



DA 42/18  
20/08/18

Cap. Nav. I.M. DEM.  
Jesus E. Encinas Valenzuela

## Embarcaciones autónomas o automatizadas: el futuro del comercio marítimo mundial

*El transporte autónomo es el futuro de la industria marítima. Tan disruptivo como el teléfono inteligente, el barco inteligente revolucionará el escenario del diseño y las operaciones de los barcos<sup>1</sup>.*

Mikael Mäkinen  
Presidente Área Marítima de Rolls-Royce

### RESUMEN

La evolución tecnológica de alto nivel está siendo aplicada a los buques y está revolucionando el concepto del tráfico marítimo internacional con nuevos conceptos dirigidos a generar niveles de autonomía y semi-automatización en su manejo y control. El desarrollo de buques con capacidades de esta índole da como fechas introductorias el final de la presente década con el buque *Yara Birkeland*, primero en su clase autónoma y con cero emisiones, aunque hay serias controversias en ámbitos laborales principalmente, existe una fuerte tendencia hacia la completa automatización del tráfico de mercancías por el medio marítimo. Este documento presenta una retrospectiva histórica del origen y las nuevas propensiones para desarrollar una nueva clase de buque mercante destinados a modificar el concepto actual.

**Palabras clave:** Autónomo, automatización, drones, *Yara Birkeland*, comercio marítimo, sustentabilidad económica, sustentabilidad ecológica, sustentabilidad social, riesgos y vulnerabilidades.

### ABSTRACT

The high-level technological evolution that is being applied to ships is revolutionizing the concept of international maritime traffic with new concepts aimed at generating levels of autonomy and semi-automation in its management and control. The development of vessels with such capabilities gives as introductory dates the end of this decade with the ship *Yara Birkeland*, first in its autonomous class and with zero emissions, although there are serious controversies in labor fields mainly, there is a strong tendency towards a complete automation of freight traffic in the maritime environment. This document presents a historical retrospective of

---

<sup>1</sup> Traducción del autor.



the origin and the new propensities to develop a new class of merchant ship destined to modify the current concept.

**Key words:** Autonomous, automation, drones, Yara Birkeland, maritime trade, economic sustainability, ecological sustainability, social sustainability, risks and vulnerabilities.

## INTRODUCCIÓN

### La diferencia entre automatización y autonomía

Para efectos del presente documento se considera necesario establecer la diferencia y, al mismo tiempo, la interrelación entre los términos automatizado y autónomo. Cuando se habla de **automatización**, la Real Academia Española define que el término consiste en “convertir ciertos movimientos en movimientos automáticos o indeliberados” o “aplicar la automática a un proceso o a un dispositivo” (RAE, 2018) esto suele ser aplicado a la industria o la producción de bienes y servicios, y proyecta la imagen en la mente humana de que el instrumento o maquinaria en cuestión puede desarrollar ciertas tareas, procesos o labores de forma automática sin que requiera de la intervención directa del ser humano.

Por otro lado, la **autonomía** se describe como el “máximo recorrido [tiempo máximo] que puede efectuar un vehículo sin repostar [reabastecer]” y en cuanto a la condición humana lo asocia a “quien, para ciertas cosas, no depende de nadie” (RAE, 2018), es decir, es la capacidad de las personas o ciertas cosas para tomar decisiones con independencia, sin necesidad de consultar otros instrumentos.

La combinación de estos dos conceptos puede dar como resultado la definición que extiende el *Gartner IT Glossary (GIG)*, en su glosario de términos cuando expone que un vehículo autónomo es “aquel que puede manejarse por sí mismo desde un punto de partida hasta un punto de llegada predeterminado en piloto automático” y que para el efecto “utiliza varias tecnologías internas y sensores que incluyen control de velocidad adaptado, dirección activa, sistemas de frenado, navegación por GPS, láser y radares” (Gartner, 2018).

Según la forma en que se desee observar, la aplicación de tecnologías para dirigir un vehículo o un buque autónomamente, con capacidad de tomar ciertas decisiones, implica llegar hasta el borde final de una delgada línea entre la mínima intervención humana y el mundo de la Inteligencia Artificial.

A pesar de que el GIG propone una forma de describir un vehículo autónomo, estamos en el punto en que realmente **no existe una definición conceptual** general que haya sido aceptada mundialmente de lo que debe ser considerado un vehículo autónomo y como debe aplicarse esto a un buque, aunque en el argot marítimo cotidiano, la mayoría de los involucrados creen entender el concepto. Lo que sí se puede argumentar es que la asignación del concepto de **autonomía** es una consecuencia de una serie de procesos



**automatizados** que le dan estas capacidades al instrumento. Y que actualmente la única forma de inteligencia autónoma es el ser humano, pues interiormente lleva cabo procesos automatizados conscientes en su sistema nervioso central.

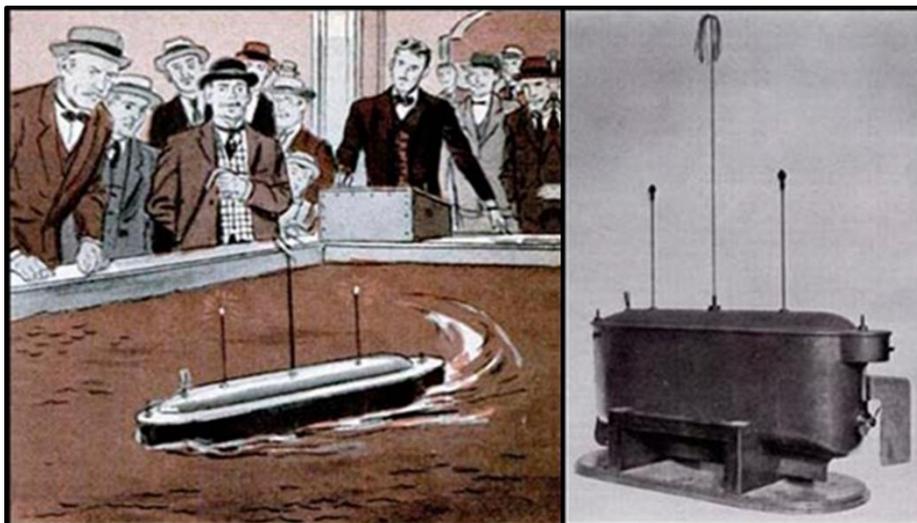
## HISTORIA DE LA AUTOMATIZACIÓN Y LA AUTONOMÍA

*El modelo de la industria 4.0 recientemente desarrollado en Alemania, en el cual sistemas ciber-físicos podrán monitorear sensores, crearán una copia virtual del mundo físico y permitirán descentralizar decisiones. Su objetivo es manejar la producción automatizada dentro de una fábrica inteligente.*

Capitán George Quick  
The Maritime Executive

La historia de los vehículos autónomos o de control remoto puede referirse hasta el año de 1898, según el autor que se trate. Y el primero de ellos fue un modelo de barco, un pequeño bote diseñado por el inventor Nikola Tesla, mostrado en ese mismo año en una alberca puesta para el evento en el *Madison Square Garden* de Nueva York frente a una multitud que se había reunido. A través de una pequeña caja con un radio transmisor fue capaz de controlar las maniobras del pequeño bote, inclusive encender y apagar sus luces a discreción. “El mundo se mueve lentamente, y nuevas verdades son difíciles de ver” dijo Tesla a la multitud sorprendida (Turi, 2014).

Imagen 1: (Izquierda) Dibujo esquematizando el momento en que Tesla hace su demostración (derecha) fotografía del bote original utilizado por Tesla



Fuente: <https://www.engadget.com/2014/01/19/nikola-teslas-remote-control-boat/>

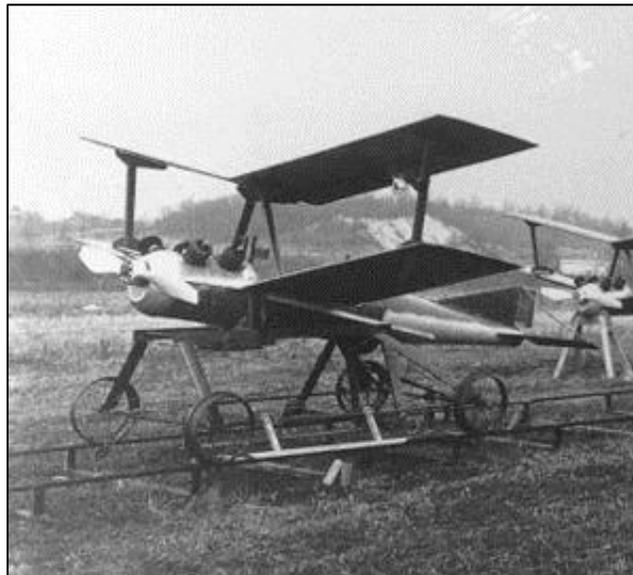
Desde entonces la tecnología en el mundo ha dado pasos agigantados, principalmente en las últimas décadas, de hecho esta época de relativa paz, de cierta forma, se contrapone con la teoría o falacia de que



los avances tecnológicos se presentan más rápido cuando la humanidad se encuentra en conflicto bélico, en guerra.

Y fue durante el periodo de la Primera Guerra Mundial cuando el ejército de Estados Unidos de América (EE. UU.) diseñó un modelo para emplearlo como **torpedos aéreos** llamados *Kettering Bug* durante el conflicto. El diseño era relativamente sencillo, pero innovador en su idea, y consistía un torpedo adaptado con alas y una hélice. Su proceso de lanzamiento era desde catapultas en tierra sobre blancos específicos, prácticamente era un vuelo en línea recta y tenían una variante para lanzarlos desde un buque; así, en enero de 1918 se produjeron algunos de estos artefactos con un periodo de pruebas que resultó muy exitoso; sin embargo, y a pesar de los esfuerzos por lograr un desarrollo rápido, la guerra terminó antes que pudieran ser utilizados. Los estadounidenses la clasificaron como **la primera bomba voladora** de la historia.

Imagen 2: un modelo del Kettering Bug



Fuente: <https://owlcation.com/humanities/World-War-1-History-The-Kettering-Bug-Worlds-First-Flying-Bomb>

Tras este esfuerzo, en 1935 Inglaterra produjo los primeros aviones de control remoto con el fin de utilizarlos como blancos en prácticas de artillería durante el entrenamiento de sus tropas. El término *drone* fue acuñado durante esta época aplicado al *DH.82B Queen Bee* (IWM Staff, 2018). Pero el término **No Tripulado** se dice que surgió en 1849 cuando Austria atacó Venecia en Italia con **globos sin tripulación cargados con explosivos**. De tal forma que existen un sinnúmero de antecedentes históricos que pueden ser traídos a colación para determinar donde se origina el concepto de vehículo no tripulado o autónomo. De todo esto, lo más importante es que fue el inicio de lo que son, hoy en día, sofisticados Vehículos No Tripulados con amplias capacidades militares y con una variante civil para el esparcimiento.



La idea de controlar remotamente vehículos y maquinaria ha predominado por décadas en la mente de los científicos e inventores, Tesla es un ejemplo de ello, y es una concepción embriagante que se ha enfocado en mejorar las condiciones de vida del ser humano, hacerla más fácil, una búsqueda constante por reducir el esfuerzo físico al mínimo e integrar la aplicación de conceptos de seguridad. En parte, esta idea ha contribuido a los logros del mundo actual.

Después de la demostración de Tesla, la idea permaneció un tanto pasiva hasta la década de los años 20s cuando la compañía de vehículos Pontiac de EE. UU. desarrolló el primer carro de control remoto conocido como el *Phantom Auto*. Con un enorme salto innovador, este vehículo era controlado por frecuencias de radio transmitidas desde otro vehículo que lo seguía a cierta distancia, al menos eso es lo que se asume dado que los registros de la época no están completamente claros. La noticia tuvo tal impacto que se esparció por todo el país con exhibiciones anunciándolo como un gran show y “uno de los productos más sorprendentes de la ciencia moderna” (Lafrance, 2016).

Imagen 3: Propaganda de Pontiac anunciando su vehículo a control remoto



Fuente: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2016/06/beep-beep/489029/>

Salvo el espectáculo que esto ocasionó, el evento no pasó a mayores, pues no hubo más desarrollo o intentos por comercializar el famoso *Phantom Auto*, pero dejó sembrada una nueva idea en la mente de los inventores.

Algún tiempo después, en 1939, otro vehículo autónomo aéreo a control remoto salió a la luz y no provino de los EE. UU. Fue diseñado por el ingeniero alemán Fritz Grosslau y se le bautizó con el nombre de *Argus AS 292*. Su diseño, relativamente simple también, consistía de un pequeño avión de 27 kilos, 2.40 m de longitud



y envergadura que sería utilizado para prácticas de artillería antiaérea en la Alemania de Hitler, una idea muy similar al *Queen Bee* británico de 1935 (Mundo Historia, 2010).

Al principio, el *Argus AS 292* solo tenía capacidad para volar en línea recta, pero poco tiempo después fue posible controlar el vuelo con virajes por medio de ondas de radio. Esto representó un gran salto tecnológico considerando la época en que se hizo y lo que se tenía disponible.

Imagen 4: militares e ingenieros alemanes observan el AS 292



Fuente: [https://www.google.com.mx/search?q=AS+292&rlz=1C1CHBD\\_esMX780MX780&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwispeq9jKLcAhUSS6wKHR44CYQQ\\_AUICigB&biw=1242&bih=533#imgrc=tPhnKSJx6nla0M](https://www.google.com.mx/search?q=AS+292&rlz=1C1CHBD_esMX780MX780&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwispeq9jKLcAhUSS6wKHR44CYQQ_AUICigB&biw=1242&bih=533#imgrc=tPhnKSJx6nla0M):

Por lo que bien se puede afirmar que el término de UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) o Vehículo Aéreo no Tripulado no es exactamente un concepto moderno. Poco tiempo después, este relevante invento se aplicaría a la famosa bomba voladora V1 —*Vergeltungswaffe*<sup>2</sup>— y su sucesora la V2 alemanas.

Nuevamente la historia nos dice que fue durante la Segunda Guerra Mundial cuando se presentaron las innovaciones más trascendentales que marcaron nuestra época como la computadora, la bomba atómica y el desarrollo aeronáutico por mencionar algunos. Y que su velocidad de desarrollo se debió, principalmente, a la premura de los aliados por derrotar la Alemania nazi. Al final de la misma, se generaron otros escenarios y nació una carrera armamentista entre los Aliados, liderados por EE. UU. y el bloque soviético, encabezado por la extinta Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), que estuvo centrada en mejorar, no solo el poder destructivo de las armas, sino también la forma de evitar el enfrentamiento directo entre humanos y la supervivencia, es decir, una forma de hacer la guerra a distancia o a control remoto en forma de misiles intercontinentales.

<sup>2</sup> La V1 y V2 fueron llamadas así por los alemanes por su significado como arma de venganza. La primera V1 fue lanzada sobre Londres, Inglaterra el 13 de junio de 1944.



A lo largo de 73 años, el mundo tuvo que cruzar por diversas etapas que fueron por demás significativas y que van desde vivir un entorno de Guerra Fría hasta los ataques al *World Trade Center* de Nueva York en 2001. En todos estos años los aliados y soviéticos generaron una gran cantidad de avances tecnológicos entre los que se pueden destacar la evolución de los aviones a reacción tipo jets y la memorable carrera espacial que logró poner satélites y al hombre en la luna. Todo esto fue posible gracias a una gran cantidad de innovaciones tecnológicas, la búsqueda continua de artefactos novedosos, la mayoría producto de un proceso incesante de prueba y error, de hecho la tecnología que actualmente tienen los teléfonos celulares supera por mucho la utilizada en 1969 para llevar al hombre a la luna y traerlo de regreso a la tierra (Howell, 2014), una muestra de cómo se hacían las cosas con tan pocos recursos.

En nuestros días, los avances tecnológicos dentro de este ambiente de estabilidad, se encuentran en una carrera a todo galope en la que el final del camino se ve extremadamente lejano, donde el límite es prácticamente la imaginación. Aunque se puede argumentar que la investigación de tecnología militar es una prioridad y un fuerte motivante para muchos países, hoy en día, existen muchas más aplicaciones en el medio civil que se promueven para mejorar las condiciones de vida de la humanidad en ámbitos científicos, médicos, comerciales y muchos otros más.

El ser humano está revolucionando la forma de vida y la tecnología es el instrumento principal de esta nueva era.

## **EL DESPEGUE DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS**

Después de los primeros pasos dados desde Tesla, los años veinte y la Primera y Segunda Guerra Mundial, surgió una nueva etapa de incentivos para investigar en el área del control remoto. Este inicio se dio en versiones miniatura primeramente con pequeños carros a escala que al principio no tenían ningún control. Pero en el año de 1936 se fundó en Inglaterra la Asociación de Carros de Carreras de Modelismo (*Model Car Racing Association*), que fabricó pequeños carros de 3 libras de peso —aproximadamente 1.36 kg— que tenían la capacidad de alcanzar hasta 40 mph en menos de 3 segundos, unos 64.37 km, solo en línea recta (Classic and Vintage RC Cars, 2018).

Y solo fue el principio, el modelismo se esparció por todo EE. UU. principalmente y evolucionó velozmente. Impulsados inicialmente con motores de combustión interna se pasó al carro eléctrico, aunque el uso de control remoto solo fue posible hasta mediados de los años cincuenta, con algunas limitaciones, pero en los años sesenta este se había perfeccionado permitiendo control pleno de los vehículos, inclusive en su velocidad.



Los avances en tecnología e investigación de materiales más livianos y resistentes modificaron paulatinamente estos nuevos juguetes, se generó una especie de fiebre por tener carros de control remoto. Por ejemplo, en 1979 se creó la Federación Internacional de Autos de Carrera de Modelismo<sup>3</sup>, llevando el concepto a nivel profesional. El asunto se convirtió en un nuevo hobby, no solo estadounidense, que inclusive llegó a denotar un estatus social. Como era de esperarse, esta tecnología traspasó las barreras de la industria y para la década de los años ochenta ya era aplicada en la producción en masa automatizada de infinidad de productos.

Es decir, el mayor esfuerzo estaba dirigido a fabricar vehículos a escala a control remoto, la era de los aviones vino tiempo después. Pero a partir de entonces, los vehículos terrestres y sus sucesores aéreos se volvieron cada vez más sofisticados ante una clientela cada vez más exigente, fue entonces cuando se empezó a fraguar la premisa que dirigió este concepto desde el principio, escalar el vehículo de juguete a uno de tamaño real.

### **Drones y vehículos terrestres autónomos, el inicio**

A partir de la década de los años sesenta el desarrollo de carros a control remoto estaba en pleno auge y sus mejoras se notaban con cada modelo, simultáneamente se daba lugar al nuevo campo de la aeronáutica con los *drones*. El primer paso serio se dio en 1962 con el Cuerpo Real de Artillería de Reino Unido, quienes diseñaron una familia de *drones* a lo largo de la década para propósitos de observación y localización de objetivos para armas de largo alcance.

Este desarrollo de vehículos aéreos autónomos o no tripulados fue enfocado inicialmente desde el ámbito militar, experimentos con pequeños aviones que no requerían de un piloto a bordo. El hecho de que estas aeronaves no necesitaran tripulaciones de vuelo garantizaba, de cierta forma, una reducción sustantiva de los riesgos de pérdida de vidas humanas considerando que el espacio aéreo era muy amplio y en un eventual accidente solo se perdería la aeronave.

Esta y otras razones fueron detonantes para perfeccionar el manejo y uso de UAVs. Desde entonces, según la fábrica de origen, la patente que se maneje y el uso específico al que esté destinado, los drones pueden ser llamados Vehículo Piloteado Remotamente (RPV en inglés), Aeronave Piloteada Remotamente (RPA en inglés) y Aeronave Operada Remotamente (ROA en inglés), pero al final de cuentas, todos tienen en común sus principios de operación y diseño. El uso del *drone* de aplicación militar fue el principal promotor de su extensión a otros ámbitos de aplicación.

---

<sup>3</sup> International Federation of Model Auto Racing, IFMAR, por sus siglas en inglés.



Actualmente el principal promotor en el empleo de UAVs son los EE. UU. que al principio utilizó aeronaves pequeñas para el reconocimiento y exploración del campo de batalla; pero al observar las enormes ventajas del equipo se optó por mejorar sus capacidades y extenderlos hasta llegar a construir UAVs de gran tamaño. La clasificación militar de los UAVs militares fue modificada debido a su empleo específico por Vehículos Aéreos de Combate No Tripulados (*Unmanned Combat Aerial Vehicle, UCAV* por sus siglas en inglés). Los UAVs evolucionaron rápidamente, particularmente en EE. UU. que ha invertido grandes sumas de dinero en su desarrollo y lo ha hecho a una velocidad increíble.

Al principio los UAVs eran de dimensiones pequeñas, en muchos aspectos eran desechables y eran diseñados para aumentar las capacidades de reconocimiento de sus fuerzas terrestres en el campo de batalla, inclusive eran lanzados por los mismos soldados, pero en definitiva EE. UU. asumió un papel a nivel mundial en este campo con el desarrollo del *MQ-1 Predator*.

Abraham E. Karem, ingeniero aeronáutico de origen judío, es el creador de la tecnología empleada en los drones y prácticamente el padre del *Predator*. Su aportación a la industria del UAV ha sido tan significativa que convirtió el uso del dron en una **necesidad militar** para EE. UU., y otros países aliados. En octubre 7 de 2001 el *Predator* hizo su primera aparición en combate disparando su primer misil sobre Afganistán, esto marcó el inicio de una nueva era en la evolución tecnológica militar.

Actualmente EE. UU. cuenta con unos 8,000 drones de todo tipo y que ahora son parte integral de las operaciones militares (Whittle, 2013).

Imagen 5: UAV MQ-1 Predator



Fuente: [https://www.google.com.mx/search?rlz=1C1CHBD\\_esMX780MX780&tbm=isch&q=MQ1+PREDATOR+PICTURES&chips=q:mq1+predator+pictures,online\\_chips:predator+uav&sa=X&ved=0ahUKEwjTo4-DyancAhUJQK0KHRQNBVIQ4IYIjyB&biw=1242&bih=577&dpr=1.1#imgsrc=UPzNNNFLSvQHdM:](https://www.google.com.mx/search?rlz=1C1CHBD_esMX780MX780&tbm=isch&q=MQ1+PREDATOR+PICTURES&chips=q:mq1+predator+pictures,online_chips:predator+uav&sa=X&ved=0ahUKEwjTo4-DyancAhUJQK0KHRQNBVIQ4IYIjyB&biw=1242&bih=577&dpr=1.1#imgsrc=UPzNNNFLSvQHdM:)



La popularidad del *Predator* lo convirtió en el dron más famoso en el mundo y con el tiempo sus sucesores han mejorado y aumentado considerablemente sus capacidades y tamaños, desde reconocimiento con cámaras diurnas y nocturnas, sofisticados sistemas de detección, aumentando su autonomía y velocidades, y artillados con misiles cada vez más efectivos. Esta especie de carrera llevó a la creación del modelo *MQ-9 Reaper*, que cuenta con todo lo antes mencionado y mucho más que no está al alcance del público y que tiene prácticamente las características de una aeronave de tamaño natural<sup>4</sup>.

Aunado a lo anterior, el uso de drones se ha extendido a otro tipo de operaciones en el ámbito civil como de búsqueda y rescate o vigilancia aérea local al servicio de la policía. A esto hay que agregar el enorme auge que ha surgido como juguete, por así llamarlo, para el entretenimiento en escalas menores (Red Orbit, 2014).

Imagen 6: UAV MQ-9 Reaper (hecho en EE. UU.)



Fuente: [https://www.google.com.mx/search?q=mq-9+reaper&rlz=1C1CHBD\\_esMX780MX780&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjYgY\\_d8qjcAhUtja0KHaBZD1oQ\\_AUICigB&biw=1242&bih=577#imgrc=kE2PzjRjJ-wbM](https://www.google.com.mx/search?q=mq-9+reaper&rlz=1C1CHBD_esMX780MX780&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjYgY_d8qjcAhUtja0KHaBZD1oQ_AUICigB&biw=1242&bih=577#imgrc=kE2PzjRjJ-wbM):

Inclusive se organizan torneos de carreras de drones en competencias que se han extendido a lo largo de todo el mundo con aplicaciones que simulan virtualmente el pilotear el vehículo.

En relación al desarrollo y empleo de **vehículos terrestres autónomos**, la historia es muy diferente pues su evolución ha sido mucho más lenta. Las mejoras en el ámbito terrestre se han enfocado más bien a lograr altos estándares que mejoren las condiciones de seguridad, eficiencia en el uso de combustible y facilidad en el manejo de los mismos a través de innovaciones tecnológicas, esto también incluye la investigación para

---

<sup>4</sup> El MQ-9 Reaper tiene 11 m de longitud, 20 m de envergadura, peso de 2.45 t sin artillar y 5.25 t artillado, su autonomía se extiende hasta por 14 horas y tiene una velocidad máxima de 482 km. Es operado por dos elementos en tierra.



erradicar el uso de combustibles fósiles a cambio de la electricidad, otro rubro que también se ha retrasado bastante.

A pesar de la lentitud con que se ha movido este escenario, la opinión de la mayoría de los Jefes Ejecutivos de las compañías automotoras más importantes del mundo piensan que el uso de vehículos auto-manejados es simplemente una cuestión de tiempo, es decir, inevitable. Si el desarrollo tecnológico ya es un inconveniente, la legislación al respecto es aún más pues las medidas de seguridad aplicables son mucho más estrictas en este ámbito que en el aéreo y tiene mucho sentido dado que, hoy por hoy, el carro es el principal medio de transporte en el mundo y por lo tanto, el que tiene mayores accidentes fatales<sup>5</sup> (Walker, 2018).

De acuerdo con la Administración Nacional de Seguridad en Tráfico de Carreteras de EE. UU. (*US National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA*), existen cinco niveles para considerar los diferentes beneficios de la tecnología aplicada a los carros en su proceso de automatización:

- Nivel 0: el conductor humano está en completo control de todas las funciones del carro.
- Nivel 1: una de las funciones es automática.
- Nivel 2: más de una función es automática al mismo tiempo (ej. Aceleración y conducción), pero el conductor debe permanecer constantemente atento.
- Nivel 3: las funciones de manejo son suficientemente automatizadas que el conductor puede distraerse en otras actividades.
- Nivel 4: el carro puede manejarse solo sin un conductor humano (Anderson, Kalra, & Otros, 2016).

EE. UU. ha permeado a otros países estos niveles para que sean la base del estudio de las ventajas y desventajas de escalar el tema y hacerlo socialmente aceptable, la mayor preocupación sigue siendo la seguridad de los peatones, pues se asume que para los pasajeros del vehículo el asunto está relativamente resuelto.

Siempre que se hace investigación tecnológica aplicada a cualquier ámbito, existe un grado de incertidumbre que sugiere al público mantenerse expectante por cualquier falla, como críticos, jueces y partes sancionan los avances y progresos cuando estos son empañados por accidentes fortuitos. Recientemente se presentó un accidente con un vehículo **semi-autónomo** de servicios de taxi *Uber* en Arizona, en marzo de este año para ser exactos, y que dieron como resultado la muerte de una mujer por atropellamiento. El incidente

---

<sup>5</sup> Aproximadamente de 1.3 billones de personas mueren cada año en todo el mundo en accidentes carreteros, aunado a lo anterior entre 40 y 590 millones más sufren heridas o quedan lisiados. Fuente: <http://asirt.org/Initiatives/Informing-Road-Users/Road-Safety-Facts/Road-Crash-Statistics>.



generó una amplia investigación ante diversos factores como la condición físico-médica en que se encontraba la mujer y el hecho de que vehículo tenía el sistema autónomo activado pero llevaba un conductor al volante.

El accidente puede estar clasificado en nivel 2, por lo que todavía existen muchas interrogantes de cómo evolucionará este nuevo concepto para su aplicación segura.

A pesar de este suceso, se estima que se continuará desarrollando tecnología para lograr alcanzar los estándares requeridos en el ámbito de vehículos terrestres autónomos que, según dicen los grandes empresarios automotrices, es inevitable.

## LA PROYECCIÓN HACIA EL MAR, EL TURNO DE LOS BUQUES

La apreciación de cómo fue evolucionando la automatización y la autonomía por años se centró en vehículos terrestres y aeronaves, y que al llevarlos a gran escala para su implementación en aviones y carros se hizo más o menos de forma equilibrada; esto se puede observar por el uso actual de sistemas automáticos de control de velocidad tanto en aviones como en carros o la automatización de rumbos de vuelo para aeronaves, comúnmente llamado piloto automático. Ambas aplicaciones, velocidad y rumbo, permearon al poco tiempo hacia los buques también. La disyuntiva vuelve a aparecer cuando ante las múltiples acepciones de autonomía se tiene que establecer verdaderamente **que tan autónomo será o debe ser un buque**.

En el sentido estricto, la acepción de autonomía se aplica en buques, carros, aeronaves y otros medios que implican transporte para establecer el rango y alcance de sus capacidades. Particularmente en los buques, estas capacidades fueron evolucionando paulatinamente en todos los sentidos, desde los primeros buques a vela y sus bodegas para carga, pasando por las máquinas de vapor hasta lo actual, el enfoque siempre ha sido mejorar los sistemas electrónicos que auxilian al hombre en el control y manejo de los mismos, llámese paneles de control o instrumentos de navegación.

De acuerdo con la idea de la compañía MUNIN (*Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks*), la nueva era 4.0 de este siglo XXI puede categorizar los niveles de autonomía y a donde se dirigen sus esfuerzos. Existe una **combinación de tecnología automatizada y sistemas de control remoto** y este ha sido el proyecto inicial de MUNIN, que considera que la **autonomía completa puede resultar en una aventura demasiado peligrosa** ya que implica delegar el control pleno al ámbito de la Inteligencia Artificial pura.

En el escenario marítimo, la interacción del buque incluye la posibilidad de aparición de objetos extraños, condiciones de clima adverso, peligro de colisión o inclusive actos de piratería en la mar. El mar no es un área de fácil y rápido acceso como una ciudad, la presencia de un buque plenamente autónomo exige que el buque cuente con múltiples módulos integrales que sean completamente automatizados y con



suficientemente automatizado para responder a situaciones inesperadas para resolverlas; sin embargo, en caso de que **el sistema sea incapaz de solventar el problema**, entonces se requiere de un equipo de operaciones a control remoto o de respuesta para recuperar el control por esta vía (MUNIN, 2018).

Este y otros cuestionamientos surgen cuando se piensa en dejar que un buque se mueva con total autonomía en los mares del mundo. La situación requiere de un constante desarrollo de alta tecnología que cubra todos los escenarios. MUNIN está tomando en consideración todos los escenarios posibles y ha logrado dividir en tres partes el probable nivel de autonomía aplicable a buques.

Hay una primera variante y la más común, la conocemos como **el Buque Tripulado**, es la operación estándar del buque actualmente, que requiere una tripulación a bordo y que esta tripulación se auxilia de instrumentos y sistemas electrónicos de varios tipos para la navegación y dirección del buque, así como del monitoreo de sus sistemas de propulsión. Esta versión puede decirse que es, de alguna forma, **semi-automática**, ya que incluye un componente electrónico tecnológico auxiliar de los operadores del buque. La dependencia es mutua ya que los sistemas electrónicos dependen de la mano humana para su mantenimiento, operación y reparación; y el hombre utiliza estos sistemas de forma integral para ubicar su posición (GPS), monitorear sus alrededores, regular velocidades y determinar sus rumbos de navegación de forma segura (sistemas giroscópicos).

La segunda variante, se coloca dentro del rubro de **Alternativas Generales**, tiene dos vertientes. Una a través de la operación y monitoreo desde tierra —**buque a control remoto**— que incorpora la ausencia de tripulantes a bordo pero que **mantiene su control y manejo constantemente desde tierra**, es decir, se sigue utilizando una tripulación, si así se puede llamar, aunque en menor número y desde tierra. Las instrucciones son enviadas electrónicamente vía radio o satélite directamente a los sistemas del buque, este también es un proceso **semi-automático** pues requiere de la supervisión de personal desde un centro de comando en tierra. La propuesta puede incluir, si así se ve necesario, una pequeña dotación a bordo que sirva para monitorear el buque *in situ*.

El esquema no se ha puesto en ejecución aun, pero se estima que será el primer paso durante los periodos de pruebas antes de la autonomía total.

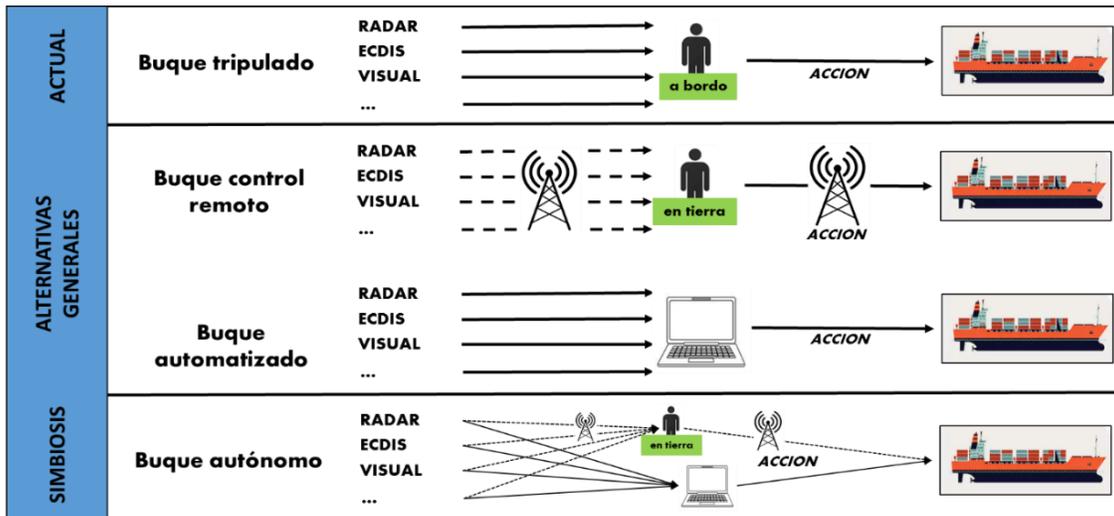
La otra vertiente consiste en dejar la dirección y control del buque en manos de un **Sistema Integral Computarizado** a bordo del mismo —**buque automatizado**— esto implica otorgar un elevado nivel de autonomía, de hecho es completo, sustentado en softwares de cómputo altamente sofisticados que no requieren supervisión humana y que se asume contarán con sistemas de soporte secundarios y alarmas para detectar anomalías. Su mayor antagonista es la total ausencia de tripulación y la delegación completa de la



operación en un software de cómputo. Este proyecto es aún lejano debido a las implicaciones del mismo, pero es el camino que se sigue y objetivo final en todos los proyectos de desarrollo.

La tercera opción es una combinación de lo anterior —**Simbiosis**— donde el buque es plenamente autónomo en su operación pero simultáneamente se mantiene una estricta supervisión humana desde tierra, aunque no cuenta con tripulación a bordo. Es decir, el buque tiene rumbos y velocidades programadas para la derrota que se ha trazado y estos son monitoreados desde tierra. Este esquema parece ser la forma más adecuada de conducir buques autónomos. La combinación de autosuficiencia del buque y supervisión humana reduce considerablemente los riesgos y otorga un nivel de confianza más elevado, al menos por el momento o hasta que se mejoren los sistemas al punto en que la autonomía pueda ser total y digna de confianza en su operación.

Imagen 7: niveles de autonomía



Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)

Fuente: <http://www.unmanned-ship.org/munin/about/the-autonomus-ship/>, traducción del autor.

Lo que también es un hecho es que, independientemente de todo lo que se pueda argumentar en favor de la tecnología autónoma, siempre existirá un riesgo de falla electrónica que debe considerarse y ante ello, todo indica que la intervención humana es la única opción.

### Buques autónomos, el futuro del comercio marítimo mundial

La influencia de la revolución tecnológica se ha incrustado en todos los ámbitos de la vida cotidiana del ser humano, esto es un indicativo innegable de que cada vez habrá mucho más hacia donde extender sus alcances y pensar que lo mejor está por venir.



Ahora que el turno pasa al **ámbito marítimo**, se vislumbran rápidamente adelantos en muchas de sus áreas donde terminales portuarias, grúas, vehículos de carga y sistemas de almacenamiento se han automatizado. Un claro ejemplo de esta nueva tendencia es el puerto de Rotterdam en Holanda, que está aplicando el movimiento de contenedores en grúas automatizadas y camiones de transporte sin conductores bajo el concepto de Terminal Totalmente Automatizada de Contenedores (*Fully Automated Container Terminal, FACT*).

En este sentido, las terminales están haciendo lo propio para ser cada vez más rápidas en sus servicios y eficientes, entonces ¿cuál es el siguiente paso? definitivamente son los buques, contar con embarcaciones de gran calado que crucen los mares transportando mercancías con capacidades tales que deben maximizar la seguridad en la navegación y sus condiciones de competitividad bajo un régimen mayormente automatizado. A pesar de lo complejo del tema, este ha sido estudiado al menos en las últimas cuatro décadas por diversas compañías de desarrollo arquitectónico naval.

El arquitecto naval y consejero especial Erik Tvedt es un reconocido investigador en este rubro trabajando para la Autoridad Marítima Danesa (*Danish Maritime Authority, DMA*), dice que “la potencia de las computadoras disponibles hoy en día... es mucho mayor de lo que se tenía anteriormente” y agrega que “las herramientas de software son también más baratas y fáciles de usar y ahora se tiene nueva tecnología de sensores, sistemas de visión nocturna, comunicaciones de satélite, comunicaciones globales, y la lista continua” (Kingsland, 2018).

Es decir, el conjunto de herramientas tecnológicas disponibles es enorme, continua creciendo y evolucionando, y se ha llegado al punto en que ya es factible aplicarlas para generar los primeros buques autónomos o semi autónomos. En este sentido, de acuerdo con la compañía *Waterborne TP*, explica que el conjunto de “sistemas de control modular y la tecnología de comunicaciones de la próxima generación permitirán la supervisión inalámbrica y las funciones de control tanto dentro como fuera de la plataforma” (MUNIN, 2018) refiriéndose a los buques, “estos incluirán sistemas avanzados de soporte de decisiones para proporcionar la capacidad de operar naves de forma remota bajo control semiautónomo o totalmente autónomo” (MUNIN, 2018).

Por lo que, el nivel de percepción de autonomía en buques está directamente relacionado con las implementaciones tecnológicas que se hagan y que estas se dirijan a que el buque sea plenamente automatizado, sin la intervención humana.

La controversia en este tema de ningún modo puede estar ausente porque la idea, en general, de delegar autoridad y poder de decisión a una máquina simboliza **entregar el todo de la operación de un buque a un robot**. Aunque la acepción no puede, ni debe, verse como algo radical dentro de un contexto de blanco y



negro, debe entenderse que existe una gran área gris que merece toda la atención y observancia. Esta área gris es la que presenta múltiples situaciones en todo tipo de escenarios, casi siempre catastróficos, según el nivel de imaginación de quien aborde el tema.

Los impulsores del proyecto tienen diversos argumentos para sostener los beneficios para impulsar este plan, en favor se abordan temas sociales-familiares asociados a la reducción de largas y monótonas travesías por la tecnificación de los sistemas y con ausencias de casa que, supuestamente, están dando como resultado una continua declinante falta de interés por trabajar en el ámbito marítimo, otros soportan la idea de que este proceso dará mayor sustentabilidad a los procesos económicos de intercambio comercial, contribuirá a reducir el congestionamiento terrestres y será más eficiente con el demandante tráfico de mercancías que congestiona las rutas.

