VI Congreso Nacional de i+d en Defensa y Seguridad

MINISTERIO DE DEFENSA

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES
https://cpage.mpr.gob.es

Edita:

MINISTERIO DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

https://publicaciones.defensa.gob.es/

© Autores y editor, 2019

NIPO: 083-19-230-5 (edición en línea)
Fecha de edición: febrero 2020
Maquetación: Ministerio de Defensa

Las opiniones emitidas en esta publicación son exclusiva responsabilidad del autor de la misma.
Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del © Copyright.

Índice

Prólogo 17

Introducción 19

Comité Organizador Permanente y Científico 21

Área I - Armas y municiones 23

1A. Tecnologías de armas y municiones 25

Sistema avanzado de munición exploradora (AZOR) 27

Desarrollo del estopín a percusión PPE-76/62 para munición de 76 mm 37

Envejecimientos naturales y acelerados en los propulsantes de material compuesto 47

Integridad estructural de propulsantes sólidos 57

Desarrollo y validación de una nueva gama de propulsantes para mortero 67

Nanotecnología aplicada a la balística forense 77

1B. Capacidades tecnológicas de armas y municiones 85

Metodología de caracterización y simulación de sensores inerciales MEMS bajo aceleraciones elevadas 87

Área II - Sensores y Sistemas Electrónicos 97

2A. Tecnologías electrónicas 99

Electrónica impresa. Desarrollo de sensores flexibles y aplicación en el ámbito de defensa 101

SAAC, Sistema electrónico integrado de ayuda para la prevención de accidentes de tráfico en adelantamientos a ciclistas 111

Beamforming en comunicaciones tácticas 121

Sistema de navegación ISNAV para el VCR 8x8 131

Implementación en FPGA del algoritmo SIFT para la extracción de puntos característicos de imágenes VGA en tiempo real 141

Aplicaciones de grafeno en defensa 647

3C. Bases e instalaciones 657

Proyecto de adecuación y modernización de la BAE Gabriel de Castilla 659

Interdependencia entre infraestructuras energéticas: evaluación de la robustez de las redes de gas y electricidad ante amenazas deliberadas 669

Auscultación de procesos activos sobre la ladera y la costa acantilada del entorno próximo a la Base Antártica española Gabriel de Castilla 679

Auscultación y cuantificación de la recesión y erosión en la costa acantilada del entorno próximo a la Base Antártica española Gabriel de Castilla 689

Nuevo «concepto contra sistemas aéreos no tripulados (C-UAS)» del JEMAD (2018) 699

Construcción de un puerto de circunstancias en Djibouti (Cuerno de África) 707

Guía básica para la protección de edificios frente a ataques terroristas 717

Uso de sistemas de información geográfica (SIG) para la selección del emplazamiento óptimo de una base militar 725

Gestión de la generación y la demanda eléctrica en un campamento militar con OpenHAB 733

Diseño de infraestructura de telecomunicación para edificios de uso militar 743

Z-Damper 751

Avances y adecuación de dispositivos DDCE para la protección ante descargas eléctricas atmosféricas y pulsos electromagnéticos de infraestructuras y equipamiento en defensa 759

3D. Plataformas terrestres 769

Cooperación entre vehículos no tripulados (UGV-UAV) para misiones fuera de línea de vista 771

Validación y pruebas de vehículo de tracción eléctrica y rango extendido VAMTAC ST5 híbrido 781

Desarrollo de rodamientos *smart*, inalámbricos y autoalimentados 791

Sistema de misión de Indra para el VCR 8x8 801

3E. Plataformas navales 811

Buques inteligentes «sin tripulación»: adecuación de la normativa actual 813

3E. Plataformas navales

Buques inteligentes «sin tripulación»: adecuación de la normativa actual

Villa Caro, Raúl[1]

[1] Fundación para el fomento del conocimiento de la construcción naval y de las actividades marítimas (EXPONAV), Cantón de Molins s/n (Ferrol); email: rvilcar@exponav.org (RVC).

Resumen

El «Reglamento para prevenir los abordajes en la mar», o el convenio de «Guardias de mar SCTW» marcan las exigencias que deben cumplir en la actualidad las dotaciones y los buques para poder navegar por mares y océanos. Por ello, la llegada de los *smart ships*, los buques inteligentes sin tripulación, provocará, si se produce esa llegada, un fuerte impacto en el sector marítimo. Todos estos cambios exigirán realizar una gran re-adaptación de toda la normativa al respecto existente para poder fijar nuevas regulaciones que recojan la nueva filosofía de este tipo de buques. Por ello, las sociedades de clasificación deberán establecer nuevas normas para el diseño, construcción y mantenimiento de los nuevos buques autónomos, y por supuesto la OMI (Organización Marítima Internacional) y la IALA (Asociación Internacional de Ayudas a la Navegación Marítima y Autoridades de Faros) deberán ajustar toda su legislación a las nuevas necesidades. Los nuevos buques podrían suponer una reducción de costes para los armadores, pero seguro que se encontrarán con el enfrentamiento de muchos sectores del mundo marítimo. Por todo lo citado con anterioridad en este trabajo se pretende llevar a cabo un análisis de todos los factores que se deberían tener en cuenta y evaluar para llevar a cabo la adaptación de la nueva filosofía de buques «sin tripulación» a la reglamentación de buques existente en la actualidad.

Palabras clave

Buque, inteligente, sin tripulación, OMI.

1. Introducción

Para llegar a buen puerto en la singladura de la adecuación de la reglamentación marítima existente a los nuevos buques inteligentes y autónomos del futuro, se debe partir de una premisa fundamental, que consiste en que debe existir una clara y concisa definición de qué es un buque inteligente y autónomo. Por ello la Organización Marítima Internacional (OMI) ha bautizado a estos nuevos buques con las siglas MASS (*Maritime Autonomous Surface Ship*), y los ha clasificado en varios tipos dependiendo del grado de autonomía que posean. De esta forma existirán barcos autónomos e inteligentes tripulados parcialmente (con algunas operaciones en remoto) y barcos que serán completamente autónomos. Además, sin necesidad de que todo tenga que ser blanco o negro, se distinguirán diferentes grados de autonomía, dependiendo del grado de automatización de los buques. De esta forma tendremos buques inteligentes totalmente tripulados (similares a algunos de los barcos actuales ya existentes), buques parcialmente tripulados (con parte de su personal a bordo, y parte en tierra, operando en remoto, distinguiéndose diferentes niveles de automatización en función del grado de intervención humana requerido), y buques totalmente autónomos e inteligentes que se guiarán mediante algoritmos de programas de inteligencia artificial previamente definidos [1].

Algunas empresas y sociedades de clasificación (SSCC), como Bureau Veritas, DNV, o Lloyd's Register, ya han elaborado reglamentos para certificar la categoría MASS de estos buques, y han clasificado a los barcos en categorías dependiendo de su grado de autonomía y del porcentaje de intervención humana necesaria en ellos. Hay que tener en cuenta que la ausencia de la intervención humana tendrá su responsabilidad sobre el capitán, esté presente físicamente, o esté en remoto y a distancia, por lo que se debe llevar a cabo una intensa investigación para confirmar que la reducción de la tripulación será ventajosa para la seguridad humana y del medio ambiente. Además, a nivel de legislación nacional e internacional, se debe partir del hecho de que las tareas de seguridad del buque, se relacionan con las «buenas prácticas marineras» y con «el ojo marinero (el criterio de los marinos)» y por lo tanto con la presencia física de los tripulantes a bordo de los buques [2] [3].

A este respecto ya existen varios proyectos internacionales que han estudiado los MASS y la posibilidad de que naveguen a corto y medio plazo por nuestros mares (al menos por aguas restringidas y confinadas). Por un lado destaca el Proyecto MUNIN (*Maritime Unmanned Navigation trough Intelligence in Networks*), cofinanciado por la Comisión Europea, referente a objetivos concretos, y que finalizó el pasado junio de 2017. Este proyecto se ha dedicado a documentar y recopilar toda la información existente referente al cambio que exigirá la legislación marítima para poder adaptarse a la llegada de los MASS y poder de esta forma autorizar la navegación de los buques autónomos y no tripulados. Esta adaptación de la legislación obviamente deberá asegurar que los nuevos MASS posean el mismo grado de seguridad que los buques convencionales actuales [4].

Y por otro lado, y en lo referente a proyectos pioneros, se debe remarcar la iniciativa «AAWA» (*Advanced Autonomous Waterborne Applications*), proyecto liderado por la Agencia de Innovación de Finlandia (Tekes), junto con diferentes universidades de dicho país y la empresa Rolls-Royce. Esta iniciativa tiene la meta de conseguir que se pueda llevar a cabo la navega-

ción remota y autónoma (capitán virtual), de forma que los buques puedan navegar siendo operados, manejados, y controlados a distancia, desde estaciones de control en tierra. El capitán virtual será un oficial que deberá llevar a cabo las maniobras de atraque y desatraque del buque desde un puesto en tierra, y tendrá un puesto que todavía deberá ser muy desarrollado para poder adaptarse a las circunstancias especiales que rodean la vida de los barcos, tanto en los puertos como en la mar [5].

Figura 1. Capitán virtual (fuente: Rolls-Royce).

A nivel nacional se podría destacar en nuestro país el prototipo liderado por «Industrias Ferri» de Vigo. Consiste en un vehículo autónomo no tripulado, denominado «Victoria». Se trata de una embarcación de cinco toneladas de desplazamiento, doce metros de eslora y dos motores de 300 CV que le permiten alcanzar velocidades superiores a 50 nudos. Este buque nace de la colaboración entre la empresa Ferri y la Universidad de Vigo, socio en el desarrollo del *software* que posee el buque, y que sería adaptable a otro tipo de embarcaciones. La Victoria, que podría navegar tanto en remoto, como de forma autónoma, sería una buena solución para entornos *off-shore*, apoyando por ejemplo a parques eólicos, o incluso realizando misiones de patrulla y vigilancia. El prototipo de Ferri dispone de un sistema inteligente de navegación que trabaja bajo un ordenador industrial y genera la ruta idónea, obviamente libre de obstáculos, gracias a la información recibida de los diferentes sensores (AIS, radar, LIDAR, etc.). Esta ruta permite a la embarcación alcanzar el punto de destino, y siempre cumpliendo con las reglas de navegación que marca el reglamento de abordajes. Para ello el sistema corrige de forma automática la ruta en base a la información que va recibiendo de los diferentes sensores, sin necesidad de ninguna acción exterior. En cuanto al punto de destino, este puede ser un punto fijo, o un objetivo móvil, pudiendo el sistema desarrollar distintas funciones. Entre ellas se podrían destacar las de alcanzar el punto de destino, el seguimiento de un objeto en movimiento o el mantenimiento de la posición mediante navegación en círculos alrededor de un punto de destino, por ejemplo para casos de patrulla, combate o rescate. Además el buque cuenta con una cubierta diáfana que le convierte en una plataforma ideal para el trasporte de todo tipo de elementos y de equipos auxiliares. Por último destacar que la «Victoria» dispone de un PLC (*Beckhoff*) para el control de los sistemas del barco (servo y propulsión) que comunica estos sistemas directamente con el ordenador industrial. Este PLC posee capacidad adicional para poder controlar nuevos sistemas o equipos que se quieran instalar a bordo, y además, como ya se ha citado con anterioridad, cuenta con la posibilidad de poder conectarse a un sistema de control en tierra para controlar la embarcación a distancia y en remoto.

Figura 2. Victoria (fuente: Ferri).

