



TRABAJO FIN DE GRADO

Curso 2018-2019

“SIMULADORES NÁUTICOS Y SU USO EN LA FORMACIÓN DE OFICIALES”

Tutor: Dr. D. Antonio Ceferino Bermejo Díaz

Alumno: Elías Ramón González Guimerá

Grado: Grado en Náutica y Transporte Marítimo

Agradecimientos

Quiero dar las gracias a mi familia por su gran apoyo y amor incondicional, como no a mi Padre Elías y a mi Madre Maeña, pues gracias a ellos he llegado donde estoy, y han podido ofrecerme el lujo de estudiar una carrera que amo.

A mi pareja Patricia por siempre estar a mi lado, en las buenas y en las malas, sacando una sonrisa donde no la había, y animándome a superarme cada día. Gracias por todo lo que haces por mi cada día.

A mis mejores amigos de toda la vida Yaritsa, Sergio, Antonio, y a mis compañeros de náutica, gracias a su apoyo y ayuda durante esta etapa de mi vida.

A todos los profesores de la universidad, por transmitirme los conocimientos necesarios para comenzar con la nueva etapa que es el entorno laboral y, como no, al Dr. D. Antonio Ceferino Bermejo, pues su participación en la charla de presentación de la carrera durante el final de mi vida escolar me inspiró para matricularme en esta carrera.

Por último, me gustaría agradecer a todos los profesores que ya no están con nosotros, se os recordará siempre.

Muchísimas gracias a todos por su apoyo y espero que sigamos viviendo grandes momentos juntos en esta nueva singladura de la vida.

Resumen

Desde hace muchos años, los simuladores han contribuido a la formación de trabajadores de diversos sectores laborales, desde conducción hasta lucha contra incendios. Entre ellos, la aviación destaca por el uso de simuladores para la formación de pilotos. El sector marítimo se ha beneficiado de sus conocimientos y sus mecanismos para trasladar esta formación a la vida en el mar.

Los simuladores ayudan a mejorar las competencias de la gente del mar, previniendo así los accidentes y la contaminación del entorno que nos rodea.

La intención de este trabajo es la de enumerar y detallar diversos simuladores náuticos, debido al beneficio que estos ofrecen al sector marítimo; así como la legislación que los regula.

Debido a la necesidad de una buena formación para la gente del mar, en la actualidad, los simuladores se han convertido en una pieza clave, puesto que permiten aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación de los marinos, así como mejorar las habilidades obtenidas en navegación, siendo posible presentar multitud de escenarios que, en la vida real, pondrían en riesgo a la tripulación, al buque y el entorno.

Abstract

Since many years, simulators have contributed to the training of workers of all kind of labour sectors, from driving to fire extinguishing. Among them, aviation highlight in using simulators for the pilot's training; the Maritime sector have benefited from their knowledge and mechanism, transferring them to the training of life at sea.

Simulators help to improve the competencies of the people of the sea, preventing accidents and contamination of our surrounding.

The intention of this work is to point and detail different types of nautical simulator, due to the benefits that It offers to the maritime sector.

Due to the necessity of good training to the sea people, nowadays, simulators have become a key piece, since allow to apply the knowledge acquired during formation, it also gives the opportunity to improve the officers skills, been possible to show a variety of scenarios that, in real life, could be risky to the crew, the ship and the environment.

Índice de Contenidos

Índice de imágenes	XI
Lista de Abreviaciones	XIV
CAPÍTULO 1	1
1. Antecedentes	1
1.1 Definición de Simulador	1
1.2 Aparición y Mejora de los Simuladores Marítimos	2
CAPÍTULO 2	4
2. Introducción	4
2.1 Convención STCW y enmiendas	4
2.1.1 Regulación I/6	5
2.1.2 Sección A-I/6	5
2.1.3 Sección B-I/6	6
2.1.4 Regulación I/12	6
2.1.5 Sección A I/12	6
2.1.6 Sección B I/12	7
CAPÍTULO 3	9
3. Introducción	9
3.1 Componentes fundamentales	9
3.1.1 Grados de libertad	10
3.2 Técnicas de simulación	11
3.3 Métodos de simulación	14
CAPÍTULO 4	18
4. Tipos de simuladores	18
4.1 Simulador de Máquinas	18
4.2 Simulador de Grúas Portuarias y Grúas Offshore	19
4.3 Simulador de Navegación	21
4.3.1 Simulador de Posicionamiento Dinámico	22
4.3.2 Simulador de Buques Offshore	23
4.3.3 Simulador de Servicios de Tráfico de Buques (VTS)	24
4.3.4 Simulador de Buques de Pesca	25
4.3.5 Simulador de Botes de Rescate Rápido	26
4.4 Posibilidad de Simulaciones en Equipo	27
4.5 Simuladores comerciales	30

CAPÍTULO 5	31
5.1 Primer simulador de la RAN.....	31
5.2 Simulador del Centro de Formación de Hong Kong	33
5.3 Simulador de navegación de la universidad de Glasgow.....	36
5.3 Simulador de la Universidad de La Laguna.....	37
CAPÍTULO 6	45
6.1 Conclusión	45
6.2 Conclusion	46
6.3 Bibliografía de Contenidos	47
6.4 Bibliografía de Imágenes	49

Índice de imágenes

Ilustración 1.1: Demostración de simulación contra incendios

Ilustración 1.2: Simulador RADAR (1959)

Ilustración 3.1: Movimientos del Buque

Ilustración 3.2: Simulador de navegación con seis grados de libertad

Ilustración 3.3: Simulación de maniobra de entrada y atraque a puerto

Ilustración 3.4: Sala de ejercicios ECDIS

Ilustración 3.5: Conexiones de la sala de ejercicios ECDIS

Ilustración 3.6: Simulador de puente con pantallas

Ilustración 3.7: Simulador de puente con proyectores

Ilustración 3.8: Modelo de buque LNG

Ilustración 3.9: Controles de un modelo a escala

Ilustración 3.10: Remolcador a control remoto en maniobra

Ilustración 3.11: Modelos tripulados grandes

Ilustración 3.12: Remolcadores a control remoto

Ilustración 3.13: Proyecto de un simulador de navegación

Ilustración 4.1: Simulador de Sala de control de máquinas

Ilustración 4.2: Simulador de grúa portuaria

Ilustración 4.3: Escala de grúas portuarias

Ilustración 4.4: Simulador de grúa offshore

Ilustración 4.5: Tipos de simulador de navegación

Ilustración 4.6: Tipos de simulador de posicionamiento dinámico

Ilustración 4.7: Consola de posicionamiento dinámico

Ilustración 4.8: Modelo 3D de simulador de buque offshore

Ilustración 4.9: Simulador de buque offshore

Ilustración 4.10: Modelo 3D de simulador de servicio de tráfico de buques

Ilustración 4.11: Simulador de servicio de tráfico de buques

Ilustración 4.12: Esquema de un simulador de puente de un pesquero

Ilustración 4.13: Modelo 3D de un simulador de pesca

Ilustración 4.14: Simulador de bote de rescate rápido

Ilustración 4.15: Flujo de información en un puente de mando

Ilustración 4.16: Esquema de entrenamientos integrados

Ilustración 4.17: Esquema de salas de simulador de emergencias

Ilustración 4.18: Sala de control del simulador de emergencias

Ilustración 5.1: Instrumentación simulada de la RAN (1985)

Ilustración 5.2: Sala de instrucción del simulador de navegación de la RAN (1985)

Ilustración 5.3: Esquema del centro de formación de Hong Kong

Ilustración 5.4: Simulador de navegación pequeño

Ilustración 5.5: Simulador GMDSS

Ilustración 5.6: Simulador VTS

Ilustración 5.7: Simulador de navegación de 360° de visión

Ilustración 5.8: Panel de comunicaciones del instructor

Ilustración 5.9: Consola de información de navegación

Ilustración 5.10: Simulador de navegación

Ilustración 5.11: Simulador ARPA

Ilustración 5.12: Simulador ECDIS

Ilustración 5.13: Carta electrónica del puerto de S/C

Ilustración 5.14: Consola central del simulador de navegación

Ilustración 5.15: Consola de timonel

Ilustración 5.16: Instructor en el simulador ARPA

Ilustración 5.17: Alumno en el simulador ECDIS

Ilustración 5.18: Simulación nocturna

Ilustración 5.19: Simulador

Ilustración 5.20: Simulador RADAR ()

Ilustración 5.21: Simulador

Lista de Abreviaturas

AIS	Automatic Identification System
ARPA	Automatic Radar Plotting Aids
CPA	Closest Point of Approach
DGPS	Differential Global Positioning System
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System
GPS	Global Positioning System
OMI	Organización Marítima Internacional
RAN	Royal Australian Navy
RIPA	Reglamento Internacional para la Prevención de Abordajes en la mar
TCPA	Time to Closest Point of Approach
VTS	Vessel Traffic Service

CAPÍTULO 1

1. Antecedentes

Desde la aparición de la navegación con las primeras embarcaciones, ha existido una necesidad de transmitir los conocimientos adquiridos y mejorarlos con el paso del tiempo.

Desde hace unos años, debido a la creciente escases de embarques, la formación de marinos ha contemplado la posibilidad de enseñar a los marinos el arte de la navegación desde tierra, mejorando así la facilidad de enseñar a los marinos.

Muchas industrias han considerado el uso de los simuladores para contribuir a la mejora de las competencias de los empleados. La industria de la aviación es una de las que sobresale en el campo de la formación con simuladores. Esto motivó los primeros intentos de construir simuladores de puente en los Países Bajos y Suecia en los años sesenta, los primeros diseños estaban limitados a la investigación. [1]

Desde entonces, grandes empresas han optado por este tipo de entrenamiento para que sus oficiales obtengan una mayor experiencia. Cabe destacar, que dichas empresas apuestan por los simuladores utilizándolos también para el estudio de la maniobrabilidad y estabilidad de sus buques, incluso antes de su construcción [2], lo que permite comprobar la viabilidad de los proyectos que se llevan a cabo en los astilleros, facilitando la corrección temprana de fallos que podrían costar vidas y millones a las compañías.

1.1 Definición de Simulador

Un simulador es un conjunto de elementos que reproducen un fenómeno, el funcionamiento de una máquina o las condiciones externas de la misma.

En nuestro caso, un simulador náutico es el conjunto de pequeños simuladores que imitan los diferentes dispositivos y maquinaria de los que dispone un buque, así como el entorno que le rodea, pudiendo modificar cualquier variable en el proceso. Pudiendo recrear canales, aproximaciones a puerto y operaciones con barcos de diferente tipo y tamaño.

Como se ha mencionado anteriormente, los simuladores van desde aviación, hasta lucha contra incendios como se puede observar en la siguiente imagen.



Ilustración 1.1: Demostración de simulación contra incendios [3]

Se trata de una demostración, llevada a cabo por la RAN, donde el sujeto en prácticas lleva unas gafas de realidad virtual, con las que puede vivir una experiencia muy cercana a la realidad en términos de su entorno, puesto que puede ver de manera realista todo el entorno, y un controlador igual a las mangueras que se utilizan en la extinción de incendios.

1.2 Aparición y Mejora de los Simuladores Marítimos

En 1959, aparece el primer **Simulador de Radar**, con el que se realizan cursos de técnicas de operador de radar, selección de objetivos y navegación a ciegas, todo ello sin ningún tipo de referencia externa. [4]



Ilustración 1.2: Simulador de RADAR (1959) [5]

Las compañías especializadas en la construcción y mejora de simuladores se dedicaron a investigar y añadir elementos a los mismos para mejorar su rendimiento. En 1965 por ejemplo, se añadieron ayudas a la navegación e instrumentación, así como también se instalaron dispositivos ARPA.

Hubo más mejoras en el ámbito de la simulación, en 1967 se podían encontrar simuladores de navegación completos y con plataformas de movimiento. Se implementaron softwares de efectos visuales a los simuladores de navegación a ciegas de los que se disponía hasta el momento.

En los sesenta se construye un simulador de pesca que incluía los controles de gobierno para todo tipo de maniobras; arrastre, pesca con palangre, etc. A esto se le incluye equipamiento de pesca, sonar para pesca y sistemas de navegación.

En la década de los setenta se incluyeron más instrumentos de navegación como el Decca, Loran, Omega y Ecosondas, así como sistemas de navegación como puede ser el GPS, Loran-C, DGPS y el ECDIS.

Además de esto, se encuentran otro tipo de simuladores como menciona Muirhead, simulador de estrés y estabilidad (1965), simulador de cargas líquidas (1976) y simulador de GMDSS (1992) [1]

CAPÍTULO 2

2. Introducción

En este capítulo nos centraremos en la legislación que rige el uso de los simuladores en la formación de la gente del mar, para ello acudiremos a las normativas propuestas por la Organización Marítima Internacional (OMI), agencia especializada de las Naciones Unidas. La OMI se encarga de crear unos estándares para mejorar la seguridad internacional de la navegación y evitar la polución marítima por parte de los barcos, así como los requisitos que los oficiales deben cumplir en términos de formación, por ello se firma el primer Convenio Internacional en Estándares de Formación, Certificación y Vigilancia (STCW) en 1978, que entró en vigor en 1984.

2.1 Convención STCW y enmiendas

Como se mencionó en la introducción, la Convención Internacional en Estándares de Formación, Certificación y Vigilancia se firma el 7 de Julio de 1978 y entra en vigor el 28 de Abril de 1984. Desde entonces ha habido ocho enmiendas que son las de 1991, 1994, 1995, 1997, 1998, 2004, 2006 y 2010. La enmienda de 1995 se preocupa del 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. Más adelante, en 1998 se realizaron más modificaciones a la convención y a la parte A de la misma, concerniente a la formación de la gente del mar en buques específicos como los de pasaje y los Ro-Ro. Por último, en la convención de Manila de 2010 se realizaron más cambios al código. Estas enmiendas están pensadas para 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 la posibilidad del uso de simuladores como una herramienta efectiva en la formación y evaluación de la gente del mar; dentro de la Regulación-I/6 y sus dos secciones. [6]

1. Regulación-I/6 Formación y evaluación
2. Sección A-I/6 Formación y evaluación
3. Sección B-I/6 Orientación sobre la formación y evaluación

2.1.1 Regulación I/6

Esta regulación requiere a todas las partes que aseguren una formación de los marinos acorde con lo que se nombra en el código STCW, así como una correcta evaluación. La sección A de esta regulación cita los conocimientos y competencias que deben dominar los instructores envueltos en programas de formación con simuladores.

2.1.2 Sección A-I/6

En esta sección, como se mencionó en el punto anterior se nombran los conocimientos y competencias que deben tener los instructores de simulador, estas competencias están clasificadas en siete:

1. Navegación
2. Manejo de la carga y estiba
3. Control de las operaciones del buque y cuidado de las personas a bordo
4. Ingeniería naval
5. Ingeniería eléctrica, electrónica y de control
6. Mantenimiento y reparación
7. Comunicaciones por radio

2.1.3 Sección B-I/6

Esta sección dota de una guía de como cumplir con lo correspondiente en la sección A, y también con los cursos de la OMI para los instructores y para los exámenes y certificaciones de los marinos. Los instructores y asesores deben estar muy cualificados para conducir entrenamientos y evaluaciones.

Además de esto, existe una sección del convenio STCW dedicado a remarcar el uso de los simuladores:

1. Regulación I/12 Uso de los simuladores
2. Sección A-I/12 Normas que rigen el uso de simuladores
3. Sección B-I/12 Orientación sobre el uso de simuladores

2.1.4 Regulación I/12

Esta regulación otorga un marco legal para los estándares de rendimiento de los simuladores marítimos usados en la formación y evaluación de los marinos y los certificados.

2.1.5 Sección A I/12

Esta sección se divide en dos partes:

1. En la primera parte de esta sección, se proporcionan unos estándares de rendimiento de los simuladores que se pueden utilizar para la formación y evaluación de la gente del mar. En adición a esto el convenio STCW indica que es muy importante el diseño de los escenarios para garantizar una mejor formación para los ejercicios en los simuladores.
2. En esta segunda parte, se provee con otras disposiciones donde los procedimientos de formación y evaluación se analizan unos estándares que los instructores y asesores deben tener para 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.

2.1.6 Sección B I/12

En 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 establecen el uso del RADAR y el ARPA, puntualizando las áreas de formación y evaluación.

RADAR

- Factores que afectan a la precisión y el rendimiento
- Detección de información no veraz, como falsos ecos
- Preparar los dispositivos
- Rango y rumbo
- Técnicas de selección y conceptos de movimiento relativo
- Identificación de ecos críticos
- Rumbo y velocidad de otros buques
- Conceptos de CPA y TCPA
- Detectar cambios en el rumbo y velocidad de otros buques
- Efectos en los cambios de rumbo o velocidad o ambos en nuestro propio buque
- Aplicación del R.I.P.A

ARPA

- Posibles riesgos de un exceso de dependencia en el ARPA
- Tipos principales de sistemas ARPA y sus características
- Estándares de rendimiento para el ARPA según OMI
- Factores que afectan a la precisión y el rendimiento
- Capacidades y limitaciones del seguimiento de objetivos
- Retrasos en el procesamiento debido a los cálculos del ARPA
- Avisos operacionales, beneficios y limitaciones
- Pruebas operativas del sistema
- Adquisición manual y automática de objetivos y sus respectivas limitaciones

- Vectores relativos y verdaderos y la representación gráfica de la información de los objetivos y las áreas peligrosas
- Información de las posiciones anteriores de un objetivo en seguimiento

Así mismo, en la convención de Manila de 2010, se introdujo el ECDIS dentro de los cursos con simulador de manera obligatoria, nombrando a continuación las áreas de formación y evaluación [7]:

- Tipos principales de ECDIS y sus características
- Principales riesgos de un exceso de dependencia en el ECDIS
- Detección de malinterpretación de información
- Factores que afecten a la precisión y el rendimiento del sistema
- Un correcto procedimiento de encendido
- Uso operacional de las cartas electrónicas
- Planeo de rutas
- Monitoreo de rutas
- Manejo de alarmas
- Corrección manual de la posición y parámetros del buque
- Actualización de las cartas
- Uso operacional del ECDIS cuando el RADAR o el ARPA, al igual que el AIS estén conectados
- Avisos operacionales, beneficios y limitaciones
- Pruebas del sistema operacional

CAPÍTULO 3

3. Introducción

En el análisis del comportamiento de un buque en alta mar o en puerto, con o sin remolcadores, se puede estudiar siguiendo varios modelos de investigación. El uso de experimentos a escala real, es decir, usando el buque propiamente dicho, es muy poco recomendable debido a su alto coste y riesgo. Por otro lado, el uso de simuladores de puente adecuadamente equipado para las necesidades y características del buque es una alternativa más viable en coste y seguridad. Estos simuladores son utilizados también en la formación de los prácticos y oficiales.

