



ASOCIACIÓN NACIONAL DE
PILOTOS PRÁCTICOS DE COLOMBIA

#ConProaAlFuturo



**SIMULADORES Y RESULTADOS
EN DESEMPEÑO FINAL**

ITP 025

Bogotá, Septiembre de 2023



Elaborado por

Capitán Mauricio Giovanni Vanegas Corredor

Septiembre de 2023

Revisado por

Valm (R) Juan Manuel Soltau Ospina

Septiembre de 2023

Revisión final y aprobación

Junta Directiva

Septiembre de 2023



INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE PRACTICAJE ASOCIACIÓN NACIONAL DE PILOTOS PRÁCTICOS DE COLOMBIA

ITP 025

SIMULADORES Y RESULTADOS EN DESEMPEÑO



Este documento ha sido realizado por profesionales de varias áreas del saber, pilotos prácticos, oficiales navales y mercantes, abogados, internacionalistas, entre otros, con una trayectoria de más de 15 años de experiencia, además de haber tenido una minuciosa revisión bibliográfica que permite tener la información más actualizada y veraz de manera rigurosa.

Así mismo, se contó con un comité revisor en el cual están involucrados diferentes expertos sobre la temática a tratar en cada Instrucción Técnica de Practicaje para un mayor detalle de supervisión respecto a lo aquí escrito. Por ello, toda la información presentada a continuación es un conglomerado de experiencias, investigaciones y datos precisos que servirán como guía de instrucción y actualización para la labor del practicaje en los mares y ríos.



Tabla de contenido

1.	Introducción	6
2.	Marco Normativo Colombiano e Internacional	7
2.1	Marco Normativo Colombiano	7
2.2	Marco Normativo Internacional.....	8
2.2.1	Convenio Internacional Formación, Titulación y Guardia Gente de Mar STCW/78	8
3.	Definiciones.....	9
4.	Simuladores	10
4.1	Evaluación de las Competencias con Simuladores.....	11
4.2	Componentes Fundamentales de un Simulador.....	12
4.3	Grados de Libertad (DF - Degrees of Freedom)	12
4.4	Efectos Físicos Modelados en un Simulador.....	13
4.5	Maniobras Realizadas en un Simulador	13
4.6	Técnicas de Simulación.....	14
4.6.1	Fast-Time Simulation	14
4.6.2	Simulación con Técnicas Simples	15
4.6.3	Simulación de Puente Completo (Full Mission Ship's Bridge Simulator)	15
5.	Aplicación de Simuladores en el Practicaje.....	16
5.1	Aplicaciones de los Simuladores en el Trabajo del Piloto Práctico	16
5.2	Clasificación de los Tipos de Simulación	18
5.2.1	Simulación Fast-Time o no-Interactiva (17% del total):.....	18
5.2.2	Un Jugador en Tiempo Real (67% del total).....	18
5.2.3	Multijugador en Tiempo Real (Remolcadores interactivos - 16% del total):.....	18
5.2.4	Simulación Interactiva mediante Modelos Físicos:.....	19
5.2.4.1	Modelos Tripulados	20
5.2.4.2	Modelos Tripulados Grandes.....	20
5.2.4.3	Modelos a Control Remoto	21
5.2.5	Simulación Interactiva mediante Simuladores.....	21
5.3	Simulador de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”.....	22
5.4	Simulador de la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla”	23
5.5	Simulador de Maniobras Sociedad Portuaria El Cayao S.A. ESP (SPEC LNG).....	24
6.	Conclusiones.....	24
	Referencias.....	26
	Referencias de figuras	27
	Bibliografía	27



1. Introducción

Muchos de los eventos catastróficos y accidentes marítimos ocurridos históricamente son debidos a errores humanos en las operaciones y en la navegación, lo cual demuestra fallas en los métodos de evaluación adoptados por los institutos de educación y formación marítima. Por lo tanto, cuanto mejor sea la educación y la formación recibida por la gente de mar, más segura será la industria del transporte marítimo. Un informe de la Agencia Europea de Seguridad Marítima (EMSA), basado en el análisis de 794 investigaciones iniciadas durante el período 2004-2019, concluyó que la mayor parte de las causas de accidentes marítimos se debieron a factores humanos. El 19% de estos informes tienen recomendaciones para mejorar el factor humano, 46% de los cuales están relacionados con la formación y las habilidades. El 47 % de estos informes están relacionados con procedimientos a bordo, el 29 % de los cuales son de operaciones. En otro 15% de las recomendaciones de seguridad, el 42% de estos se relacionan con el buque equipo/sistema, 4% equipo de tierra y agua y 15% con otros procedimientos. La muy poca vigilancia y control de los sistemas a bordo en sí misma podría estar relacionada con una dotación inadecuada, mal uso de las habilidades en el puente, o incompetencia (Alcaide J., 2022). En particular el piloto práctico se embarca en el buque para asesorar y asistir al capitán y al equipo del puente con el propósito de realizar una navegación segura en canales y en aguas restringidas; esta es una fase única de la navegación y singladura del buque, en la que el equipo del puente tiene que confiar en un experto externo con el que no tienen experiencia de trabajo en equipo previa. También, el equipo piloto- puente que recién se ha conformado tiene que actuar de inmediato y las consecuencias de no actuar adecuadamente puede ser graves. Estas operaciones son críticas para el buque y por lo tanto los equipos del puente y el piloto práctico deben tener las competencias necesarias para llevar a cabo maniobras de practicaje seguras y eficientes. La formación y las evaluaciones adecuadas son herramientas fundamentales para lograr este propósito; sin embargo, las estadísticas relativas a accidentes marítimos en canales y pasos restringidos siguen asociando las causas a errores humanos, lo que coloca en duda la educación y formación marítima del equipo del puente y del piloto práctico (Jørgen Ernstsen, 2020).

La visión de la OMI para mejorar la seguridad marítima involucraba los aspectos técnicos de la navegación únicamente; el STCW se introdujo hasta la década de 1970 (Wilcox, 2000). Una



razón para la introducción y el desarrollo del STCW fue que los errores humanos eran repetitivos y actualmente continúan siendo los principales contribuyentes de los accidentes marítimos (Hetherington et al., 2006; Rumawas, 2016; Wilcox, 2000). Ejemplos bien conocidos son el derrame de petróleo del SS Torrey Canyon en 1967 y el accidente de Helge Ingstad en 2018 (Investigación de accidentes Junta, 2018; Liberia, 1967) y muchos otros más. Estos ejemplos a lo largo de las estadísticas mundiales de accidentes marítimos sustentan la importancia de comprender el desempeño humano y los errores en la prevención y mitigación de tales accidentes. Además, los estudios contemporáneos que han examinado los antecedentes y causas relacionadas con el alto número de estos accidentes encontraron que, además de instalar sistemas de gestión de seguridad adecuados, la educación y la formación marítimas también tienen un enorme impacto en la seguridad marítima (Ashmawy, 2009; Vederhus, Ødegård, Nistad y Håvold, 2018).

2. Marco Normativo Colombiano e Internacional

2.1 Marco Normativo Colombiano

La Resolución 610 de la Dirección General Marítima expedida el 14 de noviembre 2014 establece las normas generales que rigen a los Centros de Formación y/o Capacitación que impartan la formación y/o capacitación con el apoyo de simuladores, los procedimientos para la aprobación del uso de los mismos, de conformidad a lo establecido en la Regla I/12, Sección A-I/12, y los capítulos II a VI del Convenio Internacional sobre normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar (STCW/78 Enmendado) y el proceso de certificación para Centros de Formación y/o Capacitación, cuyos simuladores cumplan las exigencias señaladas en el Convenio Internacional sobre normas de Formación, Titulación y Guardia para la Gente de Mar STCW/78 Enmendado, Sección A-I/12, Parte 1 y las orientaciones de la Sección B- I/12 del Código de formación, cuya validez del certificado será de cinco años. Además los Centros de Formación y/o Capacitación que impartan instrucción con simuladores deben garantizar que se siguen los procedimientos de formación establecidos en el Convenio STCW/78 Enmendado, Sección A-I/12, Parte 2, numeral 7; que se siguen los procedimientos de evaluación establecidos en el Convenio STCW/78 Enmendado, Sección A-I/12, Parte 2, numeral 8; y que instructores seleccionados para el efecto reúnan las calificaciones y experiencia exigida en la Sección A-I/12,



Parte 2, numeral 9, para cada tipo de curso y que han sido certificados en los Cursos Modelo 6.09, 6.10 y 3.12 como mínimo.

2.2 Marco Normativo Internacional

2.2.1 Convenio Internacional Formación, Titulación y Guardia Gente de Mar STCW/78

El Convenio Internacional en Estándares de Formación, Certificación y Guardia para la Gente de Mar (STCW/78 Enmendado) de 1978 entró en vigor el 28 de abril de 1984; la enmienda de 1995 establece el entrenamiento y la certificación de la gente del mar. De hecho, en ambas partes del código STCW (A y B) existen recomendaciones para proveer al código con poder para ejercer el cumplimiento de este. En la Convención de Manila de 2010 se realizaron cambios adicionales al código, las cuales tuvieron el objetivo de renovar los estándares de competencia debido a las mejoras tecnológicas en formación y, también se toman en cuenta nuevos métodos de formación y certificaciones. En la enmienda de 1995, se señala el uso de simuladores como una herramienta efectiva en la formación y evaluación de la gente del mar. Esta regulación exige a todas las partes que garantice una correcta formación y evaluación de los tripulantes y oficiales acorde con las prescripciones del código STCW (OMI, 2023). La Regulación I/12 del convenio STCW establece las normas que rigen el uso de simuladores y la orientación sobre el uso de estos y otorga un marco legal para los estándares de rendimiento de los simuladores marítimos usados en la formación y evaluación de los tripulantes y oficiales.

En la Sección A I/12 se proporcionan estándares de rendimiento de los simuladores que se pueden utilizar para la formación y evaluación de la gente del mar. Además, indica que es muy importante el diseño de los escenarios para garantizar una mejor formación para los ejercicios en los simuladores. Por otra parte, se provee de estándares para los procedimientos de formación y evaluación por parte de los instructores y asesores al conducir una simulación. El convenio STCW también prevé que la parte informativa, la planificación, la familiarización, el monitoreo y los análisis deben formar parte de cualquier ejercicio en el que se utilice un simulador. En la Sección B I/12 de la enmienda de 1995, solo se obligaba la formación con simuladores de RADAR y ARPA y, en esta sección se facilita una guía detallada donde se establece el uso del RADAR y el ARPA, puntualizando las áreas de formación y evaluación. En la convención de Manila de 2010, se introdujo el ECDIS dentro de los cursos con simulador de manera obligatoria (OMI, 2023).



3. Definiciones

Escenario virtual: Es un espacio dinámico y tridimensional apoyado en las tecnologías de la información, que permite la simulación de situaciones y variables complejas con alto contenido gráfico, táctil y de sonido, lo que brinda una experiencia altamente realista al personal que lo utiliza (Mendoza y Vítola, 2018).

Simulador de Puente Completo (Full Mission Ship's Bridge Simulator): Este simulador se utiliza para replicar las operaciones realizadas en el puente de navegación de un buque en cualquier estado y condición del mar. Incluye una exhibición a gran escala del buque y el área circundante como se ve a través de las ventanas del puente (Klimkowski C. 2023).

ECDIS (Electronic Chart Display and Information System): El sistema de información y visualización de cartas electrónicas es una computadora de navegación digital especializada y una alternativa a las cartas de papel. Almacena un conjunto de cartas de navegación electrónicas (ENC) y/o gráficos de trama, que puede mostrar toda la información geográfica necesaria que necesita una tripulación para completar un viaje (Morley T. 2023).

Simulador de puente: Este es el más común y con el que cuentan gran parte de centros de capacitación marítima y empresas especializadas. Se recrea a escala real todos los elementos que encontramos en el puente de mando de un buque y gracias a varias pantallas de proyección de imágenes en 3D se reproducen escenarios reales diarios y nocturnos con diferentes condiciones meteorológicas y remolcadores a las maniobras (Revista del Sector Marítimo, 2023).

Buques virtuales: Es la representación virtual de los barcos de gran calado que, debido a su tamaño y diseño, son utilizados para realizar navegaciones marítimas de gran importancia (Mendoza y Vítola, 2018). Herramienta virtual para simular maniobras con buques tipo GNL en la bahía de Cartagena. Revista Científica General José María Córdova. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-65862018000100001

Buques tipo LNG: Los buques tipo LNG (*liquefied natural gas*) o buques gaseros son aquellos buques de gran envergadura construidos para transportar a granel gases licuados. Poseen una capacidad de carga aproximada de entre 30.000 y 266.000 m³ (Romero, R. 2002).

Maniobra: La maniobra es un procedimiento o método realizado por cualquier embarcación del cual se obtiene un resultado específico (Mendoza y Vítola, 2017).



4. Simuladores

Un simulador es un sistema que reproduce un fenómeno, el funcionamiento de una máquina o las condiciones externas de la misma. En particular, el simulador náutico imita un puente de gobierno y su entorno, una sala de máquinas, un centro de control de pesca, una torre “offshore”, así como el entorno que le rodea, pudiendo modificar cualquier variable en el proceso. Un simulador de puente de gobierno puede recrear canales, estrechos, topografía, señales de navegación, aproximaciones a puerto y operaciones con otros buques de diferente tipo y tamaño. Los simuladores pueden ser definidos como un dispositivo que duplica las características esenciales de una situación y las ejecuta para que sean operadas por una persona. En el caso de los buques, este sistema incluye el puente de un barco a gran escala, un simulador de timón y una unidad de simulador de posicionamiento dinámico (Vera y Malavé 2023).



Figura 1: Entrenamiento de pilotos prácticos en la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”
(Fuente: Caracol Radio, 2023)

En actividades de desarrollo portuario, maniobras de buques, mejora de la nave, seguridad y eficiencia, el grado de fidelidad del simulador es clave para el buen (Vincenzi et al. 2008). Este tipo de montajes tiene la capacidad de proporcionar una plataforma de entrenamiento realista y precisa en actividades de alto riesgo (Suppiah, 2007). Los simuladores de maniobras de buques se utilizan para la predicción de la seguridad de la navegación en zonas restringidas (puertos y canales) y la formación. La simulación y la realidad virtual vienen a facilitar el desenvolvimiento



en aquellas tareas reales que se realizan a diario, dando la oportunidad de entrenamiento constante, hasta llegar al dominio y control en un gran porcentaje de dichas situaciones. Se busca así, minimizar el error humano que fundamenta los accidentes por colisión entre buques u otro objeto. La solución, consiste en incrementar el potencial de pericia del piloto, a través del uso de simuladores de maniobra (Uparella J. 2005).

4.1 Evaluación de las Competencias con Simuladores

El objetivo de cualquier simulación es proporcionar un entorno controlado donde el participante realiza tareas que son similares a las que deberían ejecutar si estuvieran expuestos a un entorno real. Los simuladores permiten un entrenamiento intensivo en el que se tratan situaciones de presión, se generan problemas e inconvenientes inesperados, dándole así al oficial o al piloto una práctica para la toma de decisiones en un ambiente controlado. Los instructores deben crear entornos de aprendizaje que faciliten el pensamiento crítico, la autorreflexión y la preparación de los pilotos y oficiales para practicar en un entorno de navegación complejo y dinámico (Carson-Jackson, 2015).

El uso de simuladores proporciona una plataforma de aprendizaje donde los tres elementos del aprendizaje (conocimientos, habilidades y actitudes) pueden integrarse en una valiosa experiencia de aprendizaje. Los cuatro elementos implicados en la formación basada en simuladores muestran una intensiva interacción: equipo simulador, programa de formación, alumno e instructor (OMI, 2011). El objetivo es aplicar a la simulación un modelo de evaluación adaptado que permita estimar la evaluación del desempeño de un tripulante en función de su carga de trabajo y nivel de estrés. Las evaluaciones prácticas de las habilidades de los oficiales y tripulantes se ejecutan en el entorno controlado que proporcionan los simuladores. Acuerdo a estudios recientes indican que los análisis de regresión lineal tienen una relación directa entre las variables de carga de trabajo, nivel de estrés y situaciones a controlar y efectos de aprendizaje positivos auto informados de la competencia del tripulante. Se han detectado a nivel internacional deficiencias en las evaluaciones de las competencias con el uso de simuladores de oficiales de puente, tripulantes y pilotos prácticos, en razón a que con frecuencia las evaluaciones se basan en criterios subjetivos, lo que tiene implicaciones en la fiabilidad y validez de la evaluación; en consecuencia, la falta de un método de evaluación fiable y válido podría tener repercusiones en la calidad educativa (Alcaide J. 2020).



4.2 Componentes Fundamentales de un Simulador

Según Hensen, 2010 “Los simuladores deben estar equipados con aquello que se puede encontrar en un buque real para que este adquiera más realismo. Por lo tanto, debería tener todos los elementos necesarios para la navegación y para las maniobras que puedan ser llevadas a cabo en la vida real. Por ello, los componentes fundamentales de un simulador son los siguientes”:

- Control de la pala del timón e indicador de su ángulo.
- Control del motor, con los indicadores adecuados de las revoluciones del motor, así como, en el caso de simular hélices de paso variable, un indicador del ángulo de ataque de estas;
- Control de las hélices transversales (proa y popa) así como los indicadores necesarios.
- Compás, indicador de profundidad del agua, indicador de velocidad y dirección del viento, indicador de velocidad del buque, luces de navegación, etc.
- Sistema ARPA, el cual debe estar preparado para reflejar los ecos como en la vida real, teniendo en cuenta las configuraciones de los rangos y todo lo que estos pueden realizar.
- Sistema de comunicaciones entre buque - tierra, así como con el instructor.
- Una derrota para las cartas físicas.

4.3 Grados de Libertad (DF - Degrees of Freedom)

Actualmente la mayoría de los simuladores de navegación en los centros de formación marítima tienen grados de libertad (DF) para mejorar la sensación de realismo durante el entrenamiento (González E. 2019).

Para ello existen seis grados de libertad que simulan varios movimientos del buque, entre ellos podemos encontrar:

- **Tres grados de libertad:** Vaivén vertical (Surge), Deriva (Sway) y Guiñada (Yaw).
- **Cuatro grados de libertad:** Vaivén vertical (Surge), Deriva (Sway), Guiñada (Yaw) y Balance (Roll).
- **Cinco grados de libertad:** Vaivén vertical (Surge), Deriva (Sway), Guiñada (Yaw), Balance (Roll) y Cabeceo (Pitch).
- **Seis grados de libertad:** Vaivén vertical (Surge), Deriva (Sway), Guiñada (Yaw), Balance (Roll), Cabeceo (Pitch) y Arfada (Heave).



Figura 2: Simulador de navegación con seis grados de libertad (Fuente: González E. 2019)

4.4 Efectos Físicos Modelados en un Simulador

Los efectos que tiene un simulador de navegación y que los alumnos deben comprender para la realización de las simulaciones de maniobra, son los siguientes (Uparella J. 2005):

- Efecto del sistema de gobierno
- Efecto del sistema de propulsión
- Fuerzas hidrodinámicas del casco
- Fuerzas hidrodinámicas de la hélice
- Fuerzas hidrodinámicas del timón
- Efecto de las aguas bajas
- Efecto por el paso por bancos y obstáculos
- Efectos del viento
- Fuerzas y movimiento de las olas
- Efectos por empleo de “Bow and Stern Thrusters”
- Efectos por remolcadores
- Efectos por líneas de amarre y defensas

4.5 Maniobras Realizadas en un Simulador

Las maniobras que un simulador puede realizar son las siguientes (Uparella J. 2005):

- Radio de giro
- Capacidad de parada (parada de emergencia)
- Prueba de inercia
- Capacidad de mantenimiento del rumbo



- Círculos de giro en aguas bajas
- Círculos de giro con viento
- Desempeño en la desaceleración
- Pruebas de tracción y espiral
- Aceleración y giro por inercia
- Maniobras con baja velocidad
- Capacidades de “Bow and Stern Thrusters”

4.6 Técnicas de Simulación

Acuerdo a Hensen H. 2010, las técnicas de simulación se pueden dividir en tres grupos dependiendo la complejidad de estas, y por lo tanto su costo:

4.6.1 Fast-Time Simulation

Este tipo de simulación se basa en el uso de modelos matemáticos sin la intervención de un operador. Esto quiere decir que, las acciones del oficial al mando del buque y los remolcadores, así como el comportamiento del buque se simula simplemente mediante modelos matemáticos. Esto conlleva menor tiempo en la simulación y ahorro en los sistemas de proyección por la falta de necesidad de recrear escenarios complejos, lo que reduce los costes en gran medida. Estos simuladores son muy utilizados en procesos de investigación y de viabilidad de proyectos de construcción de buques, al mismo tiempo que son de gran utilidad en el estudio de las maniobras que se deben realizar, por ejemplo, en una entrada a puerto (Hensen 2010).

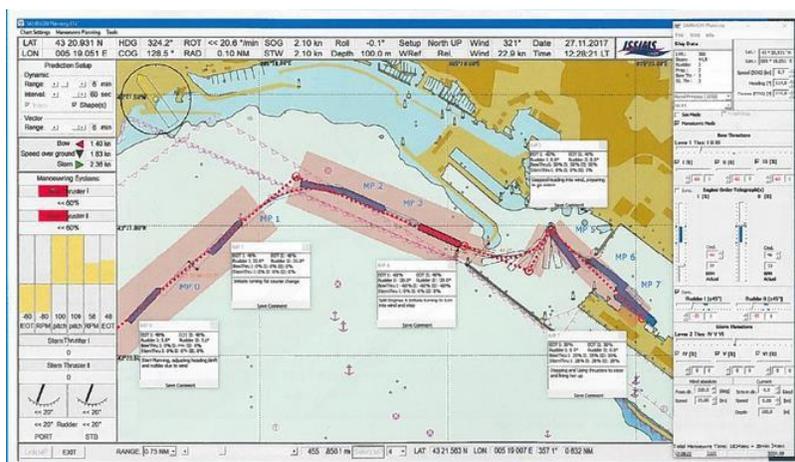


Figura 3: Simulación maniobra de atraque y zarpe en puerto (Fuente: Baldauf & Benedict 2018)



4.6.2 Simulación con Técnicas Simples

En este tipo de simulaciones se usa un sistema de proyección simple, con un campo de visión limitado, usando proyectores de pequeño tamaño. Para estos casos, la información del entorno y el buque se puede mostrar mediante monitores o mediante radar.



Figura 4: Sala de ejercicios ECDIS (Fuente: Gemisin 2023)

Estos simuladores son comunes en la enseñanza del sistema ECDIS, al igual que el ARPA en grupos pequeños de alumnos de forma individualizada. Estos simuladores están conectados con el ordenador del instructor, el cual puede observar y corregir a los alumnos de manera individual, como se muestra en la siguiente imagen (Hensen, 2010).

4.6.3 Simulación de Puente Completo (Full Mission Ship's Bridge Simulator)

Este es el tipo de simulador más completo, puesto que cuenta con un campo de visión amplio, desde 180° hasta los 360° en algunos casos, gracias a varios proyectores de alta gama. También cuentan con todos los dispositivos con los que cuenta un buque real, así como la variedad de estos, dependiendo de la finalidad del simulador (remolcador, buque petrolero, crucero, etc.). Los simuladores de puente completo pueden disponer de sistemas hidráulicos que pueden proporcionar de los grados de movilidad mencionados con anterioridad, otorgando un mayor realismo a la simulación (Hensen, 2010).



Figura 5: Simulador de puente completo (Fuente: Pranatec 2023)



5. Aplicación de Simuladores en el Practicaje

5.1 Aplicaciones de los Simuladores en el Trabajo del Piloto Práctico

Las aplicaciones de los simuladores en el desempeño del piloto práctico son entre otras las siguientes (Tannuri E. y Martins A. 2018):

- **Simulación en condiciones extremas:** Esta simulación incluye la navegación con diferentes condiciones de avería como fallas en los mandos del puente o de máquinas, condiciones extremas como navegación en canales estrechos, navegación nocturna y baja visibilidad.
- **Simulación para el diseño de nuevos puertos y terminales:** Esta simulación contempla la evaluación y optimización del diseño horizontal de un canal de navegación o dársena portuaria, como lo sugiere PIANC (2014) en la etapa de Diseño Detallado.



Figura 6: Simulación para el nuevo terminal de Puerto Antioquia (Fuente: El Colombiano 2023)

- **Simulación para maniobras con nuevos terminales portuarios o canales:** para verificar el impacto de obras civiles, como la construcción de nuevos terminales portuarios, muelles, canales o la evaluación de la ventana ambiental, procedimientos operativos y familiarización de los pilotos prácticos con un puerto o terminal de nueva construcción o para un puerto existente que fue objeto de dragado o ampliación.
- **Simulación con nuevas profundizaciones:** para profundizar un canal se debe realizar un estudio con la ayuda de simuladores, ya que se altera la maniobrabilidad del buque con este nuevo calado, así como otros fenómenos físicos que definen el calado máximo, como el hundimiento, el movimiento de las olas y la nueva corriente en el canal.
- **Simulación para operaciones no convencionales:** Acuerdo con la PIANC, 2018, las operaciones no convencionales, como el atraque de buque a buque y la maniobra de cascos de futuras plataformas FPSO (sin propulsión), también se pueden examinar de antemano



mediante simulación. Además, cuando las dimensiones de los canales y curvas de viraje son inferiores a las obtenidas por normas o recomendaciones internacionales, es fundamental realizar simulaciones para verificar los riesgos asociados a estas condiciones extremas de operación.



Figura 7: Simulador de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla” (Fuente: CGFM, 2023)

- **Simulación para nuevas ayudas a la navegación:** El análisis de los resultados de la simulación también puede utilizarse para definir el diseño de señales y luces de navegación (ubicación y tipo de boyas) y planes de contingencia.
- **Simulación para determinar el Bollard-Pull de los remolcadores:** Esta simulación determina el número, disposición y tiro a bolardo de los remolcadores para garantizar el posicionamiento seguro de un buque en un terminal portuario, boya de amarre o instalación.
- **Simulación para determinar la ventana ambiental:** En este tipo de simulación se pretende evaluar la factibilidad de la operación y definición de la ventana ambiental para nuevas operaciones en un puerto existente, con un tipo diferente de buque o una nueva operación de buque a buque (Ship-to-ship (STS)).
- **Simulación para operaciones con buques de grandes tamaños:** Este tipo de simulación es para verificar si las dimensiones del canal y las dársenas de maniobra existentes son compatibles con barcos de mayores dimensiones.
- **Simulación de maniobras con buques con mayores calados:** Esta simulación está asociada a la reducción del margen de maniobra (MM) y aumento de la inercia del buque. Se puede utilizar para verificar el impacto de esos cambios en la seguridad de la maniobra.
- **Simulación para un nuevo diseño de dragado:** Esta simulación se realiza para verificar las dimensiones horizontales y verticales de las áreas a dragar, incluyendo canales, dársenas y áreas de parada.



5.2 Clasificación de los Tipos de Simulación

5.2.1 Simulación Fast-Time o no-Interactiva (17% del total):

Este tipo de simulación busca el estudio de las interacciones durante la navegación y maniobra mediante modelos matemáticos, esto quiere decir que el ser humano no interacciona en la simulación. Esta simulación se usa para investigación y no para formación. El simulador opera con algoritmos que representan el comportamiento del piloto práctico, controlando el buque y los remolcadores. Uno o más pilotos prácticos locales participan en la reunión inicial, definiendo el procedimiento de maniobra que debe imitar el algoritmo de control. El análisis estadístico de las derrotas de los barcos puede definir el diseño óptimo del área de maniobras (Tannuri E. y Martins A. 2018).

