispone de referencias visuales claras.

Rol en la formación de los estudiantes

El uso del compás magnético en el simulador permite a los estudiantes comprender la influencia de las variaciones del campo magnético en diferentes áreas geográficas. Al usar el simulador, los estudiantes desarrollan habilidades críticas de navegación sin el riesgo de estar en el mar, permitiéndoles familiarizarse con la importancia del compás magnético en la toma de decisiones rápidas, especialmente durante tormentas o condiciones de baja visibilidad.

Los estudiantes pueden experimentar cómo el compás magnético interactúa con otros sistemas, como el sistema de propulsión y la rueda de gobierno, lo que les ayuda a desarrollar una comprensión más profunda de cómo ajustar y mantener un rumbo durante diversas condiciones meteorológicas.

Integración con otros Instrumentos

El compás magnético interactúa con la rueda de gobierno y el sistema de propulsión para realizar maniobras precisas. Los ajustes del rumbo afectan directamente las lecturas de velocidad y dirección en el simulador.

Limitaciones del Modelo Simulado

Aunque el simulador ofrece una gran precisión, no puede replicar variaciones locales del campo magnético en ciertas zonas geográficas, como pueden ser las distorsiones provocadas por objetos metálicos o estructuras cercanas.

RUEDA DE NAVEGACIÓN O RUEDA DE GOBIERNO.

Descripción General

La rueda de gobierno es el instrumento utilizado para maniobrar la embarcación mediante el control del timón. Este sistema está adaptado para un control preciso de la dirección del barco, permitiendo ajustes rápidos y seguros en cualquier tipo de maniobra.

La rueda de navegación replicó con precisión los giros en grados y su relación directa con el sistema de timones. Las pruebas demostraron que los indicadores de los ángulos de los timones responden a los giros de la rueda de navegación, lo que garantiza su funcionalidad como herramienta de entrenamiento o análisis (Fig. 2 y 3).



Fig. 2. Rueda de navegación



Fig. 3. Controles digitales de Timones. (a) Timón de babor, (b) Timón de estribor

Características Técnicas

- **Rango de movimiento.** 360°
- **Tecnología en el simulador.** El simulador ofrece una representación gráfica interactiva de la rueda de gobierno, permitiendo a los estudiantes practicar la navegación en diversas condiciones sin el riesgo físico asociado a la conducción real del buque.

Contexto Operativo

La rueda de gobierno es crucial durante maniobras como giros, cambio de rumbo y maniobras en espacios reducidos. En situaciones de emergencia, su uso permite tomar decisiones rápidas para corregir el rumbo y evitar colisiones o accidentes.

Rol en la formación de los estudiantes

Los beneficios del simulador en relación con la rueda de gobierno son significativos. Los estudiantes pueden practicar maniobras de cambio de rumbo de forma repetitiva, mejorando su capacidad para

reaccionar ante situaciones inesperadas. El simulador permite experimentar con el control de la dirección bajo diversas condiciones, como altas velocidades y giros pronunciados proporcionando una experiencia de aprendizaje que no puede replicarse fácilmente con métodos tradicionales.

Integración con Otros Instrumentos

La rueda de gobierno se integra con el compás magnético y el sistema de propulsión, lo que permite realizar maniobras de forma fluida y mantener un control preciso sobre la embarcación.

Limitaciones del Modelo Simulado

El principal desafío de la simulación es la falta de retroalimentación física real, como la fuerza de resistencia al girar la rueda, lo que podría hacer que los estudiantes no experimenten completamente la resistencia del timón en condiciones reales.

CLINÓMETRO

Descripción General

El clinómetro mide el ángulo de inclinación o escora de la embarcación respecto a su eje vertical. Este instrumento es crucial para determinar la estabilidad del buque durante maniobras y condiciones de mar severas.

El control de clinómetro virtual logró reproducir inclinaciones longitudinales y laterales del navío en tiempo real, aportando un valor significativo para la evaluación de la estabilidad de la embarcación bajo diferentes condiciones, como viento o mareas (Fig. 4).

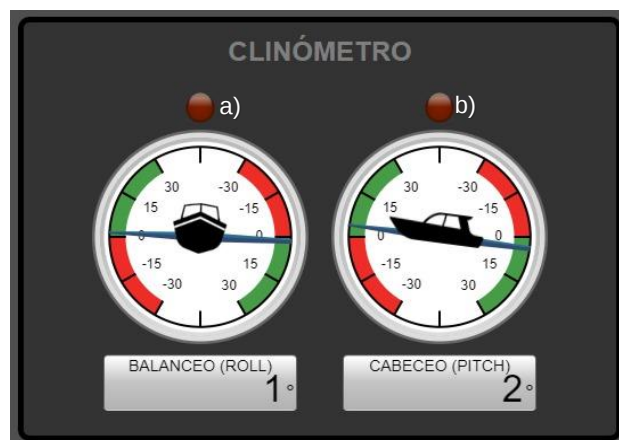


Fig. 4. Control de Clinómetro. (a) Balanceo (ROLL), (b) Cabeceo (PITCH)

Características Técnicas

- **Rango.** $\pm 30^\circ$
- **Precisión.** 0.1°
- **Tecnología en el simulador.** En el simulador, el clinómetro responde a las simulaciones de mareas, viento y cargas, permitiendo que los estudiantes vean cómo la inclinación afecta la maniobrabilidad del buque y la seguridad de la tripulación.

Contexto Operativo

El clinómetro se utiliza especialmente en condiciones de alta mar, donde el riesgo de escora es elevado. La simulación permite a los estudiantes experimentar maniobras en condiciones de carga máxima y de mar gruesa, asegurando que los estudiantes puedan evaluar la estabilidad del buque y actuar en consecuencia.

Rol en la formación de los estudiantes

Los estudiantes se benefician de poder ver en tiempo real cómo los cambios en el balance del barco afectan su estabilidad. En el simulador, se pueden experimentar maniobras extremas que serían demasiado peligrosas en un entorno real, como maniobras de escora o respuesta a tormentas intensas. Esto permite practicar las decisiones relacionadas con la redistribución de carga, el control de la velocidad y el ajuste de la dirección para mantener la estabilidad del barco.

Integración con otros Instrumentos

El clinómetro está estrechamente relacionado con los mandos de aceleración, los controles del timón y el sistema de propulsión, ya que todos estos instrumentos influyen en el comportamiento del barco durante las maniobras que cambian su inclinación.

Limitaciones del Modelo Simulado

Aunque el simulador es preciso en cuanto a la simulación del comportamiento de la embarcación, la sensación de la escora real no puede replicarse completamente debido a la falta de retroalimentación física.

CONTROLES DE ACELERACIÓN

Descripción General

Los mandos de aceleración permiten regular la velocidad de la embarcación mediante el ajuste del motor. Este instrumento es fundamental para controlar el ritmo de navegación y la capacidad de respuesta de la embarcación ante maniobras. Los mandos de aceleración simulan las configuraciones de potencia de los motores de acuerdo a los manuales de los motores proporcionados por el CEIN (Fig. 5).



Fig. 5. Controles de mando de aceleración de motores. (a) Control de aceleración motor izquierdo, (b) Control de aceleración motor derecho

Características Técnicas

- **Rango.** Control de velocidad desde 0 hasta la máxima potencia del motor.
- **Precisión.** Control continuo de la velocidad, con incrementos de velocidad muy ajustados.
- **Tecnología en el simulador.** El simulador reproduce la sensación de ajuste de la velocidad mediante un control virtual que interactúa con el sistema de propulsión.

Contexto Operativo

Este instrumento es esencial en maniobras que requieren control preciso de la velocidad, como el arranque, la parada, o la navegación en puertos congestionados.

Rol en la formación de los estudiantes

El simulador permite practicar el control de la velocidad sin los riesgos asociados a la navegación real, desarrollando destrezas para gestionar la potencia del motor en diferentes condiciones.

Integración con otros Instrumentos

Los mandos de aceleración se integran con el sistema de propulsión y el compás magnético, influyendo en la dirección y velocidad de la embarcación.

Limitaciones del Modelo Simulado

El simulador no puede replicar las vibraciones y sonidos reales del motor a alta velocidad, lo que podría ayudar a los estudiantes a desarrollar una mayor intuición sobre el comportamiento de la embarcación.

INDICADORES DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN

Descripción General

Los indicadores del sistema de propulsión son esenciales para supervisar el estado operativo del sistema de motores y hélices del buque. Estos instrumentos proporcionan información sobre la velocidad de giro de las hélices, la potencia del motor, la temperatura y otros parámetros vitales que afectan el rendimiento del sistema de propulsión.

Los indicadores del sistema de propulsión indican los niveles de presión de aceite y refrigerante, la temperatura en grados centígrados del aceite y refrigerante, así como también las revoluciones por minuto del motor. Estos indicadores son de vital importancia para observar el rendimiento de los motores y evitar estados críticos que lo dañen (Fig. 6).

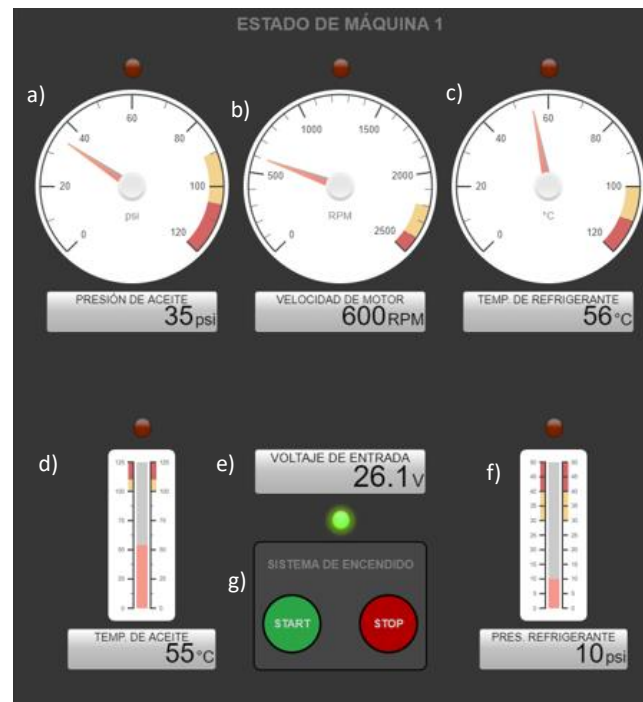


Fig. 6. Indicadores sistema de propulsión. (a) Presión de aceite (psi), (b) Revoluciones del motor (RPM), (c) Temperatura de refrigerante (°C), (d) Temperatura de aceite (°C), (e) Voltaje de Entrada (VOLTIOS), (f) Presión de refrigerante (psi), (g) Sistema de encendido de la máquina.

Características Técnicas

- **Rango de velocidad.** 0 a 2500 RPM (revoluciones por minuto).
- **Indicadores de temperatura y presión.** Representan los valores de funcionamiento del motor y sistemas auxiliares.
- **Tecnología en el simulador.** Los indicadores emulan el comportamiento del sistema de propulsión en

diferentes escenarios operativos, replicando averías o condiciones adversas como temperatura de aceite y presión del refrigerante.

Contexto Operativo

En navegación marítima, el sistema de propulsión es el núcleo del movimiento de la embarcación. La supervisión constante permite evitar fallos catastróficos, optimizar el rendimiento y garantizar la seguridad durante operaciones prolongadas.

Rol en la formación de los estudiantes

El simulador permite a los estudiantes interpretar los datos en tiempo real para identificar y resolver problemas del sistema de propulsión. Los futuros navegantes pueden practicar el ajuste de parámetros como la potencia del motor y la velocidad de las hélices para optimizar el rendimiento del barco en condiciones cambiantes.

Además, el simulador incluye escenarios que emulan fallas del sistema, como sobrecalentamiento del motor o presión y temperatura del aceite, y presión del refrigerante. Estas simulaciones permiten desarrollar habilidades críticas para reaccionar ante emergencias técnicas de manera segura.

Integración con otros Instrumentos

Los indicadores del sistema de propulsión están directamente relacionados con los mandos de aceleración y el anemómetro, ya que ambos influyen en el rendimiento del motor en condiciones de viento y velocidad.

Limitaciones del Modelo Simulado

Aunque el simulador ofrece una representación precisa, no puede replicar completamente el impacto del desgaste mecánico o las vibraciones físicas del motor.

ANEMÓMETRO

Descripción General

El anemómetro mide la velocidad y dirección del viento, proporcionando datos críticos para la navegación segura. Este instrumento es fundamental para planificar rutas, ajustar la velocidad y dirección del barco, y prevenir accidentes debido a vientos fuertes o racheados.

Se simuló un anemómetro capaz de representar velocidades del viento en nudos y dirección relativa. Este instrumento resultó fundamental para evaluar los efectos del viento en las maniobras del buque, logrando mediciones consistentes con datos hipotéticos realistas (Fig. 7).



Fig. 7. Indicador anemómetro, (a) Indicador de velocidad de viento aparente, (b) Indicador de ángulo de viento aparente-

Características Técnicas

- **Rango de velocidad del viento.** 0 a 120 nudos.
- **Dirección del viento.** Medida en grados de 0° a 360°.
- **Tecnología en el simulador.** El anemómetro del simulador replica patrones realistas de viento, incluyendo cambios bruscos de dirección y fuerza durante tormentas.

Contexto Operativo

El anemómetro es especialmente útil durante maniobras como el atraque, la navegación en puertos o zonas costeras, y en alta mar, donde el viento puede desviar significativamente la trayectoria del barco.

Rol en la formación de los estudiantes

El simulador permite a los estudiantes experimentar cómo ajustar las maniobras y la velocidad del barco en función de los datos proporcionados por el anemómetro. Esto incluye practicar maniobras de ajuste de rumbo frente a vientos cruzados o aprovechar vientos favorables para reducir el consumo de combustible.

Además, el simulador incluye escenarios en los que el viento cambia de manera impredecible, obligando a los estudiantes a reaccionar rápidamente y ajustar el rumbo o la velocidad del buque. Estas prácticas mejoran su capacidad de tomar decisiones informadas en condiciones dinámicas.

Integración con otros Instrumentos

El anemómetro interactúa estrechamente con el compás magnético, la rueda de gobierno y los mandos de aceleración, ya que los datos del viento influyen en las decisiones de dirección y velocidad.

Limitaciones del Modelo Simulado

El simulador no puede replicar las sensaciones físicas del viento sobre la embarcación o la tripulación, limitando la experiencia táctil de los usuarios.

INDICADOR DE COMBUSTIBLE

Descripción General

El sistema de combustible supervisa la cantidad y el flujo de combustible disponible en el buque, lo cual es crucial para planificar viajes y garantizar la operación continua.

Se diseñó un indicador de combustible que muestra el consumo relativo al uso del sistema de propulsión y otros factores simulados, permitiendo evaluar la eficiencia energética del sistema (Fig. 8).



Fig. 8. Indicador de combustible.

Características Técnicas

- **Capacidad máxima del tanque.** 4020 galones.
- **Medidores de flujo.** Calculan el consumo por hora.
- **Tecnología en el simulador.** El sistema replica el consumo de combustible en función de las condiciones de navegación, como la velocidad y la carga.

Contexto Operativo

El control del combustible es crítico en la planificación de rutas y durante emergencias en las que se requiere extender la autonomía del buque.

Rol en la formación de los estudiantes

El simulador permite a los estudiantes experimentar cómo el consumo de combustible varía según factores como la velocidad, las condiciones climáticas y la carga. Esto ayuda a los estudiantes a desarrollar estrategias de ahorro de combustible y planificación de rutas más eficientes.

Además, los estudiantes pueden practicar el manejo de emergencias simuladas, como pérdidas inesperadas de combustible o cálculos erróneos de autonomía, lo que refuerza su capacidad para manejar situaciones críticas.

Integración con otros Instrumentos

El sistema de combustible se integra con los mandos de aceleración y los indicadores del sistema de propulsión, ya que ambos afectan directamente el consumo de combustible.

Limitaciones del Modelo Simulado

No se puede replicar completamente el impacto de la calidad del combustible o problemas físicos como obstrucciones en las líneas de suministro.

CONTROLES INDIVIDUALES PARA EL SISTEMA DE TIMONES.

Descripción General

Los controles de timones permiten maniobrar la embarcación de manera precisa, ajustando la posición de los timones de manera independiente. En el Defiant 85, estos controles están diseñados para maniobras avanzadas y para enfrentar condiciones complejas como corrientes fuertes o vientos cruzados (Fig. 9).



Fig. 9. Controles de Timón. (a) Timón de babor, (b) Timón de estribor, (c) Modo de control.

Características Técnicas

Tecnología en el simulador. El simulador replica el efecto de los ajustes de los timones en diferentes condiciones, pudiéndose utilizar independiente o en conjunto.

Contexto Operativo

Este sistema es esencial para maniobras avanzadas, como giros cerrados, navegaciones en canales angostos o atraque en muelles.

Rol en la formación de los estudiantes

Los estudiantes pueden practicar maniobras precisas y experimentar el efecto de ajustes independientes de los timones en tiempo real. También se simulan fallos parciales para enseñar cómo compensar manualmente con los controles restantes.

Integración con otros Instrumentos

El sistema de timones interactúa con la rueda de gobierno y el compás magnético

APAGADO DE EMERGENCIA

Descripción General

El apagado de emergencia es un sistema crítico diseñado para detener de forma inmediata el funcionamiento del motor y otros sistemas esenciales en caso de situaciones que comprometan la seguridad del buque o de la tripulación (Fig. 10).



Fig. 10. Apagado de Emergencia.

Características Técnicas

- **Tiempo de respuesta.** Inmediato, con desconexión completa en menos de 3 segundos.
- **Tecnología en el simulador.** Replica las condiciones bajo las cuales se activaría el sistema, incluyendo fallos en el motor.

Contexto Operativo

El apagado de emergencia se utiliza en circunstancias críticas para prevenir daños mayores al buque o al medioambiente, como incendios en el motor, pérdida de control de la propulsión, o fallos mecánicos graves.

Rol en la formación de los estudiantes

El simulador permite a los estudiantes familiarizarse con el uso adecuado del sistema de apagado de emergencia, desarrollando habilidades clave para reaccionar ante situaciones críticas. Los estudiantes pueden practicar escenarios en los que se enfrentan a decisiones de alto riesgo, como la necesidad de detener el motor para evitar una colisión.

Integración con otros Instrumentos

El apagado de emergencia se relaciona directamente con los indicadores del sistema de propulsión y los mandos de aceleración, ya que, al activarse, interrumpe inmediatamente estos sistemas. También interactúa con los controles individuales para el sistema de timones, que dejan de responder al apagarse los motores.

Limitaciones del Modelo Simulado

El simulador no puede replicar completamente los efectos físicos de una parada súbita, como la inercia del buque o los posibles daños mecánicos en el motor debido al apagado repentino.

7.2 INTEGRACIÓN DE FUNCIONALIDADES EN EL SIMULADOR PARA INTERACTUAR CON EL PUENTE DE MANDO

El cumplimiento del objetivo específico 2 se abordó mediante un enfoque integral que combina avances tecnológicos, diseño pedagógico y la adaptación de los instrumentos del puente de mando del buque Defiant 85 al simulador virtual. A continuación, se detalla cómo se logró.

1. Adaptación Realista de Instrumentos del Puente de Mando al buque Defiant 85.

Cada instrumento fue diseñado y programado para replicar las funcionalidades del puente del buque Defiant 85, fabricado por Metal Shark. Esto asegura que los estudiantes interactúen con controles que presentan un alto grado de realismo operativo.

El diseño minucioso de cada instrumento permite que los estudiantes desarrollen una comprensión técnica profunda de su funcionamiento.

2. Creación de un Entorno Virtual Interactivo.

Se diseñó un entorno digital inmersivo que integra los instrumentos del puente de mando con escenarios marítimos simulados. Este entorno permite.

- La interacción en tiempo real con los controles del buque.
- La visualización de respuestas inmediatas en el entorno simulado, como cambios de rumbo, aceleración y frenado, y ajustes en el sistema de propulsión.
- La simulación de fenómenos climáticos y condiciones marítimas variables, incluyendo, tormentas, corrientes y oleajes, que afectan directamente las maniobras del buque.

Esto fomenta un aprendizaje envolvente que trasciende las limitaciones de los métodos tradicionales.

3. Escenarios Simulados de Navegación

Se desarrollaron múltiples escenarios prácticos para cubrir una amplia gama de situaciones marítimas, incluyendo.

- **Condiciones Meteorológicas Adversas.** Escenarios con tormentas, fuertes vientos y corrientes que requieren el uso de instrumentos como el anemómetro para ajustar la navegación en tiempo real.

4. Enfoque en el Desarrollo de Habilidades Prácticas y Decisivas

El simulador fue diseñado para fortalecer competencias esenciales en los estudiantes, tales como.

- **Habilidades Técnicas.** Manipulación precisa de los controles del puente de mando.
- Toma de Decisiones Bajo Presión. Evaluación rápida de las condiciones del entorno y selección de la maniobra adecuada.
- Resolución de Problemas. Enfrentamiento de fallos en el sistema y aplicación de protocolos de emergencia.
- Trabajo en Equipo. Coordinación entre diferentes roles en el puente de mando para gestionar escenarios complejos.

5. Beneficios Educativos del Simulador

La implementación de estas funcionalidades transforma la experiencia educativa al.

- **Aumentar el Realismo.** La interacción con instrumentos adaptados al Defiant 85 replica fielmente el entorno de navegación real.
- **Facilitar el Aprendizaje Autónomo.** La práctica repetitiva en el simulador permite a los estudiantes reforzar sus habilidades de forma independiente.
- **Reducir Riesgos.** Se eliminan los riesgos asociados con el entrenamiento en condiciones marítimas reales, permitiendo que los estudiantes cometan errores sin consecuencias graves.

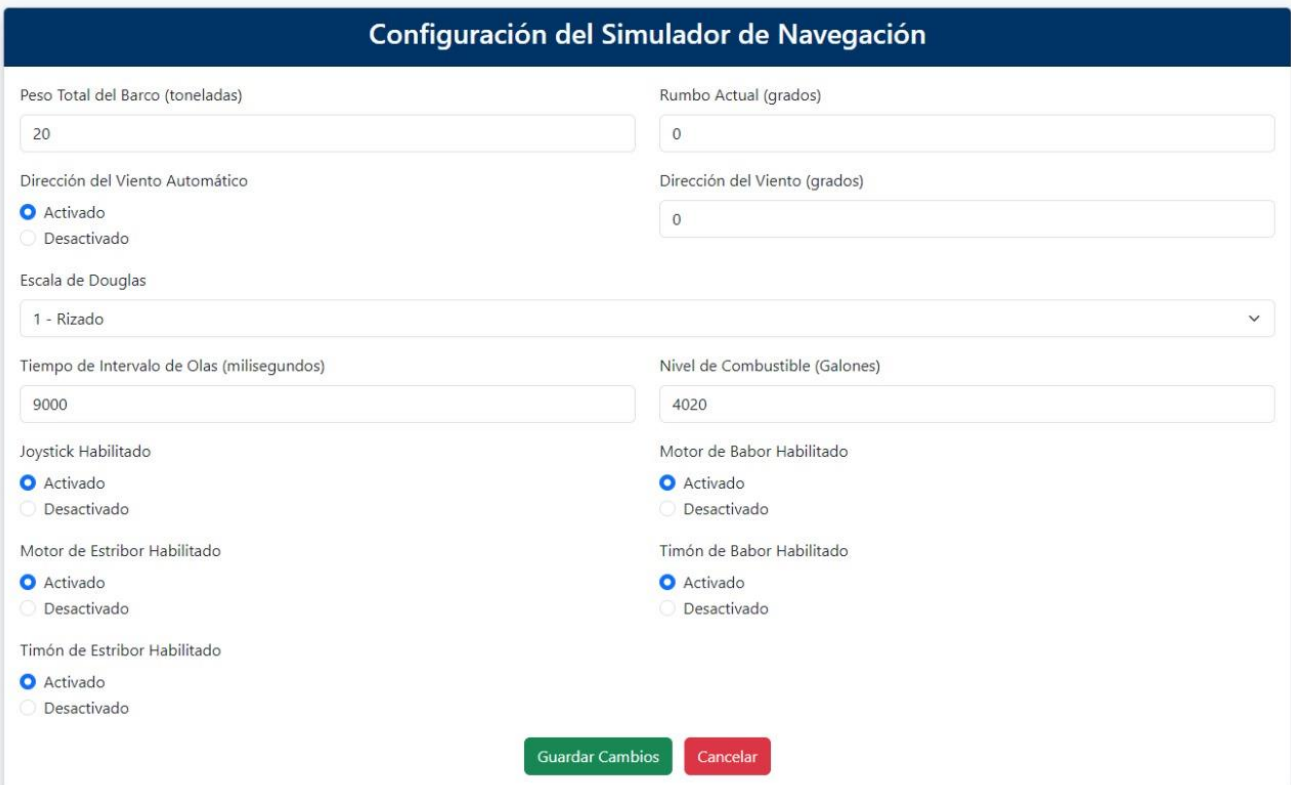
6. Impacto en la Formación Marítima

Este proyecto responde a las demandas internacionales de formación marítima establecidas por la STCW y la SOLAS, preparando a los futuros marinos para los desafíos técnicos y operativos del sector. Además, fomenta una formación integral que combina habilidades técnicas con competencias críticas como la toma de decisiones y la gestión de emergencias.

7.3 SISTEMA BÁSICO DE RETROALIMENTACIÓN EFECTIVA EN EL SIMULADOR

Para realizar la retroalimentación del desempeño del estudiante en el simulador, se ha diseñado un formulario básico que permite al instructor configurar los parámetros iniciales de una simulación según diferentes escenarios; sin embargo, el desempeño que el estudiante tenga deberá ser evaluado manualmente según las variables y criterios considerados. Según lo anterior, se sugiere para futuros proyectos la incorporación de un sistema más robusto de gestión de evaluaciones al simulador.

A continuación, se describen las funciones de cada campo y control para facilitar su correcta utilización.



Configuración del Simulador de Navegación

Peso Total del Barco (toneladas)	Rumbo Actual (grados)
20	0
Dirección del Viento Automático	Dirección del Viento (grados)
☒ Activado ☐ Desactivado	0
Escala de Douglas	
1 - Rizado	
Tiempo de Intervalo de Olas (milisegundos)	Nivel de Combustible (Galones)
9000	4020
Joystick Habilitado	Motor de Babor Habilitado
☒ Activado ☐ Desactivado	☒ Activado ☐ Desactivado
Motor de Estribor Habilitado	Timón de Babor Habilitado
☒ Activado ☐ Desactivado	☒ Activado ☐ Desactivado
Timón de Estribor Habilitado	
☒ Activado ☐ Desactivado	

Fig. 11. Formulario de configuración para prácticas del simulador.

Peso Total del Barco (toneladas)

- **Función.** Establece el peso total del barco en toneladas.
- **Entrada esperada.** Digitar valor numérico (ejemplo. 20).

Peso Total del Barco (toneladas)

Fig. 12. Configuración del Peso Total del Barco en toneladas.

Rumbo Actual (grados)

- **Función.** Define el rumbo inicial del barco en grados.
- **Entrada esperada.** Digitar valor numérico entre 0 y 359 (ejemplo. 21).

Rumbo Actual (grados)

Fig. 13. Configuración del Rumbo actual en grados.

Dirección del Viento Automático

Permite determinar si la dirección de viento será automática o determinada por el instructor.

Opciones.

- **Activado.** La dirección del viento se ajusta automáticamente según el simulador.
- **Desactivado.** La dirección del viento debe configurarse manualmente.

Dirección del Viento Automático

☒ Activado

☐ Desactivado

Fig. 14. Configuración de dirección del viento.

Dirección del Viento (grados)

- **Función.** Indica la dirección del viento en grados.
- **Entrada esperada.** Un valor numérico entre 0 y 359 (ejemplo. 64).
- **Nota.** Solo disponible si la dirección del viento automático está desactivada.

Dirección del Viento (grados)

64

Fig. 15. Configuración de Dirección del viento en grados.

Escala de Douglas

Determina el estado o condiciones del mar utilizando la escala de Douglas (1-10).

- **Función.** Representa la condición del mar según la escala de Douglas.
-

Escala de Douglas

1 - Rizado

Fig. 16. Valor de escala de Douglas 1.

Tiempo de Intervalo de Olas (milisegundos)

- **Función.** Define el intervalo temporal entre olas en el simulador.
- **Entrada esperada.** Un valor numérico en milisegundos (ejemplo. 9000).

Tiempo de Intervalo de Olas (milisegundos)

9000

Fig.17. Configuración del Valor de intervalo de olas en milisegundos.

Joystick Habilitado

Determina si la práctica será desarrollada utilizando el control de joystick o con los controles digitales.

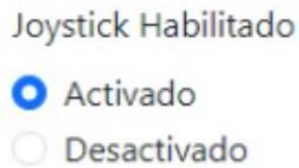


Fig. 18. Habilitación de joystick.

Motor de Estribor Habilitado

Establece si el motor de estribor de la embarcación estará habilitado o no.

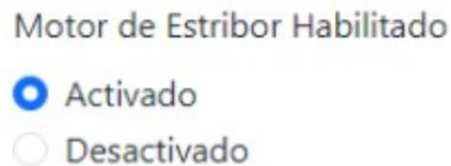


Fig. 19. Habilitación de motor de estribor.

Timón de Estribor Habilitado

Establece si el timón de estribor de la embarcación estará habilitado o no.

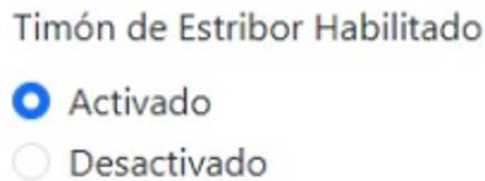


Fig. 20. Habilitación de timón de estribor.

Motor de Babor Habilitado

Establece si el motor de babor de la embarcación estará habilitado o no.

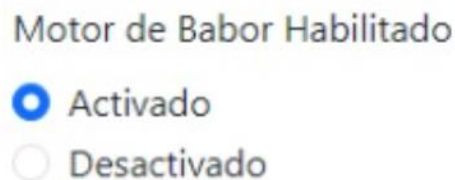


Fig. 21. Habilitación de motor de babor.

Timón de Babor Habilitado

Establece si el timón de babor de la embarcación estará habilitado o no.

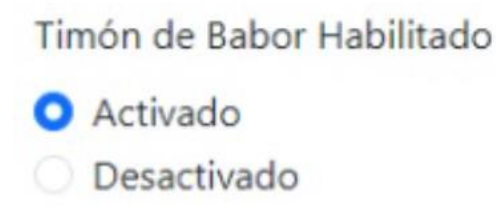


Fig. 22. Habilitación de timón de babor.

Botones de Acción

Guardar Cambios

Guarda los parámetros configurados y los aplica al simulador.

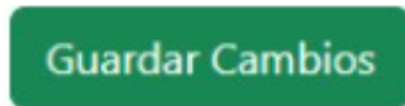


Fig. 23. Botón guardar cambios.

Cancelar

Descarta los cambios realizados y mantiene la configuración actual.

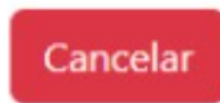


Fig. 24. Botón cancelar.

7.4 MANUAL DE USUARIO DEL SIMULADOR DE NAVEGACIÓN

En el marco del proyecto de investigación titulado "Implementación de Tecnologías de Modelado Digital para el Fortalecimiento del Entorno de Aprendizaje Virtual de Navegación Marítima de los Estudiantes del Centro de Educación e Instrucción Naval CEIN", se ha desarrollado un documento clave que deriva directamente de esta iniciativa. el Manual de Usuario del Simulador de Navegación Marítima. Este manual es una herramienta esencial para garantizar la correcta utilización y aprovechamiento del simulador, fortaleciendo así los procesos de enseñanza-aprendizaje en un entorno virtual avanzado.

Objetivo del Manual

El propósito principal del manual es proporcionar a los usuarios, tanto estudiantes como instructores, una guía comprensible y detallada sobre el uso eficiente del simulador. Este documento busca no solo garantizar una experiencia operativa fluida, sino también maximizar las capacidades pedagógicas del simulador en el contexto de la formación marítima.



Fig. 25. Portada del manual de usuario para el simulador de navegación.

Estructura

El manual se organiza en varias secciones diseñadas para abarcar todos los aspectos técnicos y pedagógicos necesarios. A continuación, se presentan las principales partes del contenido.

- Introducción
- Requisitos Previos
- Instalación y Configuración
- Descripción de la Interfaz
- Uso del Simulador
- Funciones Avanzadas
- Buenas Prácticas y Consejos
- Glosario
- Anexos
- Contacto y Soporte Técnico

Relevancia del Manual en el Proyecto

El Manual de Usuario del Simulador es un componente fundamental del proyecto de investigación. Su desarrollo no solo responde a la necesidad de documentar el uso del simulador, sino que también cumple con el objetivo de garantizar que la tecnología de modelado digital implementada sea utilizada de manera óptima. Este documento sintetiza los avances tecnológicos y pedagógicos logrados durante el proyecto, consolidándose como un recurso de referencia indispensable para el CEIN y otras instituciones que deseen replicar esta experiencia educativa innovadora.

Es importante destacar que el Manual de Usuario del Simulador de Navegación Marítima se presentará como un documento independiente y separado del informe final del proyecto de investigación. Si bien ambos documentos están relacionados intrínsecamente y comparten objetivos comunes en el marco del proyecto, cada uno cumple un propósito específico.

8. CONCLUSIONES

- Con el desarrollo del proyecto se demostró que es posible desarrollar un sistema de simulación que integra los principales instrumentos de navegación, como el compás magnético, rueda de navegación, clinómetro, mandos de aceleración, indicadores del sistema de propulsión, anemómetro e indicador de combustible. Esta integración permite recrear escenarios realistas de navegación, facilitando su aplicación en contextos educativos y de entrenamiento.
- Los instrumentos desarrollados presentaron un alto nivel de precisión en las mediciones y respuestas, replicando con fidelidad las condiciones y comportamientos esperados en una embarcación real. Este resultado refuerza la capacidad del sistema para ser utilizado en estudios y prácticas relacionadas con la navegación marítima.
- Al proporcionar un entorno virtual altamente realista, el simulador reducirá los riesgos asociados al entrenamiento en condiciones reales, permitiendo a los estudiantes practicar maniobras complejas y enfrentarse a emergencias simuladas sin peligro para ellos ni para el equipo. Esto no solo mejora la seguridad en la formación, sino que también optimiza el tiempo y los recursos disponibles para el entrenamiento marítimo.
- La creación de escenarios variados, desde condiciones climáticas adversas hasta emergencias operativas, ampliará las oportunidades de aprendizaje, preparando a los estudiantes para enfrentar situaciones que podrían ocurrir en la navegación real. Estos escenarios facilitarán la aplicación práctica de conocimientos técnicos, reforzaron la confianza de los estudiantes y fomentaron el desarrollo de habilidades críticas para el manejo de situaciones complejas.
- Este proyecto representó un avance significativo en la calidad de la formación ofrecida por el CEIN. Los estudiantes se beneficiarán al obtener una experiencia educativa de vanguardia que combina tecnología, realismo y retroalimentación constante. Estas innovaciones no solo mejorarán su desempeño académico y práctico, sino que también los posicionarán como profesionales mejor preparados para asumir los retos del sector marítimo, fortaleciendo su competitividad en un ámbito global.

9. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos en el desarrollo del presente proyecto, se emiten las siguientes recomendaciones con el propósito de optimizar la implementación, uso y alcance de los instrumentos navales simulados.

- Dado que la implementación de tecnologías avanzadas de modelado digital requiere un conocimiento técnico especializado, es fundamental establecer programas de capacitación continua para el personal técnico y los instructores. Esto garantizará que puedan operar y ajustar correctamente el simulador, solucionar problemas técnicos rápidamente y adaptar los escenarios de navegación a las necesidades educativas del momento. La capacitación debe incluir tanto el uso del software como la interpretación de los datos generados durante las prácticas
- Realizar un estudio comparativo entre estudiantes que utilizaron el simulador antes de realizar una práctica real en una embarcación y aquellos que no lo utilizaron, con el fin de evaluar la eficiencia de su desempeño en la interpretación de las lecturas de los instrumentos de navegación. Este análisis permitirá identificar si el uso del simulador mejora significativamente la comprensión y la capacidad de los estudiantes para interpretar correctamente los datos proporcionados por los instrumentos de navegación en situaciones reales, y si esta práctica influye en su rendimiento durante las maniobras y tareas a bordo.
- En el ámbito marítimo, el trabajo en equipo y la colaboración son esenciales para garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones. Por lo tanto, se recomienda fomentar el aprendizaje colaborativo durante las prácticas en el simulador. A través de actividades grupales, donde los estudiantes deban tomar decisiones juntos, gestionar recursos y coordinar maniobras, se promoverá el desarrollo de habilidades de trabajo en equipo. Este enfoque no solo mejorará las competencias técnicas de los estudiantes, sino también su capacidad para trabajar en equipo, un aspecto crucial en el entorno marítimo real
- Implementar un módulo complementario de gestión de evaluaciones dentro del simulador digital de los instrumentos de navegación desarrollado en este proyecto, para registrar detalladamente el desempeño estudiantil. Este módulo permitirá identificar áreas de mejora y bajo rendimiento, orientando el desarrollo de estrategias que optimicen la interpretación y el uso efectivo de los instrumentos de navegación en contextos operativos simulados.

10. GLOSARIO

- **Babor.** Se refiere al lado izquierdo de una embarcación.
- **Clinómetro.** Es un aparato muy sencillo que sirve para medir la escora (inclinación) del buque con respecto a la mar. Suelen estar situados en el puente sobre la línea de crujía del barco. También se le suele denominar inclinómetro, por aquello de medir la inclinación.
- **Compás magnético.** Es el nombre genérico que recibe el instrumento utilizado para determinar direcciones y rumbo a bordo de un barco. Es un instrumento de navegación que proporciona una dirección de referencia (respecto al norte) en el plano horizontal y permite la medición de ángulos horizontales con respecto a esta dirección. Hoy en día los compases se gradúan de 0° (norte) a 359° en el sentido de las agujas del reloj.
- **Estribor.** Se refiere al lado derecho de una embarcación.
- **Indicadores del sistema de propulsión.** Son controles que indican las revoluciones, temperatura del motor, presión de aceite, nivel de combustible.
- **Mandos de aceleración.** Controla la aceleración o velocidad del buque.
- **Modelado digital.** Se refiere al proceso de creación digital de una representación matemática de la forma tridimensional de un objeto.
- **Nudo.** Es una unidad de medida de velocidad utilizada tanto para navegación marítima como aérea equivalente a una milla náutica por hora (1852 m/h).
- **Popa.** Es la parte posterior de una embarcación.
- **Proa.** Parte delantera de una embarcación con la cual corta las olas
- **Rueda de gobierno.** La rueda de timón, también llamada rueda de gobierno o rueda de comando direccional y también simple e impropriamente timón es el método moderno de ajustar el ángulo del timón respecto de la línea de crujía, y así cambiar el rumbo del barco. Consiste en una rueda que hace mover el timón mediante poleas y cables.
- **Simulador digital virtual.** Imitan el funcionamiento de una realidad, funcionamiento o comportamiento de un sistema mediante un modelo digital utilizando software y hardware para evaluar el comportamiento del sistema y evaluar las estrategias dentro de los límites impuestos por un determinado criterio o conjunto de criterios.
- **Web 2.0.** Cuando hablamos de la Web 2.0 o la Web Social, nos referimos a un modelo de páginas Web que facilitan la transmisión de información, la interoperatividad y la colaboración entre sus usuarios, mediante un diseño centrado en sus necesidades, más que en las de la empresa. En otras palabras, se trata de una tendencia en la Internet que aboga por una red más interactiva, menos unilateral, en la que los usuarios no ocupen un rol meramente pasivo.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Stopford, «Maritime Economics,» Routledge, 2009.
- [2] J. Schagerl, «Simulation-based training in maritime education,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2012.
- [3] H. P. Álvarez, «La importancia del empleo de simuladores en la formación del Alumno de Puente,» Universidad de La Laguna, España, 2021.
- [4] J. A. y. L. Castañeda, «El ecosistema pedagógico de la educación digital,» *Revista de Educación a Distancia Vol 12* pp. 75-98, 2020.
- [5] A. P.-R. Julio Cabero-Almenara, «La evaluación de la educación virtual. las e-actividades,» 25 Enero 2021. [En línea]. Available. <https://www.redalyc.org/journal/3314/331466109010/html/>. [Último acceso. 20 Enero 2024].
- [6] M. Schagerl, «Simulación realista en la formación marítima. Principios y aplicaciones,» *Journal of Maritime Studies*, vol. 7, no. 3, pp. 45-60, 2019.
- [7] E. Gredler, «Games and Simulations and Their Relationships to Learning,» 1st ed., New York, NY, USA, 2004.
- [8] D. Aldrich, «Learning by Doing. The Role of Interactive Simulations in Education,» 2nd ed., London, UK. Kogan Page, 2005.
- [9] D. A. Kolb, «Experiential Learning. Experience as the Source of Learning and Development,» Prentice-Hall, 1st ed., NJ, USA, 1984..
- [10] P. T. d. N. G. R. Reyes, «Aplicación de tecnologías de simulación marítima,» Grupo de Investigación Poseidón Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”,., Diciembre 2017.
- [11] J. I. Leyton, «Sistemas de simulación marítimos,» *Revista de marina*, 2010. [En línea]. Available. <https://revistamarina.cl/revistas/2010/5/imhoff.pdf>. [Último acceso. 30 Enero 2024].
- [12] Q. J. R. A. Á. M. C. M. Juan Samuel Magallanes Rodríguez, «Simulación y realidad virtual aplicada a la educación,» *Revista científica de investigación actualización del mundo de las ciencias*, Abril 2021. [En línea]. Available. <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/651>. [Último acceso. 31 Enero 2024].
- [13] J. Smith, «Current Trends in Navigation Simulation Technology,» *Marine Technology Society Journal*, vol. 54, nº 3, pp. 45-60, 2020.
- [14] Organización Marítima Internacional (OMI), «Manual on Maritime Simulators for Training and Certification,» IMO Press, London, UK, 1995.
- [15] L. Perez, «El rol de los simuladores en la educación marítima,» *Revista de Ciencias Navales*, vol. 5, no. 2, pp. 85-92, 2021.
- [16] R. Herrera, «Simulación en ingeniería marina,» *Journal of Engineering Education*, vol. 4, no. 1, pp. 12-20, 2020.
- [17] A. Torres, «Aplicaciones de los simuladores de carga en la educación naval,,» *Educación Marítima y Tecnología*, vol. 3, no. 4, pp. 40-48, 2019.
- [18] F. Gómez, «Avances en realidad virtual en simuladores marítimos,» *Digital Maritime Studies*, vol. 6, no. 1, pp. 5-16, 2021.
- [19] C. G. U.S, *Navigation Rules and Regulations Handbook. Navigation Rules"* por Coast Guard U.S., New York. Skyhorse Publishing, 2019.