La teoría explica que todo esto se traducirá en un considerable ahorro comercial y de energía y en darle la categoría de eficiente al tráfico marítimo. Si el ahorro comercial y la eficiencia del movimiento marítimo no son suficientes, se tiene otro elemento de gran peso en el proyecto, la implementación de buques con **cero emisiones**. De acuerdo con un artículo de la revista *Marine insight*, los buques sin tripulación son una respuesta para hacer que la industria marítima sea más atractiva y sustentable dado que se tendría un **significativo ahorro de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub>** por la eventual reducción de velocidades que podrían bajar de 16 o 18 nudos hasta 11, la reducción se estima dará como resultado un ahorro del 50% en consumos de combustible únicamente.

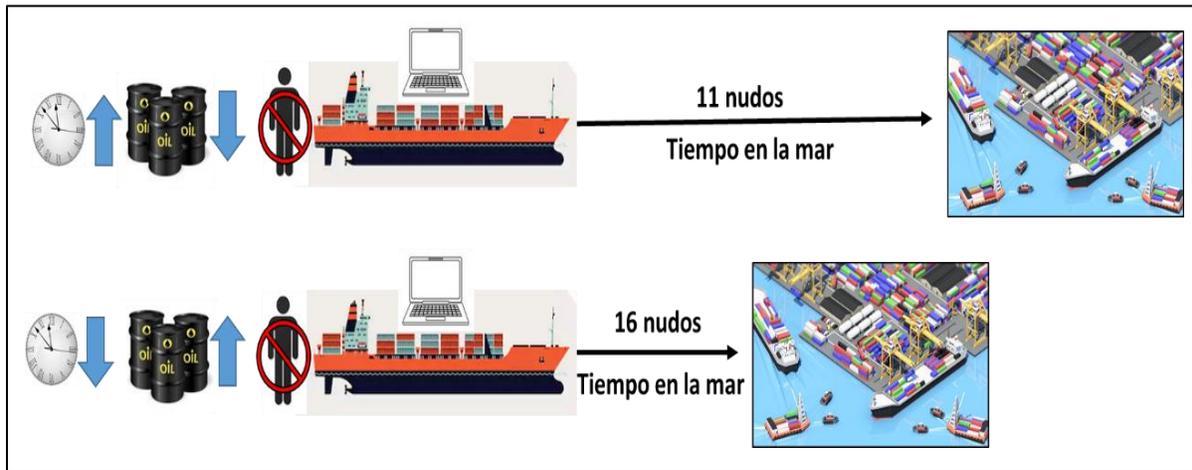
Desde que la Organización Marítima Mundial (OMI) emitió el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por Buques (MARPOL) en 1973, y sus subsecuentes adiciones, la industria de la construcción naval ha redoblado esfuerzos en busca de optimizar los sistemas de propulsión para reducir los consumos de combustibles fósiles y las emisiones contaminantes, **la cuestión ecológica es probablemente el motivo más fuerte en la producción de buques autónomos** y esto se da porque los buques se harían totalmente eléctricos.

En realidad todos los argumentos están entrelazados entre si pues, aunado a la cuestión de cero emisiones, hay un componente económico muy significativo en la reducción del consumo de combustible dado que este **representa el gasto más fuerte en el costo operacional del buque**. En la misma secuencia, hay que anexarle una condición que deberá ser valorada con mayor detenimiento; además de la reducción de costos en combustible, la **ausencia de tripulaciones** implica un ahorro en el gasto por salarios de la tripulación, prestaciones y otros servicios, a cambio, se espera que será posible extender los tiempos de navegación en el transporte de las mercancías sin perjuicio del elemento humano (Marine Insight, 2017).



Esta extensión de tiempo en la mar implica y exige que los sistemas del buque sean altamente confiables, inclusive, deberán contar con sistemas alternos de soporte para remediar las posibles fallas, pues no habrá nadie a bordo para efectuar las reparaciones, “este es, tal vez el mayor reto [que se enfrenta]” dice Ørnulf Rødseth, científico investigador experto en buques autónomos y *shipping 4.0*. SINTEF (*Stiftelsen for industriell og teknisk forskning*) o Fundación para la Investigación Industrial y Técnica es una organización noruega pionera en la investigación de buques autónomos y mantiene como **su premisa más preocupante** la combinación correcta de seguridad y costo-beneficio<sup>6</sup>.

Imagen 8: relación de costo-beneficio



Fuente: elaboración propia

## LA COMPETENCIA POR LA AUTOMATIZACIÓN

Tal como se presenta en cualquier escenario por lograr objetivos de mejora y por buscar la innovación, el mundo de los buques autónomos tiene una fuerte competencia. Puede que no sean muchas las empresas involucradas, pero las más sobresalientes están conjuntando equipos de investigación de alto nivel provenientes de varios países con metas muy precisas. Entre los más destacados se puede hablar de Rolls-Royce, Kongsberg y Japón que tienen su propia agenda para lanzar sus buques autónomos en un mediano y largo plazo, pero que prácticamente ya son una realidad.

- **El proyecto de Rolls-Royce**

Rolls-Royce y su división *Marine*, lidera la Iniciativa de Aplicaciones Avanzadas en Autonomía de Buques (*Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative, AAWA*) con una inversión de 6.6 millones de euros. Este proyecto es financiado por la Agencia-Fundación Finlandesa para la Tecnología y la Innovación

<sup>6</sup> SINTEF ha invertido NOK 12 millones (coronas noruegas), de sus fondos en un Proyecto llamado *Seatonomy*. Unos 1, 464,120.00 USD.



(*Finnish Funding Agency for Technology and Innovation*) con la idea de “reunir diseñadores de buques, fabricantes de equipo y universidades para examinar el futuro de los buques autónomos” (Walker, 2018).

De acuerdo con la visión de Rolls-Royce “no existirá una solución [única] de buque autónomo o remoto, sino una forma híbrida de los dos que dependerá en el tipo de función de la nave” y argumenta que la tecnología necesaria ya existe y que es el reto principal para que sea confiable pues requiere cumplir con elevadas exigencias para que cumpla con las preocupaciones de seguridad y agrega que “la tecnología necesitará extensas pruebas antes de ser desplegada” (Walker, 2018).

Por su parte Esa Jokioinen, Jefe del Equipo de Océano Azul de Rolls-Royce (*Blue Ocean Team*) argumenta que la empresa cuenta con una amplia experiencia de éxito cuando se trata de coordinar equipos multidisciplinarios desarrollando tecnologías complejas, como es el caso y termina diciendo que “traemos una gama de líder mundial de capacidades en el mercado marino al proyecto, incluyendo diseño de buques, la integración de sistemas complejos y el suministro y soporte de equipos de energía y propulsión” (Rolls-Royce, 2018).

De igual forma, el Vicepresidente de Innovación Marina de Rolls-Royce, Oskar Levander, sostiene que “veremos un buque a control remoto en uso comercial para finales de la década” y que inicialmente serán pequeñas naves para tráfico marítimo cercano (cabotaje primordialmente), en áreas reducidas o confinadas dentro de un mismo país bajo el argumento de que aún no existe la legislación necesaria para regular estos buques. A principios de este año [2018], Rolls-Royce en combinación con *Svitzer*, una subsidiaria de Maersk, hicieron una demostración exitosa de la primera operación remota de una nave comercial con un remolcador en la Bahía de Copenhague y controlado desde tierra por un capitán dentro de un Centro de Control equipado con lo último en tecnología.

Finalmente, Levander estima que el primer buque a control remoto para alta mar estará en operación alrededor de 2025 y para 2030 serán un componente rutinario en el tráfico marítimo internacional, una meta realmente ambiciosa.

- **El proyecto de Kongsberg con el buque Yara Birkeland**

Kongsberg tiene en mente una rápida expansión de su proyecto y sus aplicaciones son tomadas muy en serio con un panorama amplio y completamente innovador. De hecho se presumen como la empresa más adelantada en este campo pues están próximos a lanzar su buque piloto para este proyecto llamado el *MV<sup>7</sup> Yara Birkeland*, y será el “primer buque contenedor completamente eléctrico y autónomo del mundo” dentro de la categoría de *feeder* por su tamaño y propulsado completamente por baterías bajo el slogan de **cero**

---

<sup>7</sup> Abreviación para *megavolts*.



**emisiones.** El *Yara Birkeland* se encuentra en su fase 2 de construcción y listo para iniciar pruebas con una pequeña tripulación en el segundo semestre del 2018.

El *Yara Birkeland* tendrá capacidad de transportar 120 TEUs<sup>8</sup>. Esto puede sonar irrisorio comparado con los buques de última generación que llegan a transportar más de 20 mil TEUs, pero la parte medular de este proyecto tiene que ver con el tema ecológico, tan de moda en nuestros días. De acuerdo con la compañía su construcción contribuirá a reducir gran cantidad de emisiones de NOx<sup>9</sup> y CO<sub>2</sub> provenientes de tractocamiones que transportan contenedores en la misma ruta o con el mismo destino —unos 40 mil viajes al año— y que además, colabora íntegramente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, se dice también que mejorará la seguridad en carretera ante una notable reducción de la congestión del tráfico en ellas (Kongberg, 2018).

Imagen 9: imagen esquematizada del *Yara Birkeland*



Fuente: <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/4B8113B707A50A4FC125811D00407045?OpenDocument>

El proyecto incluye un paquete piloto de sensores que será puesto en ejecución en tres países: Noruega con operaciones simultáneas, Holanda con operaciones automatizadas de atraque y Bélgica para operaciones en aguas interiores. El enorme plan es coordinado por la rama *Seatex* de *Kongsberg* e incorpora a SINTEF Océano, SINTEF Digital y KU Leuven and Mampaey Offshore Industries (World Maritime News, 2018). Toda la iniciativa está soportada por el Sistema Global de Navegación por Satélite Europeo (*European Global Navigation Satellite System, EGNSS*) que incluye la constelación de satélites Galileo, a través de esta

<sup>8</sup> TEU: Twenty Feet Unit, unidad estándar manejada en el ámbito marítimo comercial para referirse a los contenedores de esta medida.