3.1 Componentes fundamentales

Según Hensen [8], los simuladores deben estar equipados con aquello que se puede encontrar en un barco 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 y 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; en el caso de que el buque simulado tenga más de una hélice, este debe contar con indicadores suficientes para el número de hélices máximas que el simulador es capaz de simular.
- Si el simulador está preparado para simular hélices transversales, este debe incluir los controles de estos, así como los indicadores necesarios, teniendo en cuenta las hélices transversales de los que disponga (proa y popa).
- Compás, indicador de profundidad del agua, indicador de velocidad y dirección del viento, indicador de velocidad del buque, luces de navegación, tifón, etc.
- Debe disponer de un ARPA, el cual debe estar preparado para reflejar los ecos como uno en la vida real, teniendo en cuenta las configuraciones de los rangos y todo lo que estos pueden realizar. En el caso de que se lleven a cabo

simulaciones en hielo, el ARPA debe ser capaz de simular los caminos abiertos en el hielo tal y como lo hace un ARPA real.

- Debe estar equipado para comunicaciones entre barcos y tierra, así como con el instructor.
- Una derrota para las cartas físicas.

3.1.1 Grados de libertad

Si bien la mayoría de los simuladores no disponen de este sistema, está empezando a ganarse un sitio muy importante en el mundo de la simulación marítima. Como mencionamos al principio de este trabajo, en 1967 comenzó a implementarse plataformas hidráulicas que permitían imitar el movimiento del buque, gracias a los avances en la tecnología y el abaratamiento de los costes, más centros de formación están optando por este tipo de sistemas para mejorar la sensación de realismo en los simuladores. 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 [3]), Deriva (Sway [2]), Guiñada (Yaw [4]), Balance (Roll [6]), Cabeceo (Pitch [5]) y Arfada (Heave [1])

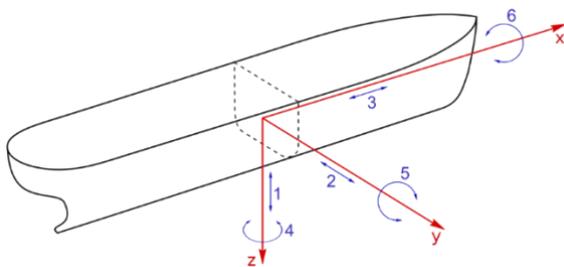


Ilustración 3.1: Movimientos del Buque [9]



Ilustración 3.2: Simulador de navegación con seis grados de libertad [10]

3.2 Técnicas de simulación

Las técnicas de simulación se pueden dividir en tres grupos dependiendo la complejidad de estas, y por lo tanto su coste. [8]

- **“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 un menor tiempo en la simulación, además del ahorro en los sistemas de proyección debido a 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

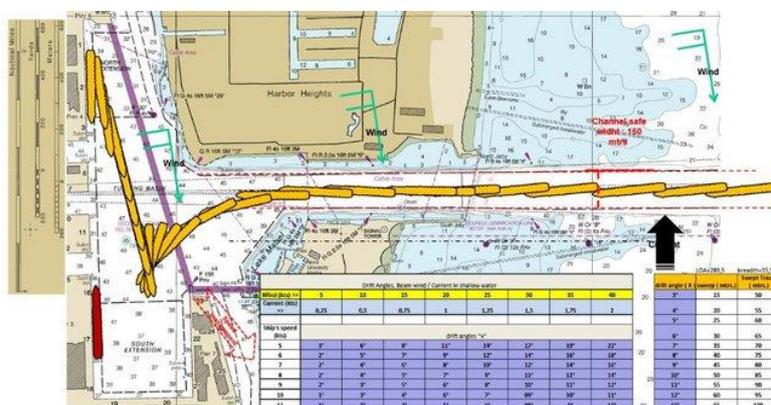


Ilustración 3.3: Simulación de maniobra de entrada y atraque en puerto [11]

- **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.



Ilustración 3.4: Sala de ejercicios ECDIS [12]

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.

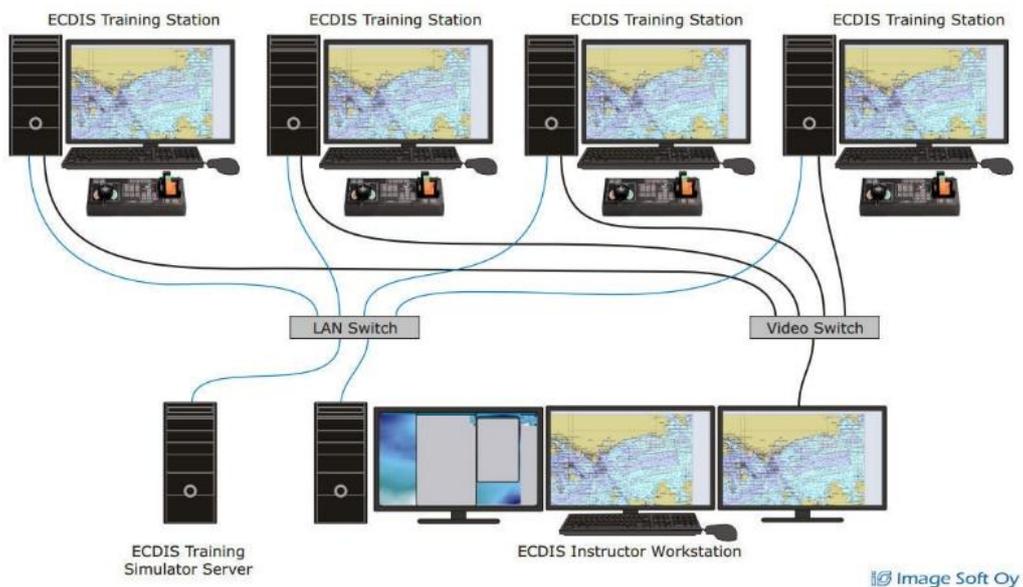


Ilustración 3.5: Conexiones de la sala de ejercicios ECDIS [13]

- **Simulación de puente completo**

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 los grados de movilidad mencionados con anterioridad, otorgando un mayor realismo a la simulación.



Ilustración 3.6: Simulador de navegación con pantallas [14]



Ilustración 3.7: Simulador de navegación con proyectores [15]

3.3 Métodos de simulación

Hensen expone que los métodos de simulación se pueden dividir en tres categorías dependiendo de la interacción humana que halla involucrada en la simulación. [8]

- **Simulación no-interactiva**

Este tipo de simulación se basa en el estudio de la navegación mediante modelos matemáticos, esto quiere decir que el ser humano no interacciona en la simulación. Estas simulaciones se suelen llamar “fast-time simulation”, procedimiento explicado en el punto anterior. Debido a que este tipo de simulación se usa para investigación y no para formación, no lo consideraremos a partir de ahora.

- **Simulación interactiva mediante modelos físicos**

Este tipo de simulación consiste en modelos tripulados a escala, lo que implica al operador en el manejo de este. 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 desde donde se acomoda el operador, 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 los elementos fundamentales del buque (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.



Ilustración 3.8: Modelo de Buque LNG [16]



Ilustración 3.9: Controles de un modelo a escala [17]

Dentro de los modelos tripulados podemos encontrar tres tipos dependiendo del tamaño y el modo de interacción del alumno. Esta categoría se divide de la siguiente forma: [8]

1. Modelos tripulados

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.



Ilustración 3.10: Remolcador a control remoto en maniobra [18]

2. *Modelos tripulados grandes*

Para estos modelos, debido a la necesidad de entrenar a 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.



Ilustración 3.11: Modelos tripulados grandes [17]

3. *Modelos a control remoto*

Como se mencionó en el primer punto, estos modelos se suelen usar junto con los tripulados para ayudar como remolcadores en los ejercicios de los modelos tripulados.



Ilustración 3.12: Remolcadores a control remoto [19]

- **Simulación interactiva mediante simuladores**

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.

Como ya se explicará en profundidad posteriormente, en centros de formación que posean más de un simulador, podrán realizar ejercicios conjuntos incorporando uno o varios remolcadores con un práctico, en sus respectivos simuladores realizando una simulación en la que intervienen todos.

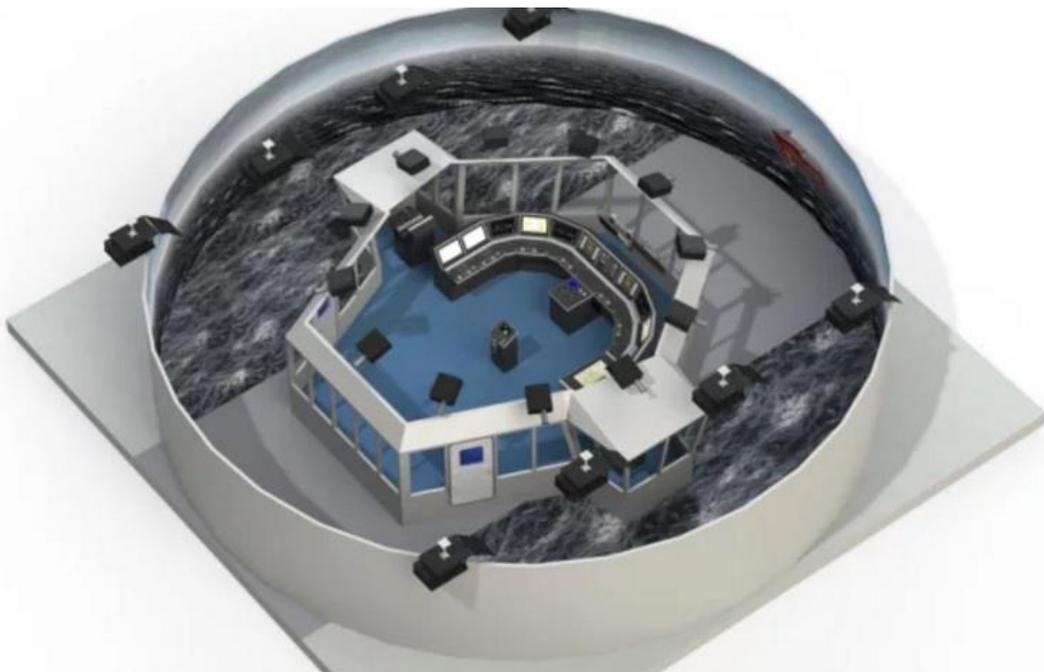


Ilustración 3.13: Proyecto de un simulador de navegación [20]

CAPÍTULO 4

4. Tipos de simuladores

Dentro de los simuladores del sector marítimo, se pueden encontrar diferentes clasificaciones según su finalidad o su sector específico dentro de la navegación.

A continuación, se presentan diferentes tipos de simuladores más utilizados, teniendo en cuenta la función para la que está diseñado, debido a que cada simulador presenta diferencias notables dependiendo del tipo de buque que se esté simulando o la finalidad que este tenga.

4.1 Simulador de Máquinas

Estos simuladores permiten la formación de los oficiales de máquinas en el manejo de los diferentes componentes que conforman un buque, desde una caldera hasta los motores principales.

Para ello existen varios tipos de simuladores dependiendo de la maquinaria que estén simulando, los más comunes son los paneles de las salas de control de máquinas, debido a que desde ella se puede controlar toda la maquinaria que podemos encontrar en un barco real; también se pueden encontrar máquinas específicas para la formación completa de los oficiales. Estos simuladores permiten una formación más segura debido al tratarse de un espacio controlado donde un fallo grave no supone un riesgo para la tripulación ni el buque, lo que permite un aprendizaje más enfocado a la puesta en práctica de los conocimientos teóricos adquiridos, pudiendo repetir o realizar multitud de ejercicios.



Ilustración 4.1: Simulador de sala de control de máquinas [21]

4.2 Simulador de Grúas Portuarias y Grúas Offshore

En el sector marítimo, el puerto toma una posición importante puesto que es un entorno que ofrece un lugar resguardado del clima, así como permitir descargar la mercancía que se mueve por el mar a la vez que se proporcionan una serie de servicios vitales a los barcos. Dentro de estos servicios, las grúas portuarias son fundamentales para la descarga de los buques, por ello es primordial contar con unos operarios de grúas eficientes a la par que responsables.

Aquí es donde los simuladores de grúas portuarias desempeñan un papel significativo en términos de ofrecer un entrenamiento adecuado a las necesidades de cada puerto y barco. Estos simuladores presentan todos los controladores y dispositivos que se podrían encontrar en una grúa real. [22]

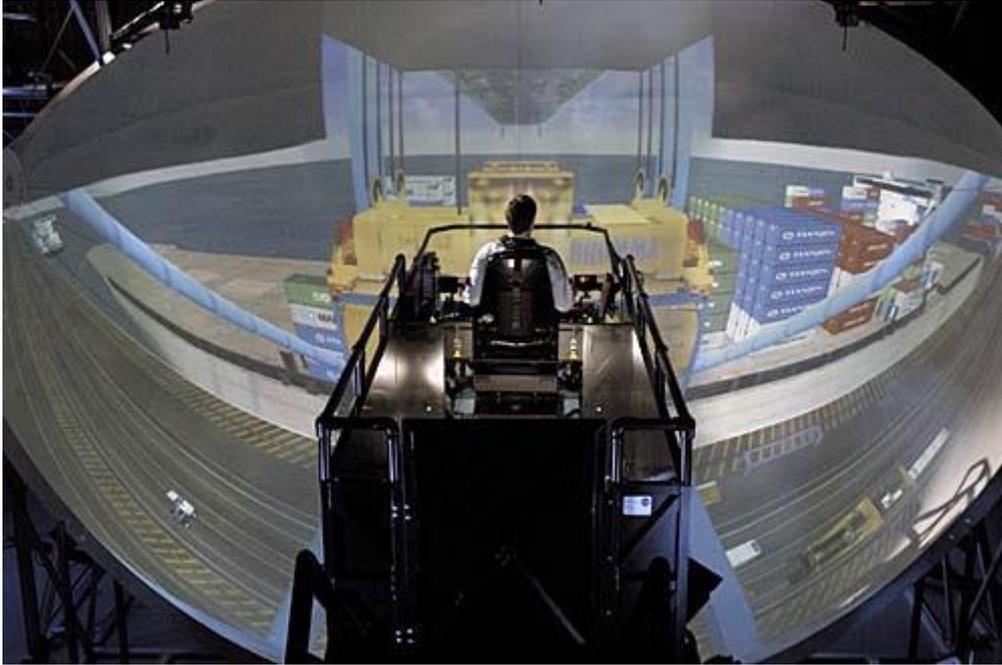


Ilustración 4.2: Simulador de grúa portuaria [23]

Según la complejidad de los simuladores de grúas, podemos encontrar varios tipos como se puede ver en la siguiente imagen:

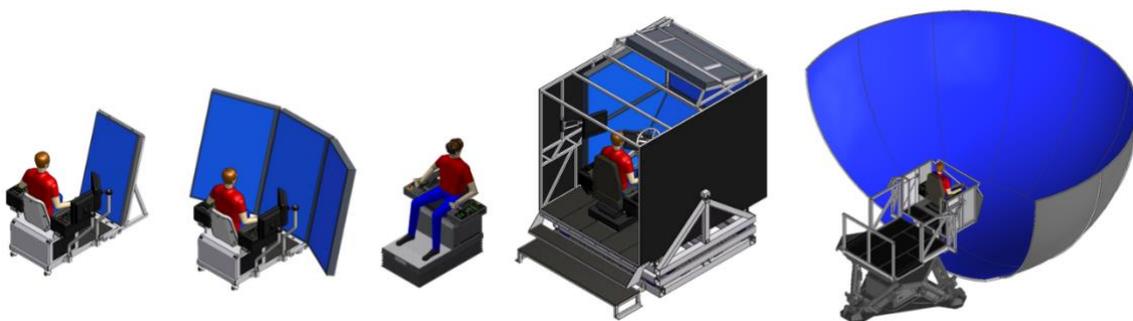


Ilustración 4.3: Escala de las grúas portuarias [24]

Las grúas offshore también toman un papel fundamental puesto que permiten el movimiento de carga en buques de investigación, reponer suministros de plataformas petrolíferas, etc. Por ello es muy importante que los operadores de estas grúas dispongan de los certificados necesarios, así como formación práctica en el uso de estas.



Ilustración 4.4: Simulador de grúa offshore [25]

4.3 Simulador de Navegación

Los simuladores de navegación, también conocidos como simuladores de puente, son aquellos destinados a la formación de los oficiales de cubierta. Estos simuladores se pueden dividir en categorías según los dispositivos de los que disponga, así como los mandos que posea.

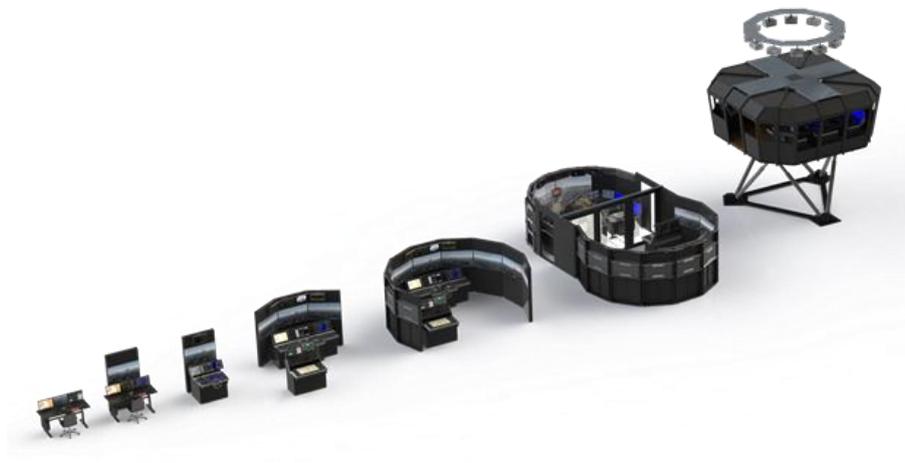


Ilustración 4.5: Escalas de simulador de navegación [26]

4.3.1 Simulador de Posicionamiento Dinámico

Los simuladores de Posicionamiento Dinámico existen para buques comerciales y para buques de recreo, es muy común encontrar este tipo de simuladores integrados en los simuladores de puente con consolas específicas que disponen de los elementos necesarios para su función, pudiendo realizar diferentes ejercicios en los cuales se ponga a prueba las habilidades necesarias, lo que proporciona experiencia al oficial sin poner en riesgo al buque y el medioambiente.