5.2.2 Un Jugador en Tiempo Real (67% del total)

Esta simulación se realiza en tiempo real y es controlada por un piloto práctico local, utilizando un simulador de misión completa. El operador del simulador utiliza los llamados modelos de remolcadores vectoriales para controlar los remolcadores. Este modelo simplificado está basado en curvas de eficiencia que calcula la fuerza efectiva aplicada por el remolcador en diferentes condiciones (velocidad, corriente, oleaje y ángulo de remolque). Para compensar las deficiencias del uso de modelos simplificados, a veces un capitán de remolcador asiste a la simulación y asesora al operador del simulador sobre qué fuerza o posición del remolcador se pueden aplicar de manera realista, sobre las limitaciones del remolcador, la longitud de la línea de remolque, los requisitos de espacio y reacción tiempo (Tannuri E. y Martins A. 2018).

5.2.3 Multijugador en Tiempo Real (Remolcadores interactivos - 16% del total):

En este tipo de simulación el simulador principal es el barco asistido, controlado por el piloto práctico, y uno o más simuladores son los remolcadores, controlados por los capitanes de los remolcadores. Un modelo de maniobra de seis grados de libertad (6DOF) calcula el movimiento y el comportamiento del remolcador; de tal forma que el simulador considera casi todos los aspectos: tipo y características del remolcador, influencia de la velocidad y dirección de remolque, espacio requerido, tiempo de reacción y comunicación piloto práctico - capitán del remolcador. Dado que el buque normalmente es asistido por 2, 3 o 4 remolcadores, no es práctico tener tal número de remolcadores interactivos durante la simulación. Por lo tanto, se usan tirones vectoriales combinados con tirones interactivos. Normalmente, 1 o 2 remolcadores más críticos se operan en el modo interactivo (Tannuri E. y Martins A. 2018).



5.2.4 Simulación Interactiva mediante Modelos Físicos:

Acuerdo Hensen, 2010, este tipo de simulación consiste en modelos tripulados a escala, lo que implica que el piloto práctico debe operar el modelo. Para este método de simulación, se requiere de un pequeño lago, natural o artificial, con canales y pantalanes. Los modelos a escala disponen de un compartimento en donde se ubica el piloto práctico, así como los elementos básicos para el gobierno de este, consistiendo en un pequeño motor, suficientemente potente como para mover el modelo a una velocidad proporcional al original, propulsores de proa en caso de necesitarlo, así como ancla, cornamusas, cabos, etc. Al tratarse de modelos en agua, se puede observar el comportamiento del buque en el agua de manera más inmediato que con una simulación por ordenador.



Figura 8: Modelo buque de transporte LNG (Fuente: Solent University Southampton 2016)



Figura 9: Controles de un modelo a escala (Fuente: Elías González 2019)

Dentro de los modelos tripulados podemos encontrar tres tipos dependiendo del tamaño y el modo de interacción del alumno. Esta categoría se divide en los siguientes modelos:



5.2.4.1 Modelos Tripulados

Según Hensen, 2010, este tipo de modelo se caracteriza por el uso de remolcadores a control remoto debido al peso reducido de los modelos; estos remolcadores son controlados por otro operador que se encuentra en el modelo.



Figura 10: Remolcador a control remoto en maniobra (Fuente: González E. 2019)

5.2.4.2 Modelos Tripulados Grandes

Acuerdo Hensen, 2010, para estos modelos, debido a la necesidad de entrenar a pilotos y capitanes de remolcador o debido al aumento de peso de las maquetas, se introducen remolcadores tripulados con mayor potencia que los nombrados en el punto anterior. Esto se traduce en una mayor variedad de ejercicios debido a la coordinación de los dos operadores de los modelos que intervienen en el entrenamiento.



Figura 11: Modelos tripulados grandes (Fuente: Portash 2023)



5.2.4.3 Modelos a Control Remoto

Estos modelos se suelen usar junto con los tripulados para ayudar como remolcadores en los ejercicios de los modelos tripulados (Hensen, 2010).



Figura 12: Remolcadores a control remoto (Fuente: Portash 2023)

5.2.5 Simulación Interactiva mediante Simuladores

Acuerdo con González E. (2019) la simulación interactiva mediante simuladores es aquella en la que la simulación por ordenador se lleva a cabo mediante la interacción humana. Este tipo de simulación se lleva a cabo en tiempo real, lo que significa que, por ejemplo, la simulación de una maniobra durará lo mismo que en la vida real. Estos simuladores son los más usados en la formación de oficiales y prácticos. En centros de formación que posean más de un simulador, podrán realizar ejercicios conjuntos incorporando uno o varios remolcadores con un piloto práctico, en sus respectivos simuladores realizando una simulación en la que intervienen todos.

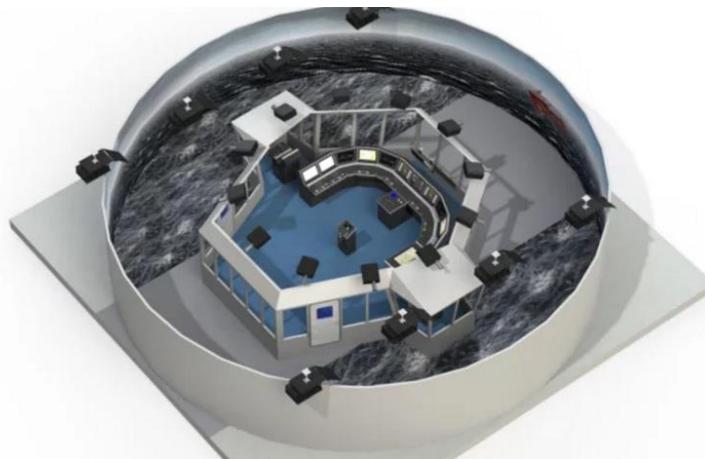


Figura 13: Proyecto de un simulador de navegación (Fuente: Safety4sea 2023)



5.3 Simulador de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”

La Escuela Naval de Cadetes "Almirante Padilla" (ENAP) de la Armada de Colombia, a través del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación para Actividades Marítimas (CIDIAM), cuenta un Simulador de Puente Full Mission con 360° de visualización, constituyéndose como el único con estas características en el país. Se instalaron cinco nuevos canales de visualización láser de última tecnología aumentando el sistema de proyección de 300 a 360 grados. Esta capacidad permite dar más realismo e inmersión en las maniobras que se desarrollan en esta plataforma, con un rango completo en el campo visual y calidad de imagen, mejorando la experiencia de los usuarios a un entorno más real (CIDIAM, 2023).

En América Latina sólo Colombia y Panamá cuentan con un simulador de puente con este grado de visualización, colocando a la Escuela Naval "Almirante Padilla" (ENAP) como referente a nivel regional en el uso de esta tecnología que integra tecnología I+D+i, mediante el uso de la simulación en tiempo real como plataforma pedagógica para la formación, entrenamiento y toma de decisiones, la realización de entrenamientos especiales y cursos Modelo OMI para los cadetes, oficiales y tripulaciones de la institución, pilotos prácticos, capitanes de embarcaciones y de remolcadores y en general para todo el gremio marítimo y empresarial. Este sistema entró en funcionamiento en el año 2015, contando con la certificación clase A de la Det Norske Veritas (DNV). El simulador tiene más de 30 áreas del Mar Caribe, el Océano Pacífico y geografías Antárticas para realizar ejercicios de maniobras de navegación a bordo de diferentes tipos de embarcaciones (CIDIAM, 2023).



Figura 14: Simulador de Puente Full Mission con 360° de visualización (Fuente: Cidiam 2023)



5.4 Simulador de la Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla”

La Escuela Naval de Suboficiales ARC “Barranquilla” cuenta con un simulador ANS6000 de Rheinmetall el cual es uno de los simuladores de operación de buques más modernos y completos del mercado. Se puede llevar a cabo una formación fundamental, básica y experta para tripulaciones y oficiales sin experiencia hasta oficiales de guardia experimentados. Además, la calidad de la simulación y la fidelidad de los modelos matemáticos permiten realizar proyectos de investigación y desarrollo. El sistema es un puente de misión completa, incluida una maqueta de puente con IBS (Sistema de puente integrado) real y equipo de navegación emulado y controles específicos de la embarcación. ANS6000 ha sido diseñado para actividades de formación e investigación de acuerdo con las normas STCW de la OMI y ha sido certificado por Det Norske Veritas Germanischer Lloyd (DNV GL). Las principales simulaciones de este moderno sistema son entre otras la simulación basada en la realidad, el monitoreo de variables, la simulación basada en la realidad, la aplicación de fenómenos meteomarineros, la generación de escenarios y buques específicos, entre otras. (Rheinmetall, 2023).

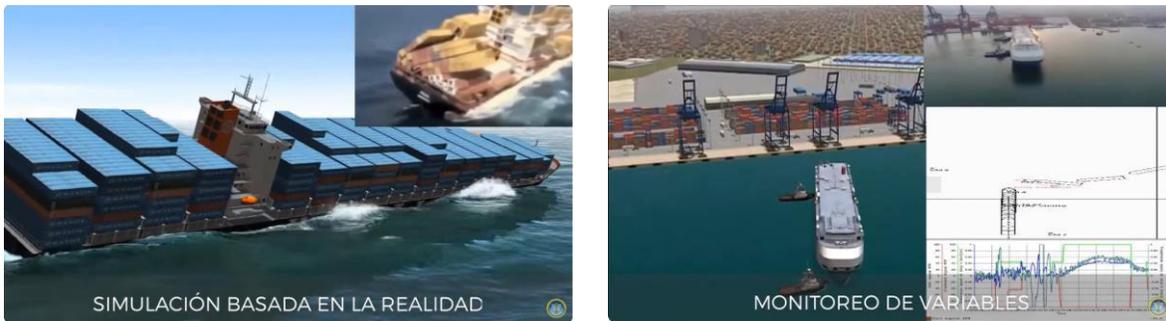


Figura 15: Simulación basada en la realidad - Monitoreo de variables (Rheinmetall, 2023)



Figura 16: Aplicación de fenómenos meteomarineros - Generación escenarios (Rheinmetall, 2023)



5.5 Simulador de Maniobras Sociedad Portuaria El Cayao S.A. ESP (SPEC LNG)

La Sociedad Portuaria El Cayao S.A. ESP (SPEC LNG) en la Bahía de Cartagena cuenta con herramienta virtual tridimensional denominada Sociedad Portuaria El Cayao S.A. ESP (SPEC LNG), para simular maniobras de atraque, zarpe y navegación por el canal navegable en la Bahía de Cartagena con buques virtuales tipo LNG, el cual fue probado con éxito en el simulador de maniobras de puente Transas NTPRO 5000 del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación para Actividades Marítimas de la Escuela Naval “Almirante Padilla” (Cidiam). Este software permite a los pilotos prácticos y equipo del puente de los buques tipo LNG que atraquen o zarpen de la Sociedad Portuaria El Cayao S.A. ESP (SPEC LNG) en la Bahía de Cartagena realizar maniobras con seguridad y eficacia, minimizando los riesgos y los errores humanos asociados a este tipo de maniobras. La herramienta virtual para la navegación marítima altamente interactiva permitió a los pilotos prácticos y 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. Cabe recalcar que con este trabajo la Armada Nacional, a través de la Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”, se convierte en un referente en Colombia en el desarrollo de productos tecnológicos de realidad virtual. A través de estos productos se pretende realizar aportes relevantes en términos de protocolos y procedimientos de seguridad marítima que minimicen el riesgo asociado a errores humanos a la hora de ejecutar maniobras con buques de gran calado en puertos colombianos. Lo anterior conlleva la generación de soluciones tangibles a problemáticas existentes en el desarrollo de maniobras, las cuales, gracias a la flexibilidad que brinda la tecnología, se pueden replicar en cualquier entorno marítimo a nivel mundial. De esta forma se contribuye a la capacitación del personal de la Armada Nacional y, en general, de la gente de mar, en pro del fortalecimiento del poder marítimo del país (Mendoza y Vítola 2017).

6. Conclusiones

A pesar que la Organización Marítima Internacional (OMI) ha exigido a los gobiernos contratantes la estricta aplicación del Convenio para los Estándares en la Formación, Certificación y Guardia para la gente de mar (STCW), ocurren constantes eventos catastróficos y accidentes marítimos los cuales son en gran parte debidos a errores humanos en las operaciones y



en la navegación, lo cual demuestra la inadecuada formación de oficiales, tripulantes y pilotos prácticos especialmente en entrenamientos con simuladores.

El uso de simuladores para la formación y entrenamiento de tripulaciones y en particular en Colombia es muy bajo teniendo en cuenta la falta de disponibilidad de estos sistemas tecnológicos para la inmensa mayoría de las tripulaciones y pilotos prácticos del país y la dificultad para el acceso a estos centros de formación marítima desde otras regiones del país, aunado con la existencia de fallas en los métodos de evaluación adoptados por los institutos de educación y capacitación marítima. Por lo tanto, es imprescindible insistir en la adecuada educación y entrenamiento que la gente de mar debe recibir, lo cual hará más segura la industria del transporte marítimo.

El entrenamiento de los pilotos prácticos, tripulaciones de los buques y remolcadores en simuladores son vitales para garantizar la realización de maniobras seguras y garantizar evitar daños a las vidas y al medio ambiente y por lo tanto es importante que la autoridad marítima, el gremio marítimo, las asociaciones de pilotos, las empresas de practicaje, las empresas de remolcadores, las agencias marítimas, las líneas navieras y otras organizaciones asociadas a la operación de los buques, se interesen en la formación y el entrenamiento mediante esta tecnología.

La simulación está aumentando y mejorando cada día, con nuevos avances en tecnología, lo que permitirá un mayor realismo en las simulaciones, lo que podría mejorar la interacción que tiene el oficial, el tripulante y el piloto práctico con el entorno operacional.

El entrenamiento de oficiales y pilotos prácticos con simuladores es uno de los elementos importantes en la educación y formación marítima; sin embargo, este entrenamiento se debe complementar con clases presenciales y ayudas visuales, pero también con piscinas, botes salvavidas y equipos de simulación de incendios. Sin embargo, los simuladores a gran escala permiten al piloto práctico practicar operaciones y procedimientos marítimos en entornos seguros y relativamente económicos en comparación con el entrenamiento operacional real.

Los simuladores se utilizan en muchas industrias y en particular en la marítima se emplea para la formación desde las operaciones de navegación hasta el fondeo. Al mismo tiempo, existen investigaciones sobre cómo los simuladores deben ser usados con una atención dedicada a la evaluación del alumno con el fin de asegurarse de que el entrenamiento del simulador cumpla con los requisitos STCW para entrenamiento y evaluación.



Referencias

- Alcaide J. (2022). *Modelling the Relationship Between Performance and Ship-Handling Simulator*.
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/329883/13_Alcaide.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Armada República de Colombia (2022). *Colombia cuenta con simulador de puente full mission de 360° de visualización*.
<https://www.escuelanaval.edu.co/index.php/colombia-cuenta-con-simulador-de-puente-full-mission-de-360deg-de-visualizacion>
- Ashmawy E. (2009). *Effective Implementation of Safety Management System (SMS): An Overview of the Role of the Human Element*. MET Trends in the XXI Century: Shipping Industry and Training Institutions in the global environment—area of mutual interests and cooperation. *Proceedings of the 2009 IAMU General - Assembly in St. Petersburg, St. Petersburg, Russia: Admiral Makarov State Maritime Academy*. S, 246–255.
- Carson-Jackson J. (2015). *A simulation instructor's handbook: The learning game*. London: The Nautical Institute. ISBN 9781906915162.
- Ernstsen J. (2020). *Reducing the subjective impact in maritime simulator assessment* [Tesis de doctorado, University of South-Eastern Norway, Faculty of Technology, Natural Sciences and Maritime Studies] Doctoral dissertation No. 64,
https://openarchive.usn.no/usn-xmlui/bitstream/handle/11250/2650430/phd_2020_65_Ernstsen_web.pdf?sequence=1
- González E. (2019). *Simuladores náuticos y su uso en la formación de Oficiales*. [Trabajo de Grado Escuela Politécnica Superior De Ingeniería]
- Hensen H. (2010). *Simulation Techniques*. <https://dokumen.tips/documents/simulation-techniques-by-henk-hensen-techniques-by-henk-hensen-fni-fairways.html?page=1>
- Hetherington C., Flin R., & Mearns K. (2006). *Safety in shipping: The human element*. *Journal of Safety Research*, 37(4), 401–411. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022437506000818>
- Klimkowski C. (2023) Maritime Institute of Technology and Graduate Studies. <https://www.mitags.org/what-is-a-bridge-simulator/>
- Mendoza y Vítola, (2018). *Herramienta virtual para simular maniobras con buques tipo GNL en la Bahía de Cartagena*, *Revista Científica General José María Córdova*
<https://revistacientificaesmic.com/index.php/esmic/article/view/311/314>
- Morley T. (2023). *Sistemas de información y visualización de cartas electrónicas (ECDIS)* marine-charts.com,
<https://marine-charts.com/es/marine-navigation-systems-ecdis/>
- Pilote Dunkerque (2015). *Transas Seagull 6000 simulator – fotografía de la portada*. <https://www.pilotedunkerque.fr/le-simulateur-de-manoevre/>
- Revista del Sector Marítimo (2023). *Tipos de Simuladores Marítimos Profesionales*. <https://sectormaritimo.es/tipos-de-simuladores-maritimos-profesionales>.
- Rheinmetall (2023). *Bridge and navigation training*. <https://www.rheinmetall.com/en/products/simulation-training/simulation-and-training/civil-training-solutions/merchant-marine-training-solutions/bridge-and-navigation-training>.
- Romero R. (2002). *El transporte marítimo: introducción a la gestión del transporte marítimo* (1.ª ed.). Barcelona (España): Marge Books. <https://www.casadellibro.com/co/libro-el-transporte-maritimo-introduccion-a-la-gestion-del-transporte-maritimo/9788486684150/839650>
- Rumawas V. (2016). *Human factors in ship design and operation: Experiential learning*.
https://www.researchgate.net/publication/301357209_Human_Factors_in_Ship_Design_and_Operation_Experiential_Learning
- Suppiah R. (2007). *Bridging the gap between theory and practice in the maritime environment: implications for Educators*. *Maritime Studies*, 153, 17-20. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07266472.2007.10878847>
- Tannuri E. y Martins A. (2018). *Application of a maneuvering simulation center and pilots' expertise to the design of new ports and terminals and infrastructure optimization in Brazil*. PIANC-World Congress Panama City.
file:///C:/Users/Mauricio%20Vanegas/Downloads/PIANC_Article_subID_113-2.pdf
- Uparella J. (2005). *Apuntes básicos para el desarrollo de un simulador de navegación y maniobras de un buque de guerra*.
<file:///C:/Users/Mauricio%20Vanegas/Downloads/40524473-Simulacion-de-Navegacion-y-Maniobras-del-Buque-Enfoque-basico.pdf>
- Vederhus, L., Odegard, A., Nistad, S., & Havold, J. I. (2018). *Perceptions of demanding work in maritime operations*. *Safety Science*, 110, 72–82. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092575351731648X>
- Vera y Malavé (2023). *Propuesta de un panel virtual de una cabina de mando de una unidad flotante para el uso didáctico en la Academia Técnica Militar de la Armada Bolivariana* [Trabajo de investigación, Universidad Militar Bolivariana de Venezuela].
- Vincenzi, Wise, Mouloua, & Hancock (2008). *Human Factors in Simulation and Training*. CRC Press Taylor & Francis Group.
- Wilcox, T. (2000). *STCW-95: Officer in charge of a navigational watch*. *Marine Safety Council Proceedings*, 57(1), 39–41.