<sup>9</sup> Óxido Nitroso.



agencia se proporcionará el apoyo para tomar decisiones correctas durante la navegación y eventualmente, crearán las condiciones fundamentales para los buques autónomos.

SINTEF es prácticamente la empresa líder, es un consorcio independiente y está basada en Noruega, el desarrollo de la investigación está íntimamente ligada a todo un equipo de investigadores internacionales, por ejemplo, el Instituto de investigaciones *Fraunhofer* de Alemania está trabajando en el desarrollo de la maquinaria y los sistemas de navegación del buque; Suiza por su parte, tiene a cargo el diseño del centro de mando y control del buque pues este tendrá un componente terrestre de soporte y monitoreo, finalmente, Irlanda está interviniendo en un ámbito por demás importante, cubriendo los aspectos legislativos de poner en marcha buques con estas características (Marine Insight, 2017).

Imagen 10: Características generales del *Yara Birkeland*

DATOS GENERALES	CAPACIDADES
Eslora máxima: 79.5 m Manga: 14.8 m Profundidad bajo cubierta: 10.8 m Calado (full): 6 m Calado (lastrado): 3 m Velocidad de servicio: 6 nudos Velocidad máxima: 13 nudos	Capacidad de carga: 120 TEUs Peso muerto: 3200 mt
PROPULSIÓN	SENSORES DE PROXIMIDAD
Sistema de propulsión: eléctrico Propelas: 2 pods azimutales Thrusters: 2 túneles Paquete de baterías: 7-9 MWh	Radar Lidar (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) AIS (Automatic Identification System) Sistema de Detección Automática Cámara Cámara IR
COMUNICACIONES Y CONECTIVIDAD	
Radio de banda ancha marítima Comunicaciones de satélite GMS (Sistema Global para Comunicaciones Móviles)	

Fuente: elaboración propia con datos de <https://www.km.kongsberg.com/>

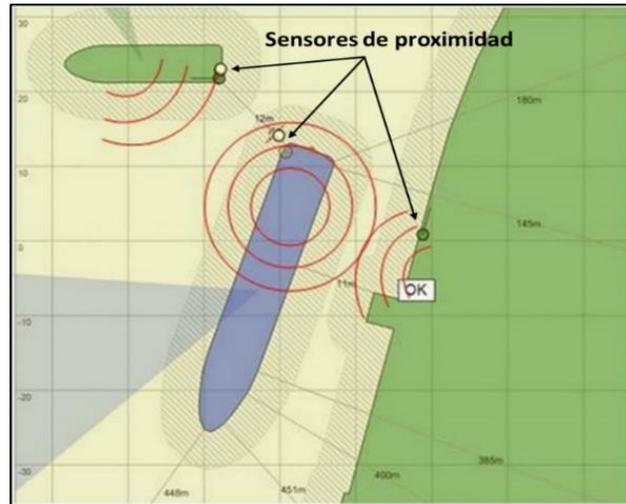
Kongsberg también comparte la misma idea de Rolls-Royce en la intención inicial del proyecto de buque autónomo dirigido a Europa, aguas protegidas y distancias cortas que requieren de una supervisión cercana y que son parte, por así decirlo, de su fase experimental. Así nació el proyecto *Hull to Hull (H2H)* patrocinado por la comunidad europea, que permitirá “establecer zonas de proximidad entre las propias naves y objetos vecinos con alta precisión” (World Maritime News, 2018).

El plan tiene como metas que en 2019 el buque será entregado, totalmente operacional, listo para iniciar su periodo de pruebas de autonomía y una vez solventado este proceso, se estima que **en 2020 sea completamente autónomo, operacional e inicie su fase comercial de forma regular**. El programa inicial



del Yara Birkeland incorpora conexiones entre los puertos de Herøya, Brevik y Larvik en Noruega en un área relativamente cercana con viajes de cabotaje y manteniendo el objetivo principal de desahogar el tráfico terrestre de contenedores.

Imagen 11: diagrama de relación del sistema H2H para atraque y proximidad de otros buques



Fuente: <https://www.sintef.no/projectweb/hull-to-hull/>

De acuerdo con el *Wall Street Journal*, el buque tendrá un costo aproximado de 25 millones de dólares (USD), que equivale más o menos a **tres veces el costo regular de un buque convencional**. Pero el exceso presentado en su costo de construcción será solventado y eventualmente absorbido, por un estimado ahorro anual de aproximadamente 90% en combustible, salarios y prestaciones para la tripulación, así como la ganancia de espacios dentro del buque al eliminar todas las comodidades que se requieren para a propia tripulación (Morris, 2017).

Imagen 12: ruta de navegación programada para el *Yara Birkeland*



Fuente: <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/>



- **El proyecto Japonés**

Japón también está haciendo lo propio en el sector de buques autónomos. Como líder en el ámbito de la tecnología era de esperarse que tuvieran interés en ellos. A principios del 2018, el Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transportación y Turismo de Japón (*Japanese Ministry of Land, Infrastructure, Transportation and Tourism*), anunció un proyecto conjunto entre la Línea Mitsui O.S.K. y la Compañía Mitsui Ingeniería y Construcción para desarrollar buques autónomos. “El consorcio está reuniendo compañías, agencias de gobierno y universidades para crear un concepto tecnológico para buques autónomos” (Walker, 2018) y tiene como fecha de lanzamiento el 2025.

Todos los interesados por desarrollar y rápidamente lanzar buques autónomos están en una carrera contra el tiempo. Algunos manejan sus tiempos esperando los resultados y las modificaciones necesarias sin implicar gastos extras, es decir, aquel que sea más rápido y eficiente, y logre cumplir con las expectativas lanzando el primer buque, no necesariamente será el dueño del mercado de buques autónomos o de control remoto. Llegará el momento en que este escenario también sea compartido por varios competidores, eventualmente será la demanda de tráfico marítimo y los costos los que den la última palabra, al igual que con los buques convencionales.

## **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS BUQUES AUTÓNOMOS**

La promoción de los buques autónomos en los últimos años ha estado sustentada mayormente en sus ventajas, las mejoras que se pueden obtener y los beneficios que traerán consigo y esto tiene todo el sentido, de lo contrario ¿cuál sería la razón para promover algo que no tiene beneficios? La mayoría de estos argumentos han sido expuestos reiteradamente y dentro del ambiente marítimo comercial son identificados de forma general. Estas ventajas se centran en tres rubros:

1. **Sustentabilidad económica** enfocada a mantener bajos los costos operacionales, especialmente los relacionados con la tripulación y el consumo de combustible, para facilitar un comercio internacional eficiente.
2. **Sustentabilidad ecológica** al promover nuevas e innovadoras formas para reducir el consumo general de combustibles fósiles.
3. **Sustentabilidad social** incrementando la seguridad al mudar tareas operativas triviales que implican fatiga de la tripulación hasta la automatización a bordo y la habilitación de puestos de trabajo de base en tierra y de monitoreo amigables para la convivencia familiar del personal.



Como es de esperarse, el enfoque está dirigido a cuestiones económicas, ecológicas y, en teoría, con un énfasis muy especial en el beneficio del trabajador, el marino a bordo del buque. Los tres conceptos tienen una relación íntimamente cercana e inmediata.

La **sustentabilidad económica** como se promueve tiene dos aristas, el ahorro o eliminación definitiva del consumo de combustibles fósiles y la eliminación total de salarios y prestaciones para trabajadores del mar, las tripulaciones. Y resulta que estas dos opciones son las siguientes en la lista de las ventajas, es decir, la **sustentabilidad ecológica**, que está directamente relacionada con el consumo de combustible y la eliminación de emisiones, para finalmente, caer en la **sustentabilidad social** relacionada con la optimización de las condiciones de trabajo en beneficio del propio trabajador.

Este último aspecto es el que ha causado mayor polémica debido a que no está claro cuáles son ni como se aplicarán los proyectos para **mejorar las condiciones sociales y de trabajo de los marinos** y en su lugar se habla extensamente de la posible pérdida de trabajos o afectaciones que tendrán los miles de tripulantes y capitanes que actualmente laboran a bordo ante esta revolución tecnológica.

Por ejemplo, David Appleton, profesional y oficial técnico en el Sindicato Nautilus<sup>10</sup> de Inglaterra, manifiesta que en el ámbito laboral es posible que “la tecnología usada efectivamente para reducir la carga de trabajo y fatiga y mejorar las condiciones a bordo —incluyendo conectividad con la familia y amigos— [bien puede contribuir] a observar un incremento de jóvenes interesados en una carrera en el mar” (TRINA, 2018). Y complementa su argumento diciendo que “siempre habrá un requerimiento para interacción humana en alguna etapa” (TRINA, 2018).

Appleton hace una comparación con las condiciones tecnológicas que se han adquirido en el ámbito aeronáutico al decir que “si se observa la aviación, se reconoce que el incremento de sistemas automáticos ha llevado a una pérdida de habilidades en los pilotos” (TRINA, 2018), agrega que:

Estos problemas salen a la luz cuando hay una emergencia de algún tipo y se requiere de una acción decisiva para recuperar la situación. Esto será también un riesgo para el sector marítimo si el rol de los oficiales expertos es reducido a observadores pasivos (TRINA, 2018).

Es decir, también se tienen fuertes argumentos que fortalecen la idea de que la **intervención humana seguirá siendo necesaria a bordo** y que, por consiguiente, los niveles de profesionalismo y habilidades del personal seguirán siendo un requisito indispensable tal como actualmente sucede con las tripulaciones, cuya experiencia será vital para solventar situaciones que el propio sistema autónomo no pueda resolver y esto aplica plenamente aunque sean tripulaciones reducidas. Por ejemplo, ante la posibilidad de un corto circuito

---

<sup>10</sup> Nautilus International es una organización sindical y profesional internacional, influyente e independiente, comprometida con la prestación de servicios de alta calidad y rentables para los miembros, y asistencia social para la gente de mar necesaria, sus dependientes y otros profesionales marítimos. Fuente: <https://www.nautilusint.org/en/>



masivo que inhabilite todo el sistema de autonomía del buque ¿cuáles son las probabilidades de que una tripulación de 10 elementos sufra simultáneamente un paro cardíaco? Lo imprevisible suele ser muchas veces lo menos visto.