Ilustración 4.6: Tipos de simulador de posicionamiento dinámico [27]



Ilustración 4.7: Consola de Posicionamiento Dinámico [28]

4.3.2 Simulador de Buques Offshore

Estos simuladores se especializan en todo tipo de buques que trabajen offshore desde un buque de apoyo hasta buques offshore de respuesta a emergencias pasando por buques para el manejo de anclas. Debido a los trabajos de precisión que estos buques realizan, este tipo simuladores están compuestos por controles específicos para este tipo de buques, en conjunción a un simulador de posicionamiento dinámico. Esto garantiza que los oficiales tengan una formación realista, lo que permite una experiencia más centrada en las labores que estos buques desempeñan.



Ilustración 4.8: Modelo 3D de un simulador de buque offshore [29]

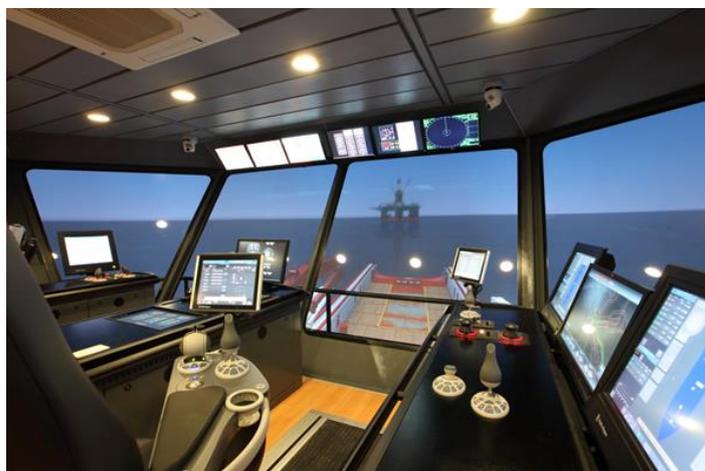


Ilustración 4.9: Simulador de buque offshore [30]

4.3.3 Simulador de Servicios de Tráfico de Buques (VTS)

En el mundo marítimo, el VTS es una ayuda muy útil en las zonas con gran densidad de tráfico marítimo que contribuye a mejorar la seguridad de éste, así como a proteger el medio ambiente. Gracias a este simulador, se pueden reproducir cualquier tipo de situación en un centro de servicios de tráfico marítimo o en un centro de coordinación de salvamento con diversos escenarios. Siendo un servicio tan importante, es necesario que los oficiales encargados de este estén muy formados para evitar cualquier tipo de error que pueda causar un desastre.



Ilustración 4.10: Modelo 3D de simulador de servicio de tráfico de buques [31]



Ilustración 4.11: Simulador de servicio tráfico de buques [32]

4.3.4 Simulador de Buques de Pesca

Los simuladores de pesca cumplen con los requerimientos en formación del convenio STCW-F. estos simuladores permiten formar a los futuros capitanes y oficiales de buques de pesca mediante cursos de sonares de pesca, maniobras de pesqueros y la captura de los peces. Están equipados con todos los dispositivos que se pueden encontrar en un barco pesquero, tanto de gobierno como la instrumentación de pesca. Esto facilita la formación exacta que los pescadores necesitan para obtener habilidades avanzadas en el manejo de la maquinaria de pesca de una manera segura.

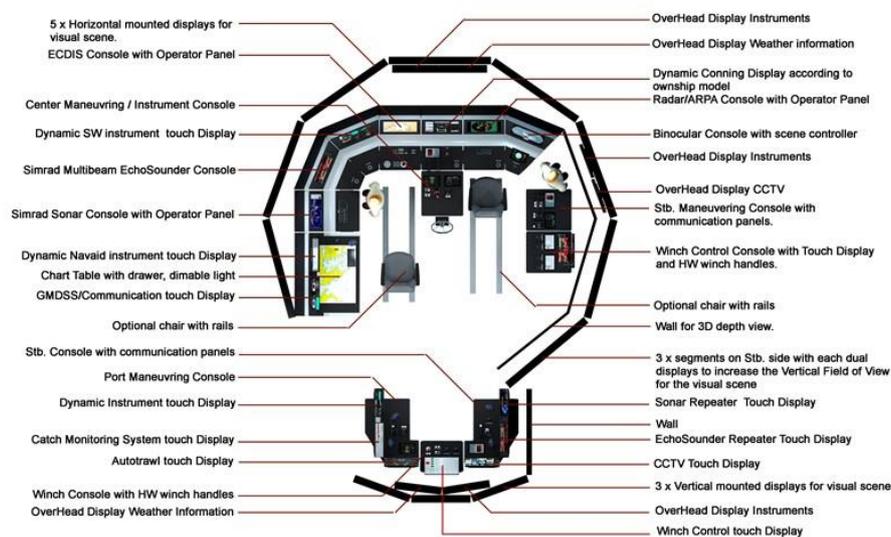


Ilustración 4.13: Simulador de navegación de un buque pesquero [33]



Ilustración 4.12: Esquema de un simulador de navegación de un buque pesquero [33]

4.3.5 Simulador de Botes de Rescate Rápido

Los botes de rescate rápido son fundamentales para las labores de rescate, por lo que un buen entrenamiento es primordial. Para ello lo más común es utilizar botes de rescate en los centros de formación lo cual puede llegar a ser un costo alto a la larga debido al mantenimiento y el combustible, por ello, la empresa Kongsberg opta por ofrecer simuladores que realizan la misma labor, si bien necesitan un mantenimiento menor, no requieren de combustible para su funcionamiento.

Estos simuladores disponen de una plataforma con seis grados de libertad, al igual que sonido e imagen con alta fidelidad, lo que permite realizar ejercicios de rescate en un entorno seguro donde un fallo no conlleva ningún riesgo. [34]



Ilustración 4.14: Simulador de bote de rescate rápido [34]

4.4 Posibilidad de Simulaciones en Equipo

Actualmente, el trabajo en equipo es muy importante en muchas industrias; en el ámbito marítimo, esta habilidad es crucial para un ambiente de trabajo seguro y agradable, esto mejoraría la seguridad en el buque permitiendo prevenir, junto a una buena formación, muchos de los accidentes que se deben al error humano. En la siguiente imagen, se puede ver el flujo de información típica en una aproximación a aguas complicadas, en las que se requiere llevar una buena vigilancia y una ruta planeada.

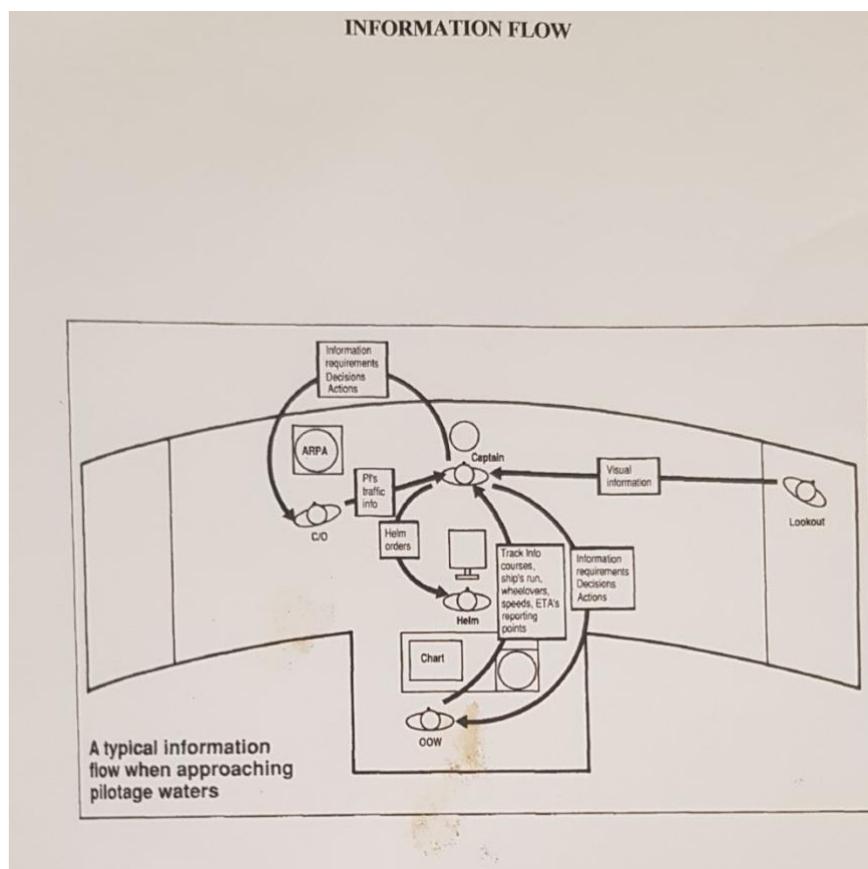


Ilustración 4.15: Flujo de información en un puente de mando [35]

Gracias a los simuladores se pueden realizar ejercicios conjuntos entre puente y máquinas, escenarios con diferentes buques envueltos en un ataque o una situación de emergencia, así como una buena maniobra que involucre a todos los oficiales de puente y máquinas, lo que puede favorecer una buena comunicación entre los diferentes alumnos implicados.

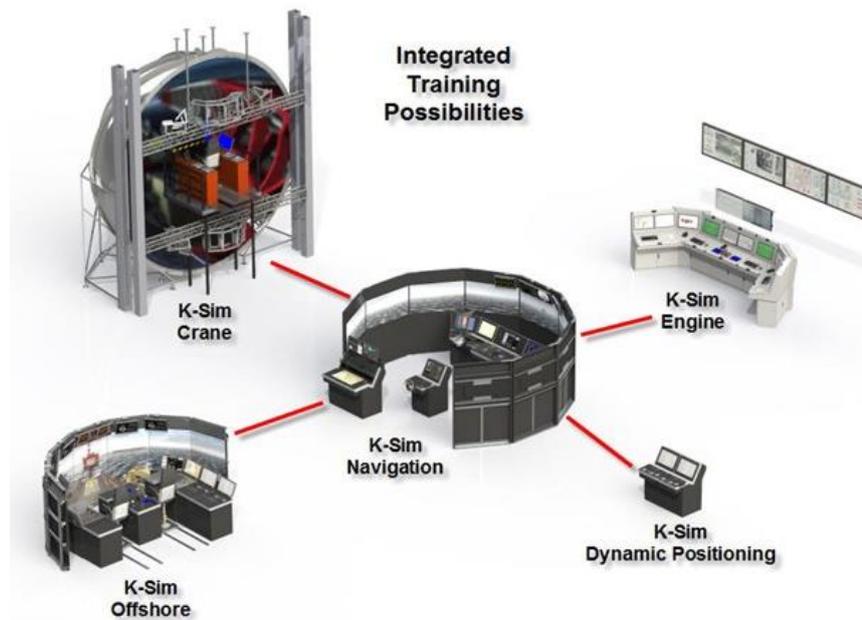


Ilustración 4.16: Esquema de entrenamientos integrados [36]

En la imagen anteriormente mostrada, podemos observar como se puede realizar un ejercicio conectando varios simuladores, como puede ser:

- Simulador de Grúa (Offshore)
- Simulador de Buque de aprovisionamiento (Offshore)
- Simulador de Navegación
- Simulador de Posicionamiento Dinámico
- Simulador de Máquinas

En estos simuladores conectados se pueden realizar diversos ejercicios como puede ser un suministro de componentes a una plataforma, en el que se podría dar un fallo en máquinas, forzando una práctica donde, el puente y la máquina debe enfrentarse a un problema conjunto, a la vez que se mantiene una vigilancia para evitar una colisión con la plataforma.

Esto permite disponer de oficiales bien cualificados en casos reales en los que varios equipos deben trabajar unidos para llevar a cabo una tarea común, ya sea desde cargar el barco hasta un fallo en máquinas.

En cuanto a los simuladores integrados, Kongsberg [37] ha diseñado un centro de entrenamiento pensado para la seguridad, en el cual se pueden simular escenarios de fuego y humo, inundación, apagones o fallos eléctricos, etc. En la imagen que se muestra a continuación, podemos observar un conjunto de simuladores que tratan de replicar, en este caso, una situación de fuego a bordo.

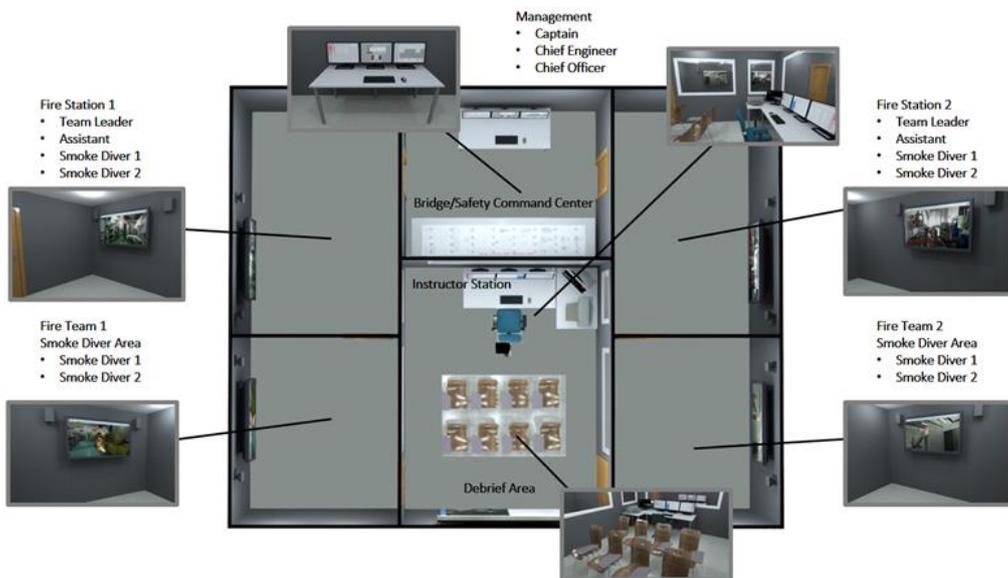


Ilustración 4.17: Esquema de salas de un simulador de emergencias [38]

Observando la imagen anterior, vemos que el simulador cuenta con seis salas, las cuales tienen un objetivo, entre ellas tenemos una sala destinada al puente o sala de control, cuatro salas de simulación, y una última sala para el instructor y para charlas.



Ilustración 4.18: Sala de control de un simulador de emergencias [38]

4.5 Simuladores comerciales

Hoy en día, existen diversos simuladores marítimos comercializados en forma de videojuegos. Los juegos más actuales disponen de unas físicas bastante realistas teniendo en cuenta que se trata de unos simuladores que no están directamente pensados para gente del mar, sino para un público más general. Estos simuladores consiguen llevar una parte de la vida marítima a todo el público, ofreciéndoles la oportunidad de gobernar buques de todo tipo y tamaño, disponiendo cada uno de ellos de los controles propios de dichos buques.

El comportamiento de los buques en estos simuladores, si bien no es perfecto, se acerca mucho a un simulador profesional, teniendo en cuenta que se trata de un simulador para ordenadores muy diferentes y para personas con diferentes motivaciones, desde divertirse gobernando una lancha, hasta alguien que quiera desafiarse atracando un buque portacontenedores de 300 metros de eslora.

CAPÍTULO 5

En este último capítulo, nos centraremos en examinar varios simuladores de diferentes centros de formación para comparar las tecnologías y las capacidades de estos.

5.1 Primer simulador de la RAN

Este simulador construido para la Royal Australian Navy, estaba localizado en la base militar HMAS Watson, Sydney, entró en funcionamiento el 24 de abril de 1985. Este simulador fue concebido para mejorar la formación de los marinos alistados en la academia, en el gobierno de un buque y su armamento, así como el uso de los dispositivos que estos tienen a su disposición.

Hasta ese momento, esta formación se obtenía embarcado en un buque a millas de distancia de la costa más próxima. Gracias a esto, los marinos salían de la academia naval con los conocimientos básicos para hacer frente al desarrollo de su labor desde el primer día de embarque, mejorando la seguridad, al reducir la probabilidad de errores graves que pudieran ocasionar accidentes que provocaran pérdidas de vidas humanas, dañando a su paso el medio ambiente.

Este simulador era capaz de imitar los movimientos de un buque en un mar en calma hasta una tormenta, gracias a sus seis grados de movilidad capacidad de cabecear y balancearse mediante un programa informático, lo que favorecía una práctica más realista. Así mismo, el simulador contaba 11 proyectores que le otorgaban una visión de 250 grados, así como el instrumental que disponían los buques de la RAN, radar, elementos de comunicación, dispositivos militares, etc. [39]



Ilustración 5.1: Instrumentación simulada de la RAN (1985) [40]

Esto les permitía realizar ejercicios de navegación y maniobra, con diversos programas simulados ya establecidos, se podían modificar o crear nuevos dependiendo de las necesidades. Entre estos se encontraban maniobras militares, guardias de navegación, prevención de colisiones, etc. Lo que les daba a los oficiales una amplia formación en situaciones que en condiciones normales puede que no experimentase.



Ilustración 5.2: Sala de instrucción del simulador de navegación de la RAN (1985) [40]

5.2 Simulador del Centro de Formación de Hong Kong

En el centro de formación de Hong Kong, disponen de varios simuladores además de unas salas donde pueden comentar el ejercicio que van a realizar o revisar los posibles fallos que hallan surgido en el mismo, estas salas están equipadas con herramientas audiovisuales. [41]

Este centro cuenta con dos simuladores de puente completo, un simulador para el sistema mundial de socorro y seguridad marítimos (GMDSS) y un simulador del servicio de tráfico de buques (VTS)

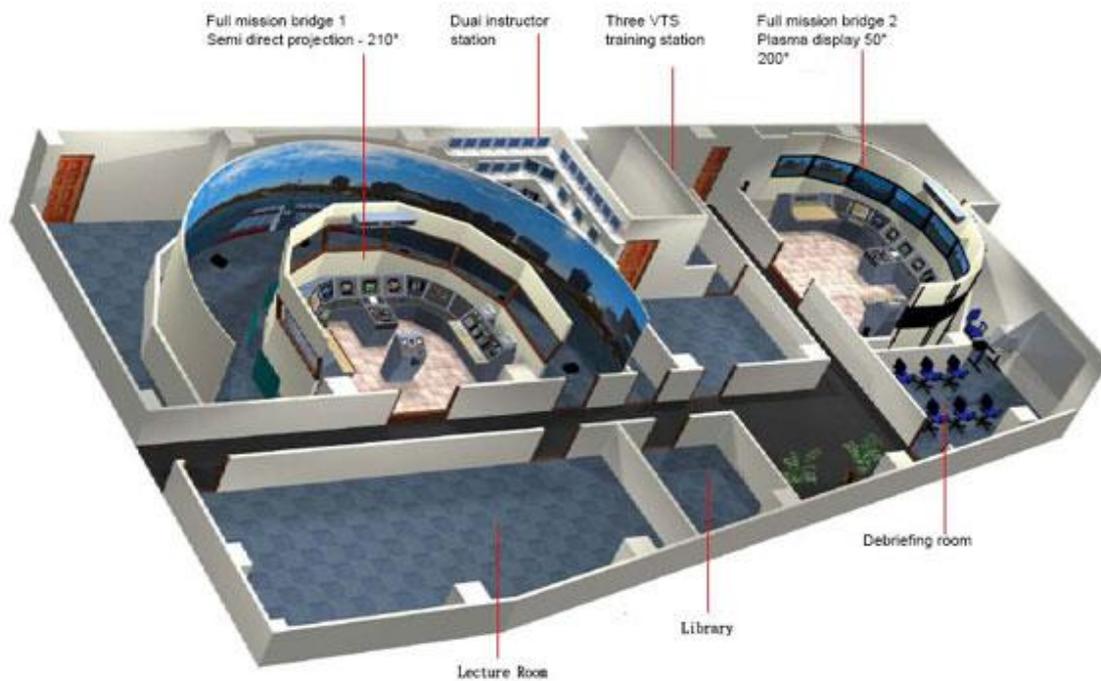


Ilustración 5.3: Esquema del centro de formación de Hong Kong [41]

Se puede apreciar en la imagen que se dispone de un simulador de puente completo, el cual cuenta con unos proyectores que le dan hasta 210° de visión. También está equipado con una consola de navegación completamente funcional. Este simulador, al igual que el pequeño, no dispone de plataforma de movimiento, por lo que no cuenta con grados de movimiento. El segundo simulador de puente completo dispone de varias pantallas LED que le dan un campo de visión de 200 grados, disponiendo de todos los elementos de navegación.

Estos dos simuladores disponen de un software con una base de datos que permite la creación y modificación de específicos buques y ejercicios que se puedan necesitar. Además de esto, se pueden simular condiciones meteorológicas adversas, como olas, mareas y viento, así como modificar el tráfico marítimo, etc.



Ilustración 5.4: Simulador de navegación pequeño [41]

En cuanto al simulador GMDSS, poseen con un software de computación que cumple con los estándares de la convención internacional (STCW), el cual puede simular dispositivos de comunicación que los alumnos pueden manipular todos los elementos de los que dispone.

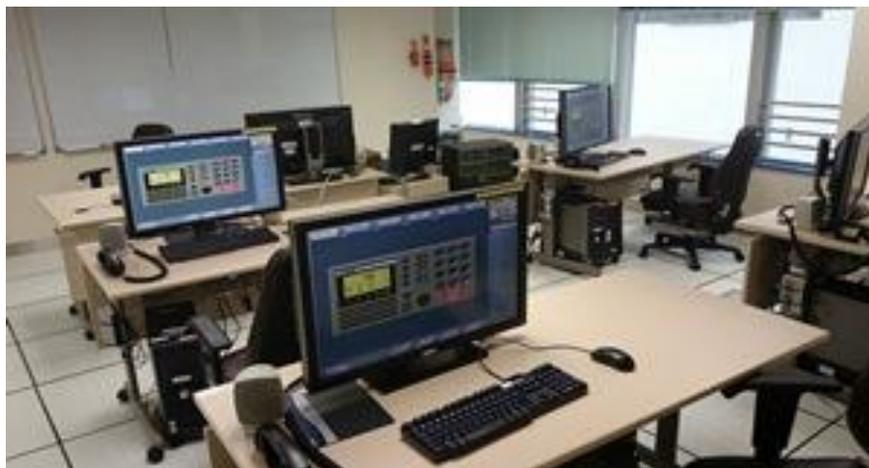


Ilustración 5.5: Simulador GMDSS [41]

Por último, este centro cuenta con un simulador de servicio de tráfico marítimo, este simulador cuenta con una sala para el instructor y otras dos para dos alumnos. La sala del

instructor cuenta con toda la información presentada a los alumnos, así como una comunicación con ellos, asimismo tiene la capacidad de crear cualquier escenario posible para la formación de los alumnos. Estos simuladores poseen una interfaz que es igual al centro del tráfico marítimo de Hong Kong.



Ilustración 5.6: Simulador VTS [41]

5.3 Simulador de navegación de la universidad de Glasgow

Este simulador construido por la compañía Transas, es uno de los simuladores más avanzados del mercado, situado en el “City of Glasgow College”. Esta universidad cuenta con los siguientes simuladores [42]:

- Sala de control de máquinas completo
- Cuatro laboratorios de simulación para el estudio de los sistemas de navegación electrónica, GMDSS, manejo de cargas liquidas y operaciones de posicionamiento dinámico
- Cuatro simuladores de navegación con todos los dispositivos que se pueden encontrar en un buque, así como 135° de visión
- Un simulador de navegación completo con 360° de visión

Todos estos simuladores están equipados para la formación y certificación más avanzada, al igual que estas instalaciones están preparadas para los siguientes 15-20 años.



Ilustración 5.7: Simulador de navegación de 360° de visión [43]

5.3 Simulador de la Universidad de La Laguna

La Universidad de La Laguna dispone de un simulador de navegación de 2006, el cual es un componente fundamental en la formación de los alumnos de la ULL, proporcionando un punto de vista práctico a la teoría que nos imparten en la universidad.

Este simulador de navegación cuenta con tres partes, la primera parte es la zona de control del instructor, el cual cuenta con un ordenador desde el que puede cargar los ejercicios y monitorear a los alumnos, y una zona de comunicaciones como se muestra en la siguiente imagen, esta zona se compone de un sistema de intercomunicaciones, y otro de comunicaciones externas, por lo que se pueden realizar ejercicios con comunicaciones entre zonas del mismo buque, así como con el exterior.



Ilustración 5.8: Panel de comunicaciones del instructor [44]

Pasando a la segunda zona encontramos información de navegación fundamental, como se nombra en la siguiente lista:

- Sonda de profundidad, en la que se puede establecer una alarma para una profundidad concreta, así como cambiar las unidades de medida
- Un GPS
- Alarmas de máquinas
- Control de giroscopio y control del sistema de viraje
- Telégrafo de máquinas
- Responsable de la vigilancia de la navegación, y control de máquinas
- Control de las señales sonoras del buque como el tifón y las campanas, así como las principales señales utilizadas.



Ilustración 5.9: Consola de información de navegación [45]

Por último, encontramos la zona de navegación, esta parte del simulador cuenta con los siguientes dispositivos:

- Cinco pantallas que proporcionan 160° de visión.



Ilustración 5.10: Simulador de navegación [46]

Simulador ARPA con una botonera que ayuda a la manipulación de la información de la pantalla, así como controlar algunos aspectos como el rango.

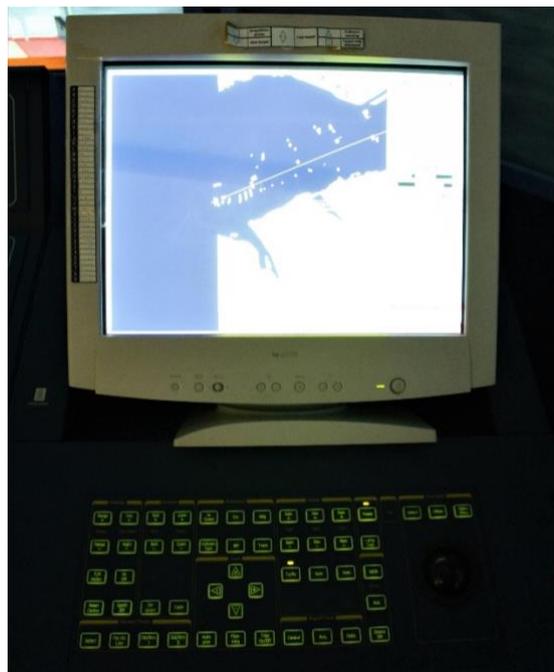


Ilustración 5.11: Simulador ARPA [47]

- Simulador ECDIS, al igual que el simulador ARPA cuenta con una botonera que permite la selección de objetivos, hacer zoom a las cartas, etc.



Ilustración 5.12: Simulador ECDIS [48]



Ilustración 5.13: Carta electrónica del puerto de S/C [49]

- Telégrafo de motores principales, estos tienen distintas funciones dependiendo del número de motores de los que disponga el buque simulado, de la siguiente forma:
 - Si el buque simulado solo dispone de un motor, una de las palancas del telégrafo hará la función para la que está diseñado, mientras que el otro no tendrá ningún funcionamiento.
 - Sin embargo, si el buque simulado posee más de uno, cada una de las palancas del telégrafo se hará cargo del mismo número de motores, si dispone de dos, cada una se hará cargo de uno de ellos, si tuviera cuatro, cada uno controlará dos.
- Telégrafo para propulsores de proa y popa. Estos están diseñados para controlar hasta tres hélices de proa y tres de popa.
- Control remoto de rumbo y piloto automático
- Control de visión, lo que permite que la primera pantalla de la izquierda se convierta en unos prismáticos, así como la posibilidad de servir como la vista desde los alerones
- Panel de información de las revoluciones de los motores y su estado
- Registro Doppler
- Repetidor del giroscopio
- Sistema de comunicación VHF e intercomunicador



Ilustración 5.14: Consola central del simulador de navegación [50]

También, se dispone de una consola de dirección separada, lo que permite ejercicios de timonel; esta consola dispone de:

- Timón
- Sistema de viraje igual al de la consola central.
- Compás magnético
- Paneles de información del ángulo de ataque de las palas del timón y de las ordenes de las mismas



Ilustración 5.15: Consola de timonel [51]

Este simulador proporciona una formación sobre ARPA y ECDIS a los alumnos, así como la posibilidad de reconocer buques mediante las luces de navegación aprendidas mediante el estudio del RIPA, lo que permite consolidar los conocimientos adquiridos de forma teórica.