2. Modificaciones al Reglamento Internacional para Prevenir Abordajes (RIPPA) y al Convenio de Guardias de Mar (SCTW)

La regla 2 del RIPPA referente a responsabilidad, otorga primacía al criterio del capitán al mando del buque, indicando que ninguna disposición del reglamento le eximirá de las consecuencias de cualquier negligencia en el cumplimiento del mismo, o de negligencias en observar cualquier precaución que pudiera exigir la práctica normal del marino. Por ello, la circunstancia de que el buque no esté tripulado obliga a redefinir la figura del capitán, y de su responsabilidad, debiéndose determinar quién será el responsable último del buque en el caso de los MASS [6].

Por otro lado, la regla 5, referente a la vigilancia, indica que los buques deben mantener en todo momento una eficaz vigilancia visual y auditiva, utilizando todos los medios de que dispongan para evaluar el posible riesgo de abordaje.

Observando las reglas anteriores vemos que el RIPPA focaliza muchas de las operaciones de los buques en base a lo que se denominan «buenas prácticas marineras», que parece que tienen que estar basadas en la supervisión de personas físicas a bordo de los buques. Y por otro lado tenemos el concepto de «gente de mar», de acuerdo con el convenio STCW (Convenio de Guardias de Mar) y con el convenio SOLAS (Convenio de seguridad de la vida humana en la mar), concepto que de acuerdo con ambos convenios parece difícil que sirva para equiparar a los operadores de los MASS en tierra con los tripulantes a bordo de los buques convencionales. Por todo ello parece difícil que se puedan trasladar las responsabilidades y obligaciones actualmente aplicables a los tripulantes de los buques convencionales, y en concreto a su capitán, a los operadores de los MASS en tierra. Como ejemplo se podría destacar el de los daños a la mercancía a bordo: ¿se podría culpar a los operadores de los MASS en tierra de daños a bordo?, ¿existiría alguna forma de exonerar de responsabilidad al porteador?

Cuantas más y más vueltas se da a toda la legislación internacional existente referente a los buques, siempre se llega a la conclusión de que toda la reglamentación está redactada bajo la óptica de que los buques se encontrarán tripulados físicamente, independientemente de que no esté redactado de forma expresa ese punto en todos los reglamentos. En cualquier caso, sí que existen muchas normas que exigen expresamente personas físicas embarcadas, tanto desde el punto de vista del ámbito del derecho inter-

nacional del mar, como del punto de vista de la seguridad de la vida humana en la mar (SOLAS, que establece las tripulaciones mínimas de seguridad), como desde el punto de vista laboral (el STCW exige que las guardias de puente sean presenciales) [7].

Y a todas estas incógnitas habrá que sumar la de la legislación referente a los pabellones de conveniencia que se caracterizan por poseer una legislación más relajada en materia de formación y condiciones de trabajo de los operadores. Si sus normas se amplían a los operadores terrestres, podría llegar a comprometerse la seguridad de los MASS.

Por último destacar que no se debe olvidar que el hecho de que un buque no esté tripulado, no exonera al capitán o armador de tener que cumplir la prestación comprometida (transportar la mercancía, el pasaje, un remolque, etcétera). Hay que recordar que la persona que asuma esa obligación deberá responder del perfecto cumplimiento de lo acordado (custodia de la mercancía, entrega en destino, entrega en plazo, etcétera), y el derecho dispondrá de soluciones para atribuirle la responsabilidad que le corresponda, independientemente de que se trate de buques autónomos [5].

3. El factor humano como causa de los accidentes marítimos. Causas que inducen el error humano

El factor humano en general y el error humano en particular son responsables de gran parte de los accidentes marítimos que se producen. Por ello la OMI a lo largo de su historia no ha sido ajena al problema de la seguridad humana en la mar. El Convenio Internacional de la OMI sobre Normas de Formación, Titulación y Guardias para la gente de mar (STCW 1978) fue el primer convenio acordado internacionalmente para abordar la cuestión de las normas mínimas de competencia aplicables a los marinos. En 1995, el Convenio STCW fue completamente revisado y actualizado para establecer mecanismos eficaces para la aplicación de sus disposiciones. La resolución reconoce la necesidad de una mayor atención en las actividades relacionadas con el hombre y la seguridad operacional del buque y la necesidad de alcanzar y mantener un alto nivel de seguridad y protección del medio ambiente con el fin de reducir los siniestros marítimos. La idea principal de este convenio es resolver los problemas relacionados con el factor humano para aumentar la eficiencia y así mejorar la seguridad y la protección marítima y la calidad del medio marino [8].

Este convenio, para cumplir su meta de reducción de accidentes, debe exigir que las reglas que afecten directamente a la gente de mar deban ser simples, concisas y completas, buscando promover y difundir una cultura de seguridad marítima y de protección del medio marino.

Siendo ya conocedores de la relevancia del factor humano en los accidentes marítimos, para conseguir avances en la prevención de estos, se debe considerar de vital importancia el poder elaborar una lista completa de las causas que inducen a los tripulantes a cometer errores. Hasta hace poco tiempo la mayor parte de estos errores eran calificados como «errores humanos», pero a fecha actual, y partiendo de la base de que las normas de seguridad deben estar correctamente establecidas, cualquier desviación de las mismas que se produzca, y con las nuevas tecnologías, conducirá al infractor a una zona de mayor riesgo en la que será más probable que se produzcan daños mayores.

En cualquier caso las infracciones a las normas de seguridad en el trabajo no solo se deben a actitudes de dejadez de quienes ejecutan las operaciones, sino también a infracciones deliberadas que subyacen bajo la psicología de las personas que están en contacto con el riesgo.

Finalmente, en el análisis de las causas que influencian el error humano, destaca la falta de habilidad, pericia y conocimiento, la personalidad (condiciones mentales, estados emocionales), la asignación de tareas en el momento del accidente, la condición física (ausencia de drogas, alcohol y fatiga), las condiciones de la mar, y la densidad de tráfico de buques.

4. Código de protección del buque y las instalaciones portuarias (código PBIB)

El código PBIB nace con el objetivo de establecer un marco internacional que canalice la cooperación entre Gobiernos y sectores navieros y portuarios a fin de detectar las amenazas marítimas para poder

adoptar medidas preventivas contra los sucesos que afecten a la protección de los buques o instalaciones portuarias. Para ello debe ofrecer una metodología para efectuar evaluaciones de la protección a fin de contar con planes y procedimientos que permitan reaccionar a los cambios en los niveles de protección, y a la vez garantizar la confianza de que se cuenta con medidas de protección marítima adecuadas y proporcionadas.

En concreto, el capítulo 7 del código PBIB analiza los sistemas de control de la actividad del buque y de su dotación basados en la protección y la seguridad. Para ello presenta tres aspectos críticos: el primero, económico; el segundo, de interpretación de las normas; y el tercero, el de imponer severas limitaciones a las salidas de la tripulación del buque y a las entradas de familiares y amigos ajenos a la tripulación. Además la investigación en seguridad marítima se plantea sobre dos modelos: la teoría de los accidentes, y la teoría del análisis de riesgos.

En definitiva, el código internacional para la protección de los buques y de las instalaciones portuarias, juega un papel fundamental para la prevención y control de actos terroristas que se podrían ejecutar en el futuro (tomando como ejemplo lo sucedido en el 20-S). Por todo ello habrá que estudiar con mucho detalle cómo se acondiciona el contenido de este código, a la llegada de los buques MASS sin tripulación, y qué estudios y formación se exige a los nuevos oficiales de los MASS [9].

5. Conclusiones

Las actuaciones derivadas del estudio del factor humano en la actualidad tratan de conseguir una mejor adecuación entre las personas y el ambiente en el que estas viven y trabajan. Esta labor adquiere gran relevancia en el sector marítimo, debido al riesgo inherente que genera la actividad marina. No cabe duda de que si esta tarea se lleva a cabo de manera efectiva supondrá un efecto positivo sobre la seguridad marítima y contribuirá a que se reduzcan los errores y los accidentes. El error humano directa o indirectamente, contribuye a la mayoría de los accidentes marítimos, derivándose de este hecho que la prevención del error humano es de vital importancia para reducir su número e impacto. En cualquier caso hay que tener en cuenta que muchos de los denominados errores humanos, a veces también dependen de la tecnología, por lo que también habrá que estudiar y evaluar que el aumento de la tecnología no vaya a desembocar en un aumento de los accidentes. Se deben diseñar equipos que apoyen a los tripulantes, o incluso les sustituyan, pero siempre sin olvidar que la meta final de los MASS debe ser la búsqueda de la seguridad de los tripulantes y del medio ambiente.