Si bien es cierto que la aplicación de sistemas robóticos programados son elementos esenciales en la producción y manufactura de múltiples áreas industriales como la automotriz, también es cierto que el traspaso de este modelo, diseñado para un ámbito controlado, puede no ser el adecuado para un ambiente marítimo abierto.

Imagen 13: Centro de control remoto de Rolls-Royce



Fuente: <https://www.techemergence.com/autonomous-ships-timeline/>

En opinión del Capitán George Quick, Vicepresidente del Grupo de Miembros de Pilotos de la Organización Internacional de Capitanes, Oficiales y Pilotos (*International Organization of Masters, Mates & Pilots, MM&P*) “dada la naturaleza única de la industria marítima y su crecimiento exponencial en la aplicación de tecnología, cualquier intento por predecir la extensión y consecuencias de la automatización es, en el mejor de los casos, especulativa” y agrega que “cualquier cambio vendrá en etapas y cada etapa requerirá evaluación” (Quick, 2016).

Por otro lado, el argumento de ahorrar costos mediante la eliminación de tripulaciones se estima que el costo por tripulación de buque es de aproximadamente el 6% del total de gastos por buque; el costo capital es de aproximadamente un 42%, y el costo por viaje, incluyendo alojamientos es de alrededor del 40% esto indica que “el transporte marítimo es de carácter intensivo en capital en lugar de intensivo en trabajo” (Quick, 2016).

La hipótesis de eliminar el **error humano** rompe su sustento cuando se compara con los riesgos de falla electrónica de los sistemas.



Ahora bien, aunado a lo anterior obsérvese un escenario en un futuro de mediano o largo plazo en el que se han resuelto todos los aspectos relacionados con la navegación segura de buques autónomos, donde se han incluido múltiples sistemas de soporte para resolver inconvenientes durante la travesía, se presentan dos preguntas. ¿Cómo se enfrenta una situación de abordaje por robo en altamar, llámese piratería? o ¿Qué garantía se presenta ante ataques cibernéticos o terroristas? En realidad, las primeras dos circunstancias están enfocadas a la obtención de una ganancia económica mediante el robo de mercancías, en cambio, el ataque terrorista tiene otro tinte dirigido a la destrucción y al daño de la unidad que, aunque también implica una seria pérdida económica, se aparta del propósito inicial de los delincuentes para robar mercancías.

En la situación de piratería, no se objeta que el buque contará con sistemas de detección para alerta temprana de la proximidad de lanchas u objetos que representan una amenaza de colisión y en consecuencia hará maniobras para evitarlo, pero en el sentido estricto, **el buque es altamente, si no totalmente, vulnerable** a una acción de este tipo. En este sentido, se especulan varios probables escenarios pero dos de ellos resaltan; uno dice que la ausencia de tripulaciones en los buques será un **factor disuasivo para los ataques piratas** ya que no habrá posibilidad de negociar rescate por rehenes. Este argumento puede ser rebatible pues, en el caso explico, a quien le interesa negociar por rehenes cuando se tiene un buque completamente cargado de mercancía con grandes beneficios económicos en el mercado negro.

La segunda propuesta es que en lugar de inhibir la actividad de piratería, puede ser un fuerte motivante pues no se encontrará resistencia alguna a bordo del buque y el resultado es el mismo, el robo de la carga. Ambas condiciones no han sido discutidas con plenitud, pero deben estar en la agenda de los proyectistas.

La segunda condición, la **vulnerabilidad cibernética**, también está en la mesa. Por ejemplo, asúmase que los sistemas de un buque han sido *hackeados* y ahora su total control está en manos desconocidas, situación que implica la posibilidad de cambiar su rumbo, apagar o bloquear sistemas y modificar velocidades a placer. Ante la idea de que el buque no tendrá opción de atraque en el mundo, hay que pensar que el robo de la mercancía puede ser hecho en altamar sin necesidad de llevar el buque a puerto y, por otro lado, un buque en estas condiciones **se convierte en una excelente herramienta de colisión** contra instalaciones portuarias para los grupos terroristas.

La situación tiene fuertes razones para ser preocupante. Recuérdese el evento de 2017 donde la empresa naviera Maersk fue víctima del ataque cibernético conocido como *Petya* que inicialmente afectó las operaciones portuarias en gran parte de sus terminales alrededor del mundo y posteriormente se esparció en todos sus sistemas. Los resultados de este ataque fueron retrasos que duraron semanas y una pérdida estimada entre 250 y 300 millones de dólares (Alianz, 2018).



Esta forma de ciber-piratería es probablemente **la mayor preocupación** de los promotores del buque autónomo dado que la aplicación de las constantemente innovadoras tecnologías no tiene un uso exclusivamente honesto, igual son empleadas para actos criminales por estructuras cada vez más sofisticadas y mejor organizadas, y su influencia puede golpear en cualquier punto de la cadena logística. La industria del buque autónomo está “particularmente preocupada en este contexto” (Grey, 2017) y esto tiene mucho significado si se argumenta que si “la ausencia de tripulación elimina los riesgos asociados con ataques de piratería tradicionales, [entonces] los buques con cargas valiosas, pueden ser blanco de ataques ciber-piratas” (Grey, 2017).

Además de las pérdidas accidentales por cualquier circunstancia que cada año se enfrentan en el comercio marítimo, el robo de cargamento en altamar puede tener un repunte significativo ante la ausencia total de tripulantes. El tema se ha convertido en uno de los mayores problemas de los empresarios navieros y de las compañías aseguradoras.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Seguridad de la Carga de EE. UU. (*US National Cargo Security Council*), los costos estimados por pérdida de mercancías en este tipo de acciones, tanto en altamar como en puerto, se calculan en unos 50 billones de dólares anualmente y el escenario es vasto, desde contenedores mal etiquetados que no llegan a sus destinos hasta actos criminales dentro y fuera de los puertos. El robo de mercancías tiene un especial atractivo ante los enormes volúmenes que se manejan, algunas con un alto valor en el mercado negro<sup>11</sup>. En definitiva, la aplicación de sistemas autónomos en buques presenta este reto importante, el nivel de **vulnerabilidad a los ataques cibernéticos**.

Pero no todo está perdido y como todo problema que se presenta, también existen propuestas de solución. Una de estas se basa en el uso de tecnologías de seguimiento de cargas bajo el esquema de tecnología de *blockchain* que ha ganado popularidad alrededor del mundo por su “habilidad para registrar y mantener seguimiento [tracking] de transacciones que utilizan [inicialmente] el *bitcoin* como pago” (Grey, 2017) en esta aplicación patrocinada por Maersk e IBM se pretende “digitalizar, manejar y seguir [las] transacciones de carga” (Grey, 2017).

Esto es un complemento muy acertado que permitirá “manejar y seguir el papeleo de decenas de millones de contenedores por todo el mundo digitalizando el proceso de la cadena de abastecimientos y dando transparencia y un intercambio altamente seguro entre los comerciantes” (Grey, 2017).

---

<sup>11</sup> El último censo del Consejo Mundial de Transporte (*World Shipping Council, WSC*) estima que en 2016 la industria del transporte marítimo movilizó aproximadamente 130 millones de contenedores cargados con un valor estimado de más de 4 trillones de dólares. Fuente: <https://www.ship-technology.com/features/featurecargo-theft-a-billion-dollar-problem-5882653/>.



Con lo anterior y en concordancia con la Organización *Unmanned Cargo*, se pueden identificar tres condiciones que presentan polémica en el manejo de buques autónomos:

- **Reducción de empleos marinos.** El recorte de trabajos afectará directamente a unos 610 mil oficiales en la fuerza de trabajo actual.
- **Riesgos de seguridad desconocidos.** Las maquinas actuales son incapaces de replicar al elemento humano (ej. Experiencia y reacción) de los profesionales del mar.
- **Vulnerabilidad a hackeos cibernéticos.** (Ric, 2014).

Aunque la idea inicial en el uso de buques autónomos o semi-automatizados está dirigido a rutas de corta distancia que presentan ventajas geográficas muy específicas por la misma cercanía y que permite tener niveles de control y respuesta inmediata a emergencias, la idea final del buque autónomo para el **2030 está encaminada a lanzarlos al mar abierto en travesías de largo alcance, transoceánicas.** Este escenario es el que presentará los retos mayores para la seguridad del buque y su carga y que aún está pendiente por resolverse.

Las grandes empresas empeñadas en el desarrollo de buques autónomos, sabedoras que de forma individual será muy difícil lograr sus metas, han formado equipos de expertos e investigación tecnológica únicos en su clase. El trabajo de equipo y el intercambio de experiencias será un elemento clave para alcanzar los objetivos que se han propuesto.

## CONCLUSIONES

Tal como se plantea el escenario, la aplicación del término **autónomo** para buques en esta nueva era 4.0 es aún **incierto y no está claramente definido.** El nivel de libertad con que se manejarán estos buques también sigue siendo una cuestión sin precisar, que incluye el establecimiento de condiciones muy específicas bajo un esquema que se aproxima a la inteligencia artificial. Es un área que se mantiene en estudio, investigación y permanente desarrollo y, aunque se tienen metas definidas, es prematuro vaticinar sus alcances.

La presencia de buques con capacidades semi-autónomas es prácticamente un hecho, aunque en el universo de la discusión científica y moral sobre cómo serán controlados aún existen multitud de aristas. Hay una fuerte tendencia a **otorgarles total autonomía** en sus operaciones y otras que prefieren el **concepto de control remoto o monitoreo constante.** La rapidez y el nivel de autonomía con que evolucionen, mejoren sus capacidades y se sitúen en el mercado internacional estarán en función de los avances tecnológicos y el tiempo.