Ilustración 5.16: Instructor en el simulador ARPA [52]



Ilustración 5.17: Alumno en el simulador ECDIS [53]



Ilustración 5.18: Simulación nocturna [54]

Como se ha demostrado en las imágenes anteriores, este simulador es una pieza clave en la formación de los futuros oficiales que estarán a cargo de la seguridad de los buques.

La Universidad de La Laguna también dispone de una serie de simuladores antiguos tal y como se puede ver en las siguientes imágenes.



Ilustración 5.18: Simulador ARPA (1994) [55]



Ilustración 5.19: Simulador RADAR (1994) [56]



Ilustración 5.20: Simulador (1967) [57]

Algunos de estos simuladores siguen operativos y nos enseñan como han avanzado las tecnología al mismo tiempo que nos muestran como era nuestro oficio en estos años, por ello se han incluido en este trabajo.

CAPÍTULO 6

6.1 Conclusiones

1. Hoy en día, una buena formación es clave para ser oficiales competentes en el desempeño de nuestras labores en el mar. Esta formación puede ayudar a prevenir accidentes causados por el error humano, mejorar los tiempos de reacción en caso de que ocurra uno, al igual que puede mejorar la relación entre compañeros y la comunicación en tripulaciones de diversas nacionalidades.
2. El mundo de la simulación esta 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 un alumno con el entorno por el que se va a ver envuelto en sus embarques futuros.
3. A nuestro entender, si bien un simulador nunca podrá sustituir la experiencia que se gana en la mar, los simuladores pueden preparar al alumno para que, llegado el momento de embarcar, pueda desenvolverse en las labores que se les adjudique con mayor facilidad, llegando a mejorar la experiencia que pueda tener, acelerando el aprendizaje o asimilación de conocimientos ya obtenidos, esto permitirá tener mejores oficiales que vigilen la seguridad de los pasajeros y la carga a bordo, la tripulación, el buque y el entorno.

6.2 Conclusions

1. Nowadays, a good training is essential to be a competent officer on the performance of our duties at sea. This training can help to prevent accidents caused by human error, improve the time of reaction in case one occurred, as it can improve the relationship and communications between the crew, since most of them are international.
2. The world of simulation is growing and getting better day by day, with new advances in technology which would allow more realism on simulations, enhancing the interaction that the student has with the environment that is going to be involved.
3. In our opinion, although a simulator would never replace the experience obtained at sea, it can prepare the student so that, when the time comes, they can work in the tasks assigned to them with greater ease, getting to improve the experience that may have, accelerating the learning of knowledge already obtained. This will allow having better officers to watch out for the safety of passenger and cargo on board, the crew, the ship and the environment.

6.3 Bibliografía de Contenidos

- [1] Muirhead, P. “*Maritime Simulation AN Overview*”. Malmö: WMU, 2001
- [2] CdS, “*Maersk prueba sus nuevos barcos mediante simuladores*” [online] 2011, Disponible en: <http://www.cadenadesuministro.es/noticias/maersk-prueba-sus-nuevos-barcos-mediante-simuladores/>
- [4] A. Hartley-Smith “*S244*” [online] Disponible en: <https://marconiradarhistory.pbworks.com/w/page/30098195/S244>
- [6] IMO, “*International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers 1978, as amended in 1995 and 1997 (STCW Convention)*”
- [7] IMO, “*ECDIS – GUIDANCE FOR GOOD PRACTICE*” MSC.1/ Circ. 1503/ Rev. 1 [online] 2017, Disponible en: [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)
- [8] Hense, H. “*Ship bridge simulators*”. London: Nautical Institute, Febrero, 2010
- [23] LIEBHERR, Simuladores de grúas LiSIM, [online] Disponible en: <https://www.liebherr.com/es/esp/productos/gruas-maritimas/tecnología-maritima/simuladores-de-gruas/simuladores-de-gruas.html>
- [34] J. Konrad “Fast Rescue Boat – Kongsberg Introduces New Simulator”, Mayo, 2011, [online] Disponible en: <https://gcaptain.com/fast-rescue-boat-kongsberg-introduces/>
- [37] Kongsberg, Archivo de noticias [online] 2019, Disponible en: <https://www.kongsberg.com/digital/news-and-media/news-archive/2019/advanced-new-firefighting-simulator-improves-maritime-safety-training/>
- [39] “Realistic Ship Handling Training Can Now Be Done Without Going to Sea” *The Navy*, vol.47, Julio, 1985 [online] Disponible en: http://navyleague.org.au/wp-content/uploads/2011/05/The-Navy-Vol_47_Part2-1985-Jul-and-Oct-1985.pdf

[41] *The Government of the Hong Kong Special Administrative Region, Marine Department Training Center*. [online] Disponible en: <https://www.mardep.gov.hk/en/others/facilities.html>

[42] Transas, “*Transas advanced ship simulator installed at the award-winning City of Glasgow College*” [online] 2016 Disponible en: <https://www.transas.com/transas-advanced-ship-simulator-installed-at-the-award-winning-city-of-glasgow-college>

6.4 Bibliografía de Imágenes

- [3] https://images.navy.gov.au/fotoweb/archives/5000-Royal-Australian-Navy/DefenceImagery/2016/S20161490/20160616ran8116215_021.jpg.info
- [5] <https://marconiradarhistory.pbworks.com/w/page/30098195/S244>
- [9] https://es.wikipedia.org/wiki/Movimiento_y_oscilaci3n_del_buque
- [10] <https://www.simrad.com/www/01/nokbg0238.nsf/NewsPrintKM?ReadForm&cat=EEC90CB56B0EAF58C12575A6002FB01D>
- [11] https://www.researchgate.net/publication/324783518_Full_mission_and_fast_time_simulation_for_shiphandling_training
- [12] http://www.gemisim.com/ECDIS-simulator_eng.asp
- [13] http://img.nauticexpo.com/images_ne/photo-g/61347-8028009.jpg
- [14] <https://pranatec.com.mx/product/simulador-de-maniobras-de-navegacion-barco-y-remolcador/>
- [15] <https://www.barco.com/en/customer-stories/2012/q1/2012-01-31%20-%20calm%20waters%20in%20singapore%20after%20projectiondesign%20bridge%20simulator%20upgrade>
- [16] <https://www.solent.ac.uk/news/school-of-maritime-science-and-engineering/2016/nigeria-nlmg-joins-wma-%20fleet>
- [17] <http://www.ilawashiphhandling.com.pl/training.html>
- [18] <https://canaveralpilots.com/pilots-attend-manned-model-training/>
- [19] <https://www.portash.com.au/tug-models/>
- [20] <https://safety4sea.com/kongsberg-to-equip-maritime-centre-with-simulator-technology/>

- [21] <https://www.warsashsuperyachtacademy.com/facilities/simulators/engine-room-simulator.aspx>
- [23] <https://sectormaritimo.es/tipos-de-simuladores-maritimos-profesionales>
- [24] http://www.crane-simulator.com/cranesim_es-html/
- [25] <https://pranatec.com.mx/product/simulador-de-gruas-offshore/>
- [26] <https://www.kongsberg.com/digital/models-and-examples/simulation-models/scalable-and-customized-design/>
- [27] <https://www.kongsberg.com/digital/products/maritime-simulation/k-sim-dynamic-positioning/>
- [28] <https://www.environmental-expert.com/products/kongsberg-dynamic-positioning-simulators-21796>
- [29] <https://www.kongsberg.com/digital/products/maritime-simulation/k-sim-offshore/>
- [30] <https://www.barco.com/en/customer-stories/2012/q1/2012-01-30%20-%20worlds%20largest%20offshore%20simulator%20uses%20projectors%20by%20projectiondesign>
- [31] <https://www.kongsberg.com/digital/products/maritime-simulation/k-sim-vts/>
- [32] <https://www.aboamare.fi/VTS-Simulator>
- [33] <https://www.kongsberg.com/digital/products/maritime-simulation/k-sim-fishery/>
- [34] <https://gcaptain.com/fast-rescue-boat-kongsberg-introduces/>
- [35] Elaboración Propia
- [36] <https://www.kongsberg.com/digital/models-and-examples/simulation-models/k-sim-integrated-solutions/>
- [38] <https://www.kongsberg.com/digital/products/maritime-simulation/k-sim-safety/>
- [40] <http://www.navy.gov.au/history/base-histories/hmas-watson-history>

[41] <https://www.mardep.gov.hk/en/others/facilities.html>

[43] https://www.marinemec.com/news/view,transas-supplies-simulator-suite-to-glasgow-college_43168.htm

[44] Elaboración Propia

[45] Elaboración Propia

[46] Elaboración Propia

[47] Elaboración Propia

[48] Elaboración Propia

[49] Elaboración Propia

[50] Elaboración Propia

[51] Elaboración Propia

[52] Elaboración Propia

[53] Elaboración Propia

[54] Elaboración Propia

[55] Elaboración Propia

[56] Elaboración Propia

[57] Elaboración Propia