En la actualidad existen más de 65.000 buques mercantes navegando por los océanos del mundo, cifra a la que hay que añadir un número superior de buques pesqueros y un sinfín de embarcaciones de recreo (en España están matriculadas más de 200.000 embarcaciones). Indudablemente la mayor parte de esas embarcaciones nunca llegarán a la categoría de MASS, pero está claro que existe un crédito suficiente de buques como para tomarse muy en serio lo de la adecuación de la legislación internacional marítima existente a la llegada de los buques autónomos.

Evidentemente la llegada de los MASS debe producirse de una manera gradual. Seguramente primero aparezcan los buques parcialmente autónomos, para gradualmente ir avanzando hacia buques con mayor grado de automatización y autonomía, hasta llegar a los buques totalmente autónomos. Con ello es probable que poco a poco se vayan desplazando las tareas de las guardias de mar del personal de los buques, a los capitanes virtuales de las estaciones en tierra.

En cualquier caso todavía quedan muchas millas por navegar hasta que se alcance el grado de autonomía total, ya que el camino que debe seguir la adaptación de la legislación se presenta lento, complejo y farragoso.

Por otro lado tenemos el interrogante de si realmente son necesarios los MASS, referido a si la llegada de estos buques autónomos va a traer más ventajas que inconvenientes. Respecto a este punto, lo que está claro es que dejando de lado las posibles ventajas económicas que puedan existir, uno de los puntos más importantes y fuertes que estos MASS deben poseer, es el de la seguridad, tanto de personas como del medio ambiente.

Desde el punto de las responsabilidades, habrá que ver cómo se modifica la legislación para adaptar las responsabilidades del capitán al nuevo escenario de los MASS. Hay que tener en cuenta que a los MASS, aunque no vayan tripulados, se les exigirá lo mismo que al resto de buques convencionales.

Tampoco debemos olvidarnos del código PBIP, y de todos los planes de protección que exige, que a primera vista parece que va a chocar con la realidad de los buques MASS sin tripulación, manejados en remoto o totalmente autónomos.

Para finalizar estas conclusiones se podría remarcar que la tecnología necesaria para que los MASS naveguen, ya existe, pero no así la legislación necesaria para que esas singladuras se puedan llevar a cabo. Por lo tanto la llegada de buques completamente autónomos, controlados mediante algoritmos de inteligencia artificial, aun parece lejano, al menos en aguas transitadas por otros buques.

Referencias

1. *Bureau Veritas; Guidelines for Autonomous Shipping. Diciembre de 2017.*
2. *Lloyd´s Register; Unmanned Marine Systems Code. Febrero de 2017.*
3. *Cordero, M. (2017). Autonomía marítima: objetivo de las regulaciones. Recalada, 18-19.*
4. *MUNIN . (2016). MUNIN Project . Obtenido de http://www.unmanned-ship.org/munin/*
5. *Corte, J. d. (2017). Retos legales de la operativa de los buques autónomos. Recalada, 20-24.*
6. *Organización Marítima Internacional . (1972). Reglamento internacional para prevenir abordajes (COLREG). OMI.*
7. *Cruz, E. (2017). Buques autónomos: ha comenzado su regulación. Recalada, 9-11.*
8. *Filgueira, J. J. (2017). La tecnología que viene ¿acabará con el empleo en la mar? Recalada, 6-8.*
9. *Uriarte, J. I. (2017). Enseñanzas náuticas y los proyectos de buques autónomos. Recalada, 12-14.*