- [20] D. Seidman, The Complete Sailor. Learning the Art of Sailing, Camden, ME. International Marine/Ragged Mountain Press, 2011.
- [21] D. Burch, Modern Marine Weather. From Time-honored Maritime Traditions to the Latest Technology, Seattle, WA. Starpath Publications, 2016.
- [22] C. S. y. J. Irons, The Boat Galley Cookbook. 800 Everyday Recipes and Essential Tips for Cooking Aboard, Camden, ME. International Marine/Ragged Mountain Press, 2012.
- [23] N. Calder, Marine Diesel Engines. Maintenance, Troubleshooting, and Repair, Camden, ME. International Marine/Ragged Mountain Press, 2019.
- [24] Transfer Multisort Elektronik, «Anemómetros. qué son, para qué sirven y cómo están construido,» 04 12 2024.
[En línea]. Available. <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/58866/anemometros-que-son-para-que-sirven-y-como-estan-construidos/>. [Último acceso. 10 12 2024].
- [25] CENTRAMAR, «CENTRAMAR.ES,» [En línea]. Available. <https://www.centramar.es/timon-de-barco/>. [Último acceso. 04 11 2024].

12. ANEXOS

12.1. ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS DEL PROYECTO



Fig. 26. Reunión de avances del proyecto de investigación con círculos concéntricos.



Fig. 27. Muestra de avance del proyecto a autoridades del CEIN.



Fig. 28. Consulta del funcionamiento de controles del puente de navegación.



Fig. 29. Muestra de los controles de navegación reales de una embarcación del CEIN.

12.2. ANEXO 2. INSTRUMENTO PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN



SOLICITUD DE INFORMACION PARA EL PROYECTO DE SIMULADOR DIGITAL DE CONTROLES DE NAVEGACION.

OBJETIVO:

Investigar sobre las características de los controles de navegación que se implementarán en el simulador.

1)	¿Cuál es la unidad de medida para la velocidad de la embarcación?
2)	¿Cuál es la velocidad máxima de las embarcaciones del CEIN?
3)	¿Puede proporcionar fotos de los mandos de aceleración y los indicadores de velocidad?
4)	¿Cuánto puede girar la rueda de gobierno hacia la izquierda o derecha?
5)	¿Qué instrumento se utiliza para medir los giros de la embarcación?
6)	¿Qué factores influyen para que la embarcación se incline estribor y babor?
7)	¿Cuál es el ángulo de inclinación crítico a babor o estribor para que la embarcación esté en peligro?
8)	¿Cómo influye el oleaje en la trayectoria y desplazamiento de la embarcación?
9)	¿Se debe tomar en cuenta solo el peso de la embarcación o es necesario tomar en cuenta el combustible u otros factores?
10)	¿Qué elementos y de que manera intervienen entre la rueda de gobierno y el compás magnético?
11)	¿Qué influencia tiene el viento en el desplazamiento y control de una embarcación?
12)	¿Qué escalas de marea, que características tienen y como influyen en la navegación de la embarcación?

12.3. ANEXO 3. ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN

- Araniva Ramos, Luis David
- Girón Salmerón, Marcia Jhoana
- Hernández Romero, Enrique Alexander
- Granados Cruz, Mirian Gisselt



ITCA FEPADE

SEDE CENTRAL Y CENTROS REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro centros regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1. SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.
Tel.: (503) 2132-7400

2. CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procvia.
Tel.: (503) 2440-4348

3. CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.
Tel.: (503) 2334-0763 y 2334-0768

4. CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.
Tel.: (503) 2669-2298

5. CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión
Tel.: (503) 2668-4700

www.itca.edu.sv