Los beneficios que se presume traerán consigo y la eventual progresión de estos en el mediano y largo plazo no han sido suficientes para eliminar una serie de controversias, principalmente las que competen al aspecto



de la **seguridad marítima, seguridad de la carga y la ausencia del factor humano a bordo**, los tres temas siguen siendo los más discutidos y existen dudas de cómo serán ejecutados

Para los desarrolladores y constructores de buques autónomos, los avances tecnológicos que se obtengan en el mediano y largo plazo serán la **respuesta en lo relacionado con la seguridad**. Es indiscutible que esta será la herramienta para alcanzar los niveles requeridos para la operación correcta del buque durante su navegación y que serán complementados con equipos de monitoreo remoto que permitan reaccionar ante probables eventualidades.

La elevada, por no decir completa, dependencia en el equipamiento tecnológico de los buques **obliga a que este instrumento sea prácticamente infalible**, las opiniones para definir en qué momento se llegará al punto en que la tecnología se vuelva invulnerable están divididas y en muchos casos suenan optimistas pero aún es difícil predecirlo, el ritmo con que se desarrolla y avanza la tecnología es extremadamente cambiante y tiende a ser cada vez más rápido.

En cuanto a la ausencia de tripulaciones a bordo de los buques, para los dueños esto no solo implica un sustantivo ahorro por la eliminación de salarios y prestaciones patronales para los dueños, también se incluye un rediseño de la infraestructura interior del buque para eliminar alojamientos, baños, servicios de alimentación, entre otros que muy probablemente se convertirán en espacios funcionales para propósitos de carga. En cambio, desde el punto de vista del trabajador marino, la aparición de buques autónomos **representa una seria amenaza a la estabilidad de sus empleos** y a pesar de toda las ventajas e implementaciones tecnológicas que tengan, existe una fuerte percepción que la **presencia humana a bordo seguirá siendo un insumo indispensable** en el manejo de estos buques.

Por otro lado, el **argumento más fuerte y motivo principal de todo este desarrollo**, se sostiene en la **eliminación de emisiones contaminantes**, el aspecto ecológico, que ha sido el motor de estos proyectos y al respecto no hay discusiones en contra. Todas las grandes empresas navieras promotoras del buque autónomo están inclinadas hacia esta tendencia, sustentados en el convenio MARPOL de la OMI. Y se puede decir que es una visión de gran magnanimidad en favor de las acciones contra el cambio climático.

El futuro del comercio marítimo está llegando a una nueva encrucijada de su evolución, desde la revolución industrial no se había presentado un cambio tan radical en el futuro de los buques. El salto de los buques de combustión interna a los de propulsión eléctrica, es una **consecuencia de múltiples factores** que involucran tanto al elemento humano, como operador de buques, como el calentamiento global, en lo que puede interpretarse como un esfuerzo, para muchos fútil, por contrarrestar los efectos del mismo o por aliviar la culpa de las consecuencias futuras.



En esta cerrada competencia, pocas empresas como Kongsberg y Rolls-Royce cuentan con el recurso tecnológico y la estructura financiera para embarcarse en un proyecto que eventualmente modificará el esquema actual del transporte marítimo con una clara tendencia de **sustituir buques de combustión interna por autónomos eléctricos**.

Finalmente, ante esta disyuntiva cabe preguntarse ¿cómo se ve el futuro destino de los pequeños armadores? ¿Cuál es el devenir de los buques de menores capacidades? Aquellos que son dueños de flotas menores cuya supervivencia en el tráfico marítimo ante las grandes navieras es un desafío diario. Recuérdese que el pilar fundamental de este cambio es la eliminación progresiva de emisiones de CO<sub>2</sub>, si es así, ¿qué va a suceder con los actuales buques portacontenedores de más de 20 mil TEUs conocidos también como triple E?, como el OOCL Hong Kong de reciente construcción, acaso ¿serán modificados al nuevo esquema eléctrico?

El futuro del transporte marítimo se presenta como un tema extremadamente interesante al saber que tiene muchos años por delante pues el buque seguirá siendo el medio de transporte más económico y eficiente, y la demanda de mercancías no dejará de existir. La globalización seguirá siendo la línea a seguir, potencializada por el intercambio comercial a través del mar independientemente de las ideologías políticas de los países, solo a través de este sistema es que se puede tener acceso a los bienes del mundo, pues bien es sabido que ningún país es autosuficiente para cubrir sus necesidades.

Contra todo lo que se pueda argumentar, el futuro del comercio marítimo se dirige a campos altamente sofisticados, la invasión tecnológica es inevitable y continuará creciendo. En un futuro no muy lejano los sistemas de control de un buque e inclusive otros vehículos de transporte serán completamente automatizados. Queda en el aire el caso particular de los buques por la ausencia de tripulaciones, que seguirá siendo un fuerte detractor del concepto de autonomía total en un mundo donde el 70% es agua.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alianz. (25 de junio de 2018). The threats and opportunities of autonomous ships. Recuperado el 29 de julio de 2018, de Insight Commercial: <https://www.allianzbroker.co.uk/news-and-insight/news/the-threats-and-opportunities-of-autonomous-ships.html>
- Anderson, J. M., Kalra, N., & Otros. (2016). Autonomous Vehicle Technology. Santa Monica, California, Estados Unidos de America: RAND Corporation.
- Classic and Vintage RC Cars. (2018). HISTORY OF RADIO CONTROLLED CARS. Obtenido de [http://www.classic.rc-junkies.net/?page\\_id=637](http://www.classic.rc-junkies.net/?page_id=637)
- Gartner. (2018). Gartner IT Glossary. Recuperado el 19 de julio de 2018, de Autonomous Vehicles: <https://www.gartner.com/it-glossary/autonomous-vehicles/>
- Grey, E. (30 de julio de 2017). Cargo theft: a billion-dollar problem. Recuperado el 24 de julio de 2018, de Ship Technology: <https://www.ship-technology.com/features/featurecargo-theft-a-billion-dollar-problem-5882653/>
- Howell, E. (24 de junio de 2014). Apollo 11's Vintage Tech: The Most Amazing Moon Landing Innovations. Recuperado el 17 de julio de 2018, de Space.com: <https://www.space.com/26630-apollo-11-vintage-tech-innovations.html>
- IWM Staff. (30 de enero de 2018). A BRIEF HISTORY OF DRONES. Obtenido de IWM: <https://www.iwm.org.uk/history/a-brief-history-of-drones>
- Kingsland, P. (5 de marzo de 2018). Is it time to talk about regulating autonomous ships? Recuperado el 19 de julio de 2018, de Ship Technology: <https://www.ship-technology.com/features/time-talk-regulating-autonomous-ships/>
- Kongberg. (2018). Autonomous ship project, key facts about YARA Birkeland. Recuperado el 24 de junio de 2018, de Kongsberg: <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/4B8113B707A50A4FC125811D00407045?OpenDocument>
- Lafrance, A. (29 de junio de 2016). Your Grandmother's Driverless Car. Recuperado el 17 de julio de 2018, de The Atlantic: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2016/06/beep-beep/489029/>
- Marine Insight. (17 de junio de 2017). Ships Without Skippers : Researchers Believe Unmanned Vessels Are The Future. Recuperado el 20 de julio de 2018, de <https://www.marineinsight.com/future-shipping/ships-without-skippers-researchers-believe-unmanned-ships-are-the-future/>
- Morris, D. Z. (22 de julio de 2017). Fortune. Recuperado el 26 de julio de 2018, de <http://fortune.com/2017/07/22/first-autonomous-ship-yara-birkeland/>
- Mundo Historia. (21 de octubre de 2010). Mundo Historia. Obtenido de Argus As 292: [http://www.mundohistoria.org/temas\\_foro/segunda-guerra-mundial-armamento-general/argus-292](http://www.mundohistoria.org/temas_foro/segunda-guerra-mundial-armamento-general/argus-292)
- MUNIN. (2018). Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks. Recuperado el 20 de julio de 2018, de The Autonomous Ship: <http://www.unmanned-ship.org/munin/about/the-autonomous-ship/>
- RAE. (2018). Real Academia Española. Recuperado el 19 de julio de 2018, de Definiciones: <http://dle.rae.es/?id=4TVTwDp>
- Red Orbit. (26 de mayo de 2014). The History Of Drone Technology. Obtenido de Red Orbit: <https://www.redorbit.com/reference/the-history-of-drone-technology/>



- Ric. (9 de octubre de 2014). Unmanned Cargo Ships: Pros, Cons and Next Steps. Recuperado el 24 de julio de 2018, de Unmanned Cargo: <http://unmannedcargo.org/next-generation-unmanned-short-sea-cargo-ship/>
- SINTEF. (2018). Using EGNOS and Galileo to support Autonomous Maritime Operations. Recuperado el 23 de junio de 2018, de Hull to Hull: <https://www.sintef.no/projectweb/hull-to-hull/>
- The Royal Institution of Naval Architects. (enero-febrero de 2018). Ship & Boat International. Recuperado el 25 de julio de 2018, de <https://www.rina.org.uk/unionview.html>
- Turi, J. (19 de enero de 2014). Tesla's toy boat: A drone before its time. Obtenido de Engadget: <https://www.engadget.com/2014/01/19/nikola-teslas-remote-control-boat/>
- Walker, J. (18 de mayo de 2018). Autonomous Ships Timeline – Comparing Rolls-Royce, Kongsberg, Yara and More. Recuperado el 27 de julio de 2018, de Techemergence: <https://www.techemergence.com/autonomous-ships-timeline/>
- Walker, J. (29 de mayo de 2018). The Self-Driving Car Timeline – Predictions from the Top 11 Global Automakers. Obtenido de Techemergence: <https://www.techemergence.com/self-driving-car-timeline-themselves-top-11-automakers/>
- Whittle, R. (abril de 2013). The Man Who Invented the Predator. Recuperado el 18 de julio de 2018, de AIR & SPACE MAGAZINE: <https://www.airspacemag.com/flight-today/the-man-who-invented-the-predator-3970502/>
- World Maritime News. (20 de junio de 2018). EU-Funded Project to Enable Autonomous Navigation in Close Proximity Is Advancing. Recuperado el 24 de julio de 2018, de World Maritime News: <https://worldmaritimeneeds.com/archives/253961/eu-funded-project-to-enable-autonomous-navigation-in-close-proximity-is-advancing/>