Referencias de figuras

- Figura de la portada: Pilote Dunkerque (2015). *Transas Seagull 6000 simulator – fotografía de la portada*. <https://www.pilotedunkerque.fr/le-simulateur-de-manoevre/>
- Figura 1: Caracol Radio (2023). *Entrenamiento de pilotos en la Escuela Naval de Cadetes*. https://caracol.com.co/emisora/2019/08/04/cartagena/1564947168_522036.html
- Figura 2: González E. (2019). *Simulador de navegación con seis grados de libertad. Simuladores náuticos y su uso en la formación de Oficiales*. [Trabajo de Grado Escuela Politécnica Superior De Ingeniería]. Figura 3: Baldauf M. & Benedict K. (2018). *Full mission and fast time simulation for shiphandling*. <https://www.researchgate.net/publication/324783518>
- Figura 4: Gemisin (2009). *Sala de ejercicios ECDIS - General Features of ECDIS ARPA / RADAR Simulator*. http://www.gemisim.com/ECDIS-simulator_eng.asp
- Figura 5: Pranatec (2020). *Simulador de maniobras de navegación barco y remolcador*. <https://pranatec.com.mx/product/simulador-de-maniobras-de-navegacion-barco-y-remolcador/>
- Figura 6: El Colombiano (2023). *Simulación para el nuevo terminal de Puerto Antioquia*. <https://www.elcolombiano.com/negocios/cinco-firmas-compiten-por-puerto-en-uraba-IE3305794>
- Figura 7: Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla” (2023). *Navegar en la Antártida es posible gracias a la capacidad tecnológica de la Escuela Naval – Simulador de maniobras*. <https://www.cgfm.mil.co/es/blog/navegar-en-la-antartida-es-posible-gracias-la-capacidad-tecnologica-de-la-escuela-naval>
- Figura 8: Solent University Southampton (2016). *Modelo buque de transporte de Gas Natural Licuado*. <https://www.solent.ac.uk/news/school-of-maritime-science-and-engineering/2016/nigeria-nlng-joins-wma-%20fleet>
- Figura 9: Foundation for Safety of Navigation and Environment Protection (2023). *Training in Ship Handling. Controles de un modelo a escala*. <http://www.ilawashiphandling.com.pl/training.html>
- Figura 10: González E. (2019). *Remolcador a control remoto en maniobra*. [Trabajo de Grado Escuela Politécnica Superior de Ingeniería].
- Figura 11: Portash (2023). *Modelos tripulados grandes*. <https://www.portash.com.au/courses/>
- Figura 12: Portash (2023). *Remolcadores a control remoto*. <https://www.portash.com.au/tug-models/>
- Figura 13: Safety4sea (2017). *Kongsberg to equip maritime centre with simulator technology - Proyecto de un simulador de navegación*. <https://safety4sea.com/kongsberg-to-equip-maritime-centre-with-simulator-technology/>
- Figura 14: Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación para Actividades Marítimas de la Armada Nacional (2023). *Simulador de Puente Full Mission con 360° de visualización*. <https://www.escuelanaval.edu.co/index.php/colombia-cuenta-con-simulador-de-puente-full-mission-de-360deg-de-visualizacion>
- Figura 15: Rheinmetall (2023). *Bridge and navigation training - Simulación basada en la realidad y Monitoreo de variables*. <https://www.rheinmetall.com/en/products/simulation-training/simulation-and-training/civil-training-solutions/merchant-marine-training-solutions/bridge-and-navigation-training>
- Figura 16: Rheinmetall (2023). *Bridge and navigation training - Aplicación de fenómenos meteomarineros y Generación de escenarios*. <https://www.rheinmetall.com/en/products/simulation-training/simulation-and-training/civil-training-solutions/merchant-marine-training-solutions/bridge-and-navigation-training>

Bibliografía

- Al-Kabie Mazin Dawood Salman (2013). *The Importance of Using Ship Bridge Simulation Training to Enhance the Competency of Masters and Watch-Officers: Case study of the Iraqi dredging fleet*. Dissertation for master. World Maritime University. <https://es.scribd.com/document/343943104/The-Importance-of-Using-Ship-Bridge-Simulation-Training-to-EnhancHensen-Henk>
- Henk. (1999). *Ship Bridge Simulators*. London: Nautical Institute
- Baldauf M. & Benedict K. (2018). *Full mission and fast time simulation for shiphandling*. <https://www.researchgate.net/publication/324783518>
- Bhoopathy Bhaskaran (2018). *Objective of Simulation training in preventing Maritime Accidents*. <https://www.jetir.org/papers/JETIR1810146.pdf>
- Foundation for Safety of Navigation and Environment Protection (2023). *Training in Ship Handling*. <http://www.ilawashiphandling.com.pl/training.html>
- Gemisin (2009). *General Features of ECDIS ARPA / RADAR Simulator*. http://www.gemisim.com/ECDIS-simulator_eng.asp
- IMO (2017). “ECDIS – Guidance for Good Practice” MSC.1/ Circ. 1503/ Rev. 1. [http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Documents/MS-C.1-Circ.1503-Rev.1%20-%20Ecdis%20-%20Guidance%20For%20Good%20Practice%20\(Secretariat\).pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Documents/MS-C.1-Circ.1503-Rev.1%20-%20Ecdis%20-%20Guidance%20For%20Good%20Practice%20(Secretariat).pdf)
- IMO (1997). “International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers 1978, as amended in 1995 and 1997 (STCW Convention)”



- Muñoz Ruiz María Isabel (2023). *Evaluación de las competencias STCW mediante el uso de un Simulador de Navegación*. [Trabajo de Grado Universitat Politècnica de Catalunya]. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/382689/176608_TREBALL_FINAL_DE_GRAU_MARIA_ISABEL_MUNOZ_RUIZ.pdf?sequence=2
- Ngcobo Lihle Amanda (2018). *Response to technology advancement in maritime education and Training: A case study of the South African national maritime*. Dissertation for master. World Maritime University. <https://core.ac.uk/download/pdf/217238836.pdf>
- Portash (2023). *The Port Ash Tug Model fleet*. <https://www.portash.com.au/tug-models/>
- Romero Jiménez José Luis (2022). *Simulador de entrenamiento para maniobras de buques de carga*. [Trabajo de Grado Escuela Politécnica Superior De Ingeniería]. Universidad de Sevilla. file:///C:/Users/Mauricio%20Vanegas/Downloads/TFM2331_Romero%20Jimenez.pdf
- Safety4sea (2017). *Kongsberg to equip maritime centre with simulator technology*. <https://safety4sea.com/kongsberg-to-equip-maritime-centre-with-simulator-technology/>

INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE PRACTICAJE ASOCIACIÓN
NACIONAL DE PILOTOS PRÁCTICOS DE COLOMBIA

ITP 025

**SIMULADORES Y RESULTADOS
EN DESEMPEÑO FINAL**

Bogotá, septiembre de 2023

Bogotá:

Tequendama Suites. Carrera 10 #27 - 51, Oficina 2803.

Barranquilla:

Centro Empresarial Torres del Atlántico. Carrera 57 #99a - 65.

Buenaventura:

Edificio Nápoles. Carrera 1° #2A - 19, Piso 2.

Edificio Pacific Trade Center. Carrera 3 #7 - 32, Piso 20, Oficina 2003.

Santa Marta:

Carrera 2 #170 - 276. Km 14 Vía SMR - CIÉNAGA detrás EDS Don Jaca.

Troncal del Caribe, Carretera 90 #Km 9 - 350, Sector Bomba Zuca.

Turbo:

Carrera 12 #96A - 45.

 ANPRA Colombia

anpracolombia.org

anpra2011@yahoo.com
infoanpra@yahoo.com.co

#ConProaAlFuturo



ASOCIACIÓN NACIONAL DE
PILOTOS PRÁCTICOS DE COLOMBIA