

LOS IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS “BUQUES AUTÓNOMOS DE SUPERFICIE” (MASS)

Tiago Vinicius Zanella¹

United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC)

RESUMEN

Vehículos autónomos ya son una realidad que deba ser considerada por la ley y la sociedad internacional. En poco tiempo también serán una realidad en todos los océanos del mundo. En vista de ello, es de suma importancia que los organismos internacionales, los Estados y la sociedad internacional estén preparados para esos buques autónomos, que plantean nuevos desafíos para la navegación internacional y el derecho del mar en su conjunto. Uno de esos desafíos es precisamente saber qué impactos ambientales traerán consigo esos “Buques Autónomos de Superficie” (MASS). Es decir, ¿cuáles son las consecuencias para el medio ambiente marino de esos vehículos autónomos? Este es precisamente el objetivo de este artículo: comprender los impactos ambientales del MASS y los nuevos desafíos que la humanidad tendrá que enfrentar con el inminente advenimiento de los buques. De este modo se demostrarán las ventajas y desventajas de esos buques para el medio ambiente y, en particular, el cuidado que debe tener toda la sociedad internacional para proteger y preservar el medio marino por intermedio de dichas nuevas tecnologías.

Palabras clave: buques autónomos; Derecho del Mar; medio ambiente marino.

¹ Post-Doctorado en la Escola de Guerra Naval (EGN). Doctorado en Ciencias Jurídicas Internacionales y Europeas por la Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa (FDL). Master en Derecho Internacional y Relaciones Internacionales por el FDL. Licenciado en Derecho y en Relaciones Internacionales por el Centro Universitario de Curitiba (UNICURITIBA). Consultor jurídico en derecho del mar de la UNODC (Austria). Profesor de Derecho Internacional y Derecho del Mar; Presidente del IBDMar. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5257-7157> / e-mail: tiagozanella@gmail.com

*THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THE "MARITIME
AUTONOMOUS SURFACE SHIPS" (MASS)*

ABSTRACT

Autonomous ships are already a reality. They are on the agenda of international law and international society in general. In a short time, it will also be a reality in all the world's oceans. Thus, international organizations, States and international society need to be prepared for these autonomous ships. They will bring new challenges to the law of the sea and international maritime transport. One of these challenges is just what are the environmental impacts that these "Maritime Autonomous Surface Ships" (MASS) will bring with them. That is, what are the consequences for the marine environment of these autonomous ships? This is precisely the objective of this article: to understand the environmental impacts of MASS and what are the new challenges that humanity will have to face the imminent advent of these ships. In this sense, it will be demonstrated what the advantages and disadvantages of these vessels for the environment are and, in particular, what care the world needs to take to protect and preserve the marine environment due to the advent of these new technologies.

Keywords: *autonomous ships; Law of the Sea; marine environment.*

INTRODUCCIÓN

Como resultado de los modernos desarrollos tecnológicos de nuestro tiempo, las embarcaciones autónomas y controladas remotamente se están convirtiendo en realidad, trayendo consigo retos esenciales para la sociedad internacional (LIU, 2018, p. 490). El Kongsberg Gruppen, en colaboración con YARA, está produciendo el primer buque portacontenedores totalmente eléctrico, autónomo y de cero emisiones del mundo (llamado “YARA Birkeland”). El buque operará a lo largo de la costa noruega².

Con el desarrollo rápido de la inteligencia artificial (IA), los buques sin tripulación pueden reducir el costo del transporte marítimo. También pueden aportar otros beneficios, como evitar la pérdida de vidas en el mar. Sin embargo, en el caso de los sistemas marítimos autónomos, la planificación de rutas y la previsión de obstáculos para evitar colisiones son temas nuevos y pertinentes que hay que tener en cuenta.

La transición a esta nueva era de naves no tripuladas no sólo desafía el desarrollo tecnológico. Los buques autónomos tendrán que encontrar su lugar en el derecho internacional. Actualmente, los tratados y otras leyes del mar requieren la presencia de una tripulación a bordo. Así pues, el debate internacional sobre los buques no tripulados ha sido el centro de análisis de la Organización Marítima Internacional (IMO). En su calidad de organización encargada de regular todo el transporte marítimo internacional, no hubiera podido dejar de analizar y crear normas jurídicas para regular la navegación de los nuevos buques³. El punto de partida fue la decisión adoptada por la IMO de incluir en su programa la cuestión de los buques autónomos de superficie (MASS). Esto ocurrió a través del Comité de Seguridad Marítima (MSC) en su 98º período de sesiones, del 7 al 16 de junio de 2017. Se decidió realizar un ejercicio de alcance para determinar cómo se puede introducir en los instrumentos de la IMO un funcionamiento seguro, fiable y ambientalmente racional de los MASS. El MSC ha reconocido que la IMO debe asumir un papel proactivo en el análisis y la regulación de la introducción de buques comerciales autónomos (que operan sin tripulación).

Esas naves autónomas tienen algunas ventajas notables. Como observa Pedrozo (2019, p. 211): “al reducir el riesgo para la vida humana, los

2 Véase <https://www.yara.com/news-and-media/press-kits/yara-birkeland-press-kit/>. Acceso: 2 de agosto.2020.

3 Para una discusión más profunda sobre la reglamentación de los MASS, busque Chircop Roberts y Prior (2019, p. 18-32).

sistemas no tripulados se están convirtiendo en la alternativa preferida para las misiones agotadoras, sucias o peligrosas". Además, los buques sin tripulación pueden permanecer en el mar durante períodos más largos que los buques con tripulación. También pueden ampliar las zonas de operaciones, llenar los huecos de capacidad y, lo que es más importante, reducir los costos de transporte. Todos esos beneficios pueden ser beneficiosos para los armadores; sin embargo, ¿sería lo mismo para la sociedad en general?

Actualmente, el impacto que la innovación tecnológica de las naves autónomas tendrá en la navegación es todavía incierto (RENSBURGO, 2018, p. 2-3). En particular, en lo que toca a la protección del medio ambiente marino, los posibles daños o ventajas que puede causar el MASS siguen siendo poco conocidos. Por lo tanto, el objetivo de este artículo es analizar los impactos ambientales en el medio marino resultantes del uso de esas naves autónomas. Con este fin, las técnicas de investigación metodológica utilizadas en este artículo incluyen la revisión bibliográfica y documental.

1 BUQUES AUTÓNOMOS Y DEFINICIONES DE NIVELES DE CONTROL

No es el propósito de este artículo profundizar en la discusión jurídica conceptual de los Buques Autónomos de Superficie. Sin embargo, para una mejor comprensión y examen de los impactos ambientales del uso del MASS, es necesario comprender lo que realmente son "Buques Autónomos" y, en particular, su clasificación en relación con el nivel de control. Sólo entonces podremos evaluar las probables ventajas y desventajas de los buques autónomos, ya que el nivel de autonomía – y la tripulación a bordo – influye en esos impactos ambientales.

En primer lugar, es importante destacar el papel de la Organización Marítima Internacional (IMO) en la regulación del MASS. Sobre la cuestión de la regulación del MASS, dice Ringbom (2019, p. 24):

Si la IMO decide ampliar el actual ejercicio de alcance reglamentario limitado, será necesario abordar una serie de cuestiones que van más allá de las disposiciones existentes en los convenios vigentes. [...] Aunque la regulación de la automatización no sea un tema absolutamente nuevo para la organización, los precedentes disponibles no son análogos a las cuestiones planteadas por el desarrollo del MASS, y por lo tanto son de interés y orientación limitados para la organización. La novedad del tema representa un argumento a favor de la elaboración de un nuevo instrumento

para abordar específicamente los diversos aspectos de los buques altamente automatizados y autónomos.

Así, en 2017, la 98ª Sesión del MSC, la IMO ha definido los grados de autonomía identificados para el ejercicio del enfoque⁴:

- **Grado 1 – Buque con procesos automatizados y apoyo a la decisión:** los marineros están a bordo para operar y controlar los sistemas y funciones a bordo. Algunas operaciones pueden ser automatizadas y a veces sin supervisión, pero con marineros a bordo listos para tomar el control.
- **Grado 2 – Buque controlado remotamente con marineros a bordo:** el buque es controlado y operado desde otro lugar. Hay marineros disponibles a bordo para hacerse cargo y operar los sistemas y funciones a bordo.
- **Grado 3 – Buque controlado remotamente sin marineros a bordo:** el buque es controlado y operado desde otro lugar. No hay marineros a bordo.
- **Grado 4 – Buque totalmente autónomo:** el sistema operativo del buque es capaz de tomar decisiones y determinar acciones por sí mismo.

Por otra parte, la Unión Europea, desde un grupo de trabajo de la Agencia Europea de Defensa titulado Seguridad y Reglamentos para los sistemas marítimos europeos no tripulados (SARUMS)⁵, ha elaborado una tabla con seis niveles de control aplicables a los buques. Brasil aprobó recién un Reglamento Interino para la Operación de Buques Autónomos, publicado en el DOU el 21/02/2020, en el que sigue el modelo europeo:

- **Nivel 0 – tripulado:** MASS es controlado por los operadores a bordo.
- **Nivel 1 – operado:** bajo control operado, toda la funcionalidad cognitiva está en el operador humano. El operador está en contacto directo con el MASS, por ejemplo, mediante radio continua (R/C) y/o cable (por ejemplo, UUV y ROV con umbilicales ultrafinos). El operador toma todas las decisiones, dirige y controla todas las funciones del vehículo y de las misiones.
- **Nivel 2 – dirigido:** bajo control dirigido, algún grado de razonamiento y respuesta se integra en al MASS. Puede detectar el medio ambiente, informar de su estado y sugerir una o varias acciones. También puede sugerir al operador posibles acciones, como pedirle información o decisiones. Sin embargo, la autoridad para tomar decisiones recae en

4 Disponible en <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx>. Acceso: 2 de agosto.2020.

5 En 2015, SARUMS publicó lo que denominó “Guía de buenas prácticas para la manipulación, las operaciones, el diseño y la regulación de UMS”.

el operador. El MASS sólo actuará si se le ordena y/o se le autoriza a hacerlo.

- **Nivel 3 – delegado:** el MASS está ahora autorizado a realizar algunas funciones. Puede detectar el medio ambiente, informar de su estado y definir acciones, e informar de su intención. El operador tiene la opción de objetar las intenciones (vetos) declaradas por el MASS durante un cierto tiempo, después del cual el MASS actuará. La iniciativa emana del MASS y la toma de decisiones se comparte entre el operador y el MASS.
- **Nivel 4 – monitoreado:** MASS detectará el medio ambiente e informará de su estado. El MASS define acciones, decide, actúa e informa de sus acciones. El operador puede monitorear los eventos.
- **Nivel 5 – autónomo:** MASS detectará el medio ambiente, definirá las posibles acciones, decidirá y actuará. El Buque no Tripulado tiene el máximo grado de independencia y autodeterminación en el contexto de las capacidades y limitaciones del sistema. Las funciones autónomas son referidas por los sistemas de a bordo en las ocasiones que ellos decidan, sin notificar a ninguna unidad u operador externo.

Se observa que los buques muestran verdadera autonomía sólo a partir del nivel 3. En los niveles 0, 1 y 2, el operador humano todavía controla el buque. Sólo en los niveles 3, 4 y 5 el buque está controlado por un programa de bordo. Además, es precisamente después del nivel 3 que el buque deja de estar tripulado. Estos factores son esenciales para el análisis de los impactos ambientales de los buques autónomos, ya que el nivel de control y la ausencia de tripulación a bordo influyen en las ventajas y desventajas ambientales de esos buques.

2 LOS IMPACTOS AMBIENTALES DEL MASS

2.1 Las ventajas del MASS para el medio ambiente

Las ventajas de la utilización de buques autónomos, en lo que se refiere a la protección y la preservación del medio marino, se concentran en dos áreas principales: la reducción de la contaminación por los buques; y la reducción del error humano.

2.1.1 Reducción de la contaminación causada por embarcaciones

El primer beneficio ambiental del MASS es la reducción de la

contaminación que resulta de buques. Eso se debe principalmente a la ausencia de la tripulación a bordo. Esa ausencia significa que basura y cloaca no se producen dentro de la nave, por ejemplo. Por lo tanto, con esos buques autónomos, se elimina la contaminación de vertidos de materiales en el mar. En otras palabras, sin tripulación a bordo, no hay necesidad de hablar de la contaminación por la descarga de residuos en el medio ambiente marino.

La contaminación por vertidos, que representa aproximadamente el 10% de la contaminación del medio marino (SANDS; PEEL, 2012), es una importante fuente visible de contaminación, que causa daños sensibles al medio ambiente. Sin embargo, es una contaminación que generalmente impone riesgos de daño al medio marino en muchos estados, en beneficio de un pequeño número de Estados industrializados con flotas navales más grandes. En otras palabras, los países más desarrollados (por vía terrestre) y con flotas más grandes (por mar) tienden a verter cantidades más importantes de materiales a menudo tóxicos en el mar, que contaminan el medio marino en general y causan daños a las zonas costeras de otros Estados (TANAKA, 2015).

En relación con el vertido de desechos en el mar por los buques, una ventaja importante de los buques autónomos es la eliminación de la introducción de plásticos en los océanos. Aunque la introducción de dichos polímeros por los barcos corresponde al 20% del total de plásticos introducidos en el medio marino (el otro 80% es por tierra) (ZANELLA, 2019), los MASS eliminan una cantidad significativa de ese contaminante. Eso se vuelve más significativo ya que la contaminación plástica es uno de los principales problemas ambientales en el medio marino hoy en día. Es un material que se vierte en grandes cantidades y tiene el potencial de degradar significativamente el medio ambiente marino. De acuerdo con Lavender *et al.* (2010, p. 1185): “Los plásticos son uno de los principales contaminantes en los océanos del mundo”.

Otro tipo de contaminación marina que puede disminuir con el uso de MASS es la contaminación acústica. Los buques pueden ser fuentes de contaminación acústica, lo que en los últimos años se ha convertido en una verdadera preocupación para las organizaciones internacionales. Sobre el tema, la declaración de Primo, Barreto y Mont’Alverne (2018, p. 279) es ilustrativa:

Los efectos nocivos de las emisiones de ruido antropogénico en los océanos, que antes se ignoraban, ocupan ahora un lugar destacado entre las preocupaciones de la

sociedad internacional. El tema fue también el programa de debate de la Conferencia sobre los Océanos, un acontecimiento mundial destinado a promover el desarrollo sostenible de los océanos y los mares, que se celebró bajo los auspicios de las Naciones Unidas en junio de 2017 en Nueva York.

Los buques autónomos, que son necesariamente más modernos, tienden a emitir niveles más bajos de contaminación acústica, lo que contribuye a reducir el estrés que el transporte marítimo internacional causa en el medio ambiente marino.

En segundo lugar, la reducción de la contaminación resultante de los buques está relacionada con el avance de las tecnologías utilizadas. Los buques más modernos tienden a consumir menos energía y a emitir menos contaminantes. Esto no sólo es una ventaja para los buques autónomos. Todos los buques más modernos, incluso con tripulación a bordo, pueden presentar esa ventaja ambiental sobre los buques más antiguos. Sin embargo, debido a toda la tecnología necesariamente empleada por los buques autónomos ellos tienden a contaminar menos el medio ambiente. La emisión de gases y petróleo al medio ambiente marino, por ejemplo, tiende a ser menor en esos buques en comparación con los más antiguos. Li y Fung (2019, p. 335) comentan: "Utilizando baterías como medio de propulsión, se cree que la embarcación no tripulada está libre de cualquier emisión y reduce la contaminación atmosférica del medio ambiente". Por ejemplo, el buque mencionado, "YARA Birkeland", será eléctrico. En otras palabras, no emitirá ningún gas contaminante del aire resultante de la quema de combustible fósil. Además, no introducirá el petróleo, que se produce naturalmente con otros buques de combustible.

Ese menor consumo de energía, o consumo más sostenible, con la reducción o incluso la eliminación – en el caso de los buques eléctricos – el uso de combustibles fósiles es particularmente significativo en relación al petróleo y la contaminación atmosférica de los buques. En cuanto a la cuestión de la contaminación atmosférica, Miola *et al.* (2010, p. 12) afirman: "Además, las emisiones de los buques se transportan en la atmósfera a lo largo de varios cientos de kilómetros, lo que contribuye a los problemas de calidad del aire en tierra, incluso si se emiten en el mar".

En relación a la contaminación por aceite, es importante subrayar que esta contaminación de los buques se produce principalmente de dos maneras: en primer lugar, como resultado de accidentes marítimos que provocan el derrame de grandes cantidades de aceite en el mar; y, en segundo lugar, mediante descargas operacionales de desechos generados por los buques,

que implican la inserción de contaminantes en cantidades más pequeñas, pero acumulativamente importantes (ZANELLA, 2019, p. 329). Aunque los accidentes de los petroleros son una causa más visible y dramática de la contaminación marina, son responsables de menos del 10% de todo el petróleo derramado en el mar. La mayor amenaza sigue siendo la de las descargas deliberadas, como las operaciones de limpieza de tanques (ROBERTS, 2007, p. 47-48). En este sentido, un buque más sostenible, que consuma menos combustible fósil o incluso eléctrico, reduce o elimina la introducción de petróleo en el mar en relación con las operaciones normales de los buques.

En lo que toca a la contaminación atmosférica, cabe señalar que en los últimos decenios este tipo de contaminación se ha convertido sin duda alguna en un problema ambiental que hay que enfrentar (ZANELLA, 2018, p. 302). El continuo crecimiento del transporte marítimo internacional ha conducido naturalmente a un aumento proporcional de la contaminación atmosférica procedente de los buques de todo el mundo. Hay varias sustancias que se insertan en el aire por la quema de combustible de los buques, y la emisión puede tener impactos locales y globales. Como los contaminantes como el óxido de azufre (SO_x); el óxido de nitrógeno (NO_x) y las partículas (PM) afectan a la calidad del aire local (o regional), los gases de efecto invernadero (por ejemplo, el dióxido de carbono – CO_2) tienen un impacto en el clima mundial. En este sentido, el MASS tiende a reducir considerablemente la emisión de gases contaminantes, ya que son necesariamente modernos y algunos serán alimentados por electricidad (LI; FUNG, 2019, p. 335). Sobre el tema, Villa Caro (2018, p. 402) apunta:

Eficiencia energética en la propulsión: mejorar la propulsión utilizando motores lentos más eficientes, sistemas híbridos (GNL/eléctricos) y soluciones más innovadoras. Deben desarrollarse tecnologías energéticas más eficientes, ya que la propulsión de los buques y la generación de energía deben ser áreas de desarrollo tecnológico en los próximos años, en que se estudian los motores del futuro, los combustibles alternativos, los dispositivos de ahorro de energía para la propulsión, las fuentes de energía, la generación de energía híbrida renovable y las tecnologías de reducción de las emisiones. Esos desafíos traerán desafíos ambientales y comerciales.

Por lo tanto, resulta evidente que el MASS aportará beneficios al transporte marítimo internacional. La reducción de la contaminación ambiental por buques es una ventaja significativa que tendrán sobre los buques tripulados. Eso es debido a dos razones principales: por un lado, sin tripulación a bordo, habrá una disminución considerable de la contaminación de los

buques, ya que no habrá producción de desechos o cloacas; por otro lado, esos buques serán necesariamente más modernos que los actuales. Así, la contaminación causada por el funcionamiento regular de los buques – como es el caso hoy en día con la introducción del petróleo y la contaminación del aire, por ejemplo – tiende a disminuir considerablemente.

2.1.2 Reducción del error humano

La navegación marítima es sin duda una actividad arriesgada, y los desastres marítimos surgen del complejo entorno de la operación del buque. Aunque el transporte marítimo tenga una tasa de mortalidad y de lesiones relativamente baja (PORTELA, 2005), las consecuencias de un accidente pueden ser extensas. Las repercusiones de la contaminación por aceite, por ejemplo, pueden repercutir durante muchos años y afectar a empresas, personas y Estados.

En este sentido, un segundo grupo de ventajas de los buques autónomos, en lo que respecta a la protección y preservación del medio ambiente marino, es la reducción del error humano. Como lo resumieron Hogg y Ghosh (2016, p. 206): “Los que abrazan la tecnología abogan por los beneficios económicos, de seguridad y ambientales. La reducción del número de marineros en el mar, por ejemplo, supone un ahorro en los salarios y una reducción del riesgo de errores humanos que pueden conducir a desastres ambientales”.

Se estima que más del 80% de los accidentes en los que están implicados buques se dan por error humano (PORTELA, 2005, p. 4). Esos errores resultan de varios factores, como la disminución del rendimiento (causada por la fatiga, el estrés, los problemas de salud), la insuficiencia de las aptitudes técnicas y cognitivas, la precariedad de las aptitudes interpersonales (dificultades de comunicación, dificultades para dominar una situación, el idioma), los aspectos organizativos (capacitación en materia de seguridad, gestión de equipos, cultura de la seguridad).

Con la automatización de los buques, la tendencia es una reducción de los accidentes en el mar, que a menudo causan una grave contaminación por derrames de aceite y otras sustancias. Dado que los factores humanos son la principal fuente de riesgo de accidentes en el mar, parece interesante desarrollar una tecnología que permita la resolución de esos errores. Por lo tanto, lógicamente, la autonomía de una nave resulta en la reducción del error humano.⁶

⁶ Para una comprensión más profundada de las consecuencias del error humano en los accidentes marítimos, véase Chauvin (2011) y Lardjaneb *et al.* (2013).

Por otra parte, los buques monitoreados en tierra requerirán sistemas de comunicación confiables entre el buque sin tripulación y el controlador en tierra. Los sistemas de comunicación son esenciales para la seguridad y la protección del medio ambiente y serán costosos. El funcionamiento eficiente y seguro requerirá sistemas especializados, todos con operaciones redundantes. Además, los operadores en tierra deben estar altamente capacitados para no cometer errores y causar daños al medio ambiente marino.

Para buques autónomos controlados totalmente por la computadora de bordo y su inteligencia artificial, es necesario tener un sistema altamente fiable y libre de errores. En otras palabras, se deben realizar muchas pruebas para que un buque en el último nivel de control (nivel 5: autónomo) pueda operar con total seguridad y reducir el número de accidentes en el mar. En otras palabras, es contraproducente cambiar el error humano como causa de los accidentes marítimos por el error de las computadoras de bordo que controlan los buques autónomos. Se eliminan los riesgos de error humano, pero los buques no tripulados se enfrentarán a nuevos retos para una operación segura y exitosa. Sobre el tema, Hogg y Ghosh (2016, p. 207) comentan:

Se proclama que la incidencia de los errores humanos se reducirá significativamente en el buque mercante no tripulado; sin embargo, la tecnología a bordo requiere calibración y mantenimiento por parte de humanos y el buque requiere monitoreo constante desde una sala de control en la costa donde los operadores interpretarán, absorberán y actuarán sobre la información enviada desde el buque.

Para evitar accidentes, los MASS deben reconocer el entorno en el que navegan. Es decir, necesitan comprender el escenario que les rodea y en su camino, las adversidades del medio ambiente, identificar los obstáculos y otros objetos para evitar las colisiones que pueden causar graves daños al medio ambiente marino. Wang *et al.* (2019) realizan un interesante debate en el artículo “Path Planning of Maritime Autonomous Surface Ships in Unknown Environment with Reinforcement Learning”, sobre los modos de aprendizaje autónomo del buque y su inteligencia artificial para evitar cualquier accidente.

2.2 Las desventajas del MASS para el medio ambiente

A pesar de las interesantes ventajas de los buques autónomos para la protección y preservación del medio ambiente, existen algunas desventajas, preocupaciones y desafíos que la sociedad internacional debe considerar

en relación a los MASS. En particular, hay tres grupos principales de desventajas: la primera se refiere a la lenta capacidad de respuesta a los accidentes en el mar, ya que no hay tripulación para ninguna contingencia y control de los hechos; la segunda a la restricción del transporte de algunas mercancías; y la tercera se refiere a los ataques cibernéticos que pueden causar accidentes y daños al medio ambiente.

2.2.1 Respuesta a los accidentes en el mar

La ausencia de tripulación a bordo es una ventaja medioambiental. Al analizar que el factor humano es responsable por la mayoría de los accidentes en el mar, como se ha visto anteriormente, los buques sin tripulación eliminan el error humano como causa de los accidentes. Sin embargo, esta ausencia de tripulación a bordo puede ser una desventaja en el momento en que se produce un accidente con riesgo de daño al medio ambiente marino. Eso se debe a que, con una tripulación capacitada a bordo, la capacidad de respuesta es mucho mayor que en los buques sin tripulación (CHONG, 2018, p. 39).

La emergencia marítima incluye colisión, zozobra, naufragio, incendio, contaminación por petróleo, problemas en la sala de máquinas, entre otros. En las naves tripuladas, la respuesta a esas emergencias es realizada por la tripulación. La tripulación a bordo puede controlar la situación y evitar que los daños aumenten. En los buques no tripulados, el alcance de los resultados de los accidentes no relacionados con la navegación (por ejemplo, los incendios) puede ser mucho mayor. Eso se debe lógicamente a la falta de personal para evaluar y llevar a cabo el control de los daños. Sobre eso, Wróbel, Montewka y Kujala (2017, p. 164) señalan:

Los resultados muestran, por una parte, que la evaluación y el control de los daños es probable que sea una de las mayores dificultades para lograr la seguridad de las naves sin tripulación. Separar a los humanos de todos los peligros asociados con el trabajo en el mar se opondrá a la inquietante idea de que no habrá nadie en el lugar del accidente para neutralizar inmediatamente los daños. Por lo tanto, prevenir los accidentes parece ser una mejor idea que neutralizar sus consecuencias. Las medidas destinadas a reducir la ocurrencia de accidentes deben aplicarse en las primeras etapas del diseño del sistema y en combinación con procedimientos operacionales bien preparados.

En el caso de accidente que implique un derrame de aceite, por ejemplo, serán los miembros de la tripulación los que se encargarán de la

contingencia de contaminación. Al menos hasta que la ayuda llegue desde el suelo. Sin gente a bordo, la nave es incapaz de contestar. Los equipos de rescate tienen que esperar hasta que lleguen a la escena para tratar de contener cualquier contaminación, que puede ser demasiado tarde. En otras palabras, una tripulación a bordo es más probable que controle y contenga los posibles daños al medio ambiente que una nave independiente. En el caso de un incendio a bordo, por ejemplo, la ausencia de una tripulación para contener el fuego puede ser catastrófica. Para abordar este problema, la Comisión Europea destaca (EC, 2015, p. 15):

La resistencia de buque en viajes de larga duración, así como la imposibilidad de llevar a cabo trabajos correctivos en el buque durante el viaje, requiere sistemas que tengan bajos requerimientos de mantenimiento. Esto puede lograrse reduciendo al mínimo el número y la complejidad de los sistemas de buques que no pueden funcionar de manera fiable sin un mantenimiento continuo.

En resumen, la falta de personal en el MASS será un desafío, especialmente para reunir información, evaluar la situación y decidir qué tipo de asistencia se necesita. La falta de tripulación a bordo puede dar lugar a una evaluación inexacta de la emergencia. Es decir, las personas a bordo pueden contener el problema o informar a las autoridades en tierra de lo que está sucediendo exactamente; sin esta tripulación, un pequeño problema (como un incendio que puede ser controlado fácilmente) puede convertirse en catastrófico. Además, es más difícil entender exactamente lo que está sucediendo en el buque para enviar equipos especializados para resolver el problema.

2.2.2 Restricción del transporte de mercancías

Este segundo tema también se relaciona con la falta de tripulación a bordo. No todas las mercancías serán aptas para el transporte autónomo por mar. Los buques no tripulados deben llevar una carga estable, que no requiera mantenimiento o vigilancia durante el viaje, y no una carga peligrosa. Los productos inestables, inflamables y explosivos, como el gas, los productos químicos y petróleo, difícilmente se considerarán adecuados para el transporte por MASS. Análogamente, la Comisión Europea (CE, 2015, p. 20) estipula: “Puede haber límites a la carga que puede transportar un buque no tripulado. Si la carga no puede ser manejada con seguridad sin inspección o intervención humana regular, no puede ser transportada en un buque sin tripulación sin nuevos tipos de automatización”.

Esos productos deben ser monitoreados cuidadosamente. Como se describe en el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG) (IMO, 2014), en caso de emergencia, la intervención inmediata de la tripulación a bordo es esencial para contener y gestionar cualquier peligro potencial que pueda surgir. Es poco probable que alguna compañía de seguros cubra la responsabilidad de transportar cargas peligrosas por MASS.

2.2.3 Ataques cibernéticos

La confianza en la tecnología es esencial para que los buques autónomos se conviertan en una realidad. El continuo desarrollo de la tecnología es fundamental para que la sociedad internacional tenga confianza y pueda regular la navegación de esos buques (FASTVOLD, 2018, p. 54). Como ya se ha mencionado, la eficacia de los sistemas de comunicación e inteligencia artificial de esos nuevos buques será crucial para la protección y la preservación del medio ambiente marino.

Sin embargo, siempre existe el riesgo de que esos MASS sufran algún ataque cibernético y causen contaminación ambiental. Para Hogg y Ghosh (2016, p. 211): “También hay la posibilidad inherente de extorsión por medio de un ataque cibernético a un buque no tripulado. Si se infiltran sistemas críticos, el buque puede perder su capacidad de navegación, lo que da lugar a una colisión que causa víctimas o contaminación y daños ambientales”. Dichos ataques pueden ocurrir por varias razones, como la piratería o el terrorismo. En tales casos, siempre existe el riesgo de que se produzcan daños en el medio marino, ya que la posibilidad de un accidente – voluntario o no – aumenta considerablemente. En otras palabras, si se infiltran sistemas críticos, la nave puede, por ejemplo, perder su capacidad de navegación, lo que resulta en una colisión con daños ambientales.

Cabe mencionar que la IMO ha elaborado una directriz provisional sobre la gestión del riesgo cibernético marítimo por medio del documento MSC.1/Circ.1526, 2016. Ello se debe a que, según las Directrices, “las tecnologías cibernéticas se han vuelto esenciales para el funcionamiento y la gestión de numerosos sistemas críticos para la seguridad del transporte marítimo y la protección del medio ambiente marino” (IMO, 2016).

Para la IMO, la gestión de riesgos es esencial para la seguridad de las operaciones de navegación. Tradicionalmente, la gestión de riesgos se ha centrado en las operaciones en el ámbito físico, pero la mayor dependencia

de los sistemas de escaneo, integración, automatización y conexión en red ha creado una creciente necesidad de gestión de riesgos cibernéticos en el sector del transporte marítimo (IMO, 2016).

Incluso antes de elaborar un documento con el alcance de la regulación de los buques autónomos, la cuestión cibernética ya era motivo de preocupación para la Organización Marítima Internacional. La razón es que incluso los buques comerciales con tripulación a bordo pueden sufrir ciberataques. Varios componentes electrónicos pueden ser objeto de ataques cibernéticos, como los sistemas de comunicación, los puentes, la manipulación y la gestión de la carga, la propulsión y la gestión de las máquinas, entre otros. Sin embargo, con buques tripulados, controlados a bordo por un capitán, los riesgos de los ataques cibernéticos, así como los riesgos resultantes de un posible ataque, son considerablemente menores que con los buques autónomos. Lógicamente, los sistemas MASS juegan un papel importante en la navegación, lo que hace que un ataque sea potencialmente mucho más peligroso para la seguridad de la nave y el medio ambiente. La propia IMO afirma que “los buques con sistemas cibernéticos limitados pueden considerar suficiente una sencilla aplicación de esas Directrices; sin embargo, los buques con sistemas cibernéticos complejos pueden requerir un mayor nivel de atención y deben buscar recursos adicionales a través de socios industriales y gubernamentales de renombre” (IMO, 2016).

CONCLUSIÓN

El diseño e investigación de las naves no tripuladas se está desarrollando a un ritmo sin precedentes. En general, esos buques autónomos tienen el potencial de mejorar la seguridad marítima y la protección del medio ambiente, equilibrando los intereses comerciales y el crecimiento sostenible de la industria marítima.

Cuando se analizan los impactos de los buques autónomos en la protección y preservación del medio ambiente, parece haber muchos más pros que contras. En otras palabras, en general, la tendencia es que los impactos ambientales de los MASS sean positivos. Esto está necesariamente vinculado al desarrollo tecnológico que asegura la navegación efectiva y segura de los buques.

La introducción de embarcaciones no tripuladas debe hacerse con la máxima precaución y requerirá extensas pruebas. Antes de que se puedan

probar los efectos a largo plazo, se debe validar que la tecnología es adecuadamente segura para el medio ambiente. Esto requerirá pruebas repetidas de que los operadores humanos pueden hacer frente a una situación crítica sobre el terreno. En el caso de los buques genuinamente autónomos (nivel 5), debe haber pruebas suficientes de que son realmente seguros y plenamente capaces de funcionar de forma autónoma.

Retirar a la tripulación de un buque puede significar una disminución considerable en caso de accidentes marítimos. Por otro lado, esa situación nos lleva inmediatamente a la incómoda idea de que no habrá nadie en la escena que controle los acontecimientos con prontitud. Por lo tanto, prevenir los accidentes parece ser una mejor idea que neutralizar sus consecuencias.

El desarrollo de un sistema de algoritmos inteligentes para evitar las colisiones, combinando múltiples situaciones de buques y condiciones meteorológicas dinámicas, se sigue desarrollando para los buques comerciales no tripulados. Aunque los conceptos técnicos, operacionales y legislativos están en la vanguardia del desarrollo, todavía queda mucho por hacer para demostrar que los buques autónomos no son un riesgo para ellos mismos, su carga, el medio ambiente u otros buques.

Por último, la mejora de la seguridad de la navegación, la eliminación de los errores humanos y la reducción de la contaminación – como las emisiones atmosféricas – pueden hacer que el transporte sea más seguro y sostenible. Sin embargo, como la tecnología está todavía en desarrollo, es demasiado pronto para una evaluación final.

REFERENCIAS

CHAUVIN, C. Human factors and maritime safety. *The Journal of Navigation*, v. 64, 625-632; 2011.

CHIRCOP, A. Maritime autonomous surface ships in International Law: new challenges for the Regulation of International Navigation and Shipping. In: NORDQUIST, M. H.; MOORE, J. N.; LONG, R. *Cooperation and engagement in the Asia-Pacific region*. Leiden: Brill | Nijhoff, 2019. p. 18-32.

CHIRCOP, A.; ROBERTS, J.; PRIOR, S. Area-based management on the high seas: possible application of the IMO's particularly sensitive sea area concept. *The International Journal of Marine and Coastal Law*, v. 25, 483-522, 2010.

CHONG, J. C. *Impact of maritime autonomous surface ships (MASS) on VTS operations*. Malmö: World Maritime University, 2018.

EC – EUROPEAN COMMISSION. *Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks. D10.2: new ship designs for autonomous vessels*. Brussels: EC, 2015.

FASTVOLD, O. L. *Legal challenges for unmanned ships in International Law of the Sea*. Tronso: The Arctic University of Norway, 2018.

HOGG, T.; GHOSH, S. Autonomous merchant vessels: examination of factors that impact the effective implementation of unmanned Ships. *Australian Journal of Maritime and Ocean Affairs*, v. 8, n. 3, 206-222, 2016.

IMO – INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. *MSC.1/Circ.1526. Interim Guidelines on Maritime Cyber Risk Management*. London: IMO, 2016.

LARDJANE, S. *et al.* Human and organisational factors in maritime accidents: Analysis of collisions at sea using the HFACS. *Accident Analysis and Prevention*, v. 59, 26-37, 2013.

LAVENDER, K. *et al.* Plastic accumulation in the North Atlantic Subtropical Gyre. *Science*, v. 329, n. 5996, 1185-1188, sep. 2010.

LI, S.; FUNG, K. S. Maritime autonomous surface ships (MASS): implementation and legal issues. *Maritime Business Review*, v. 4, n. 4, 330-339, 2019.

LIU, D. Autonomous vessel technology, safety, and ocean impacts. In: WERLE, D. *et al.* *The future of ocean governance and capacity development*. Leiden: Brill, 2018. p. 490-494.

MIOLA, A. *et al.* *Regulating air emissions from ships: the state of the art on methodologies, technologies and policy options*. Luxembourg: European Union, 2010.

PEDROZO, R. US Employment of Marine Unmanned Vehicles in the South China Sea. In: BUSZYNSKI, L.; HAI, D. T. *The South China sea: from a regional maritime dispute to geo-strategic competition*. London: Routledge, 2019. p. 211.

PORTELA, R. C. Maritime casualties analysis as a tool to improve research about human factors on maritime environment. *Journal of Maritime Research*, v. II. n. 2, 3-18, 2005.

PRIMO, D. A. S.; BARRETO, C. P.; MONT'ALVERNE, T. C. F. Direito Internacional e Poluição Sonora Marinha: efeitos jurídicos do reconhecimento do som como fonte de poluição dos oceanos. *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, v. 15, n. 32, p. 277-295, maio/ago. 2018.

RENSBURG, D. J. J. V. *The impact of autonomous ships on the containerised shipping interface of global supply chains and networks: a literature examination of selected stakeholder perspectives*. Malmö: The World Maritime University, 2018.

RINGBOM, H. Regulating autonomous ships—concepts, challenges and precedents. *Ocean Development & International Law*, v. 50, n. 2-3, p. 141-169, 2019.

ROBERTS, J. *Marine environment protection and biodiversity conservation*. Berlin: Springer-Verlag, 2007.

SANDS, P.; PEEL, J. *Principles of International Environmental Law*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

TANAKA, Y. *The International Law of the Sea*. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2015.

VILLA CARO, R. Los MASS: los buques inteligentes y autónomos del futuro. *Apoyo Logístico 4.0*, v. 275, p. 395-407, 2018.

WANG, C. *et al.* Path planning of maritime autonomous surface ships in unknown environment with reinforcement learning. In: MAIMAITI, M. *et al.* *Cognitive systems and signal processing*. Singapore: Springer, 2019. p. 127-137.

WRÓBELA, K.; MONTEWKA, J.; KUJALA, P. Towards the assessment of potential impact of unmanned vessels on maritime transportation safety. *Reliability Engineering and System Safety*, v. 165, p. 155-169, 2017.

ZANELLA, T. V. *Direito Ambiental do Mar: a prevenção da poluição por navios*. Belo Horizonte: D'Plácido, 2019.

ZANELLA, T. V. Navios e poluição do ar: um estudo sobre a regulação das emissões atmosféricas por embarcações. *Revista da Escola de Guerra Naval*, v. 24, p. 10-30, 2018.

Artículo recibido el: 17/03/2020.
Artículo aceptado el: 23/11/2020.

Cómo citar este artículo (ABNT):

ZANELLA, T. V. Los impactos ambientales de los “buques autónomos de superficie” (MASS). *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, v. 17, n. 39, p. 361-379, sep./dic. 2020. Disponible en: <http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/1803>. Acceso: día mes. año.