

## LA ROBÓTICA EN LOS SISTEMAS NAVALES, ACTUALIDAD Y DESAFÍOS

Peter Roberts Olcay\*

### Resumen

*El presente artículo tiene como objetivo presentar el estado del arte en materia de implementación de sistemas robóticos en unidades navales, haciendo una revisión de las principales tendencias junto con presentar los desafíos actuales y proyecciones a futuro.*

**Palabras clave:** Robots marinos, inteligencia artificial, vehículos autónomos.

“Avante la máquina”; “Avante la máquina... máquina avante”; “Estribor 5 grados de caña”; “Estribor 5 grados de caña...5 grados de caña a estribor.”

Interacciones como estas son habituales en los puentes de mando de unidades navales y son las que permiten una navegación segura, a través del control de la dirección y propulsión del buque. Hasta hoy.

Durante el verano de este año 2018, se desarrollaron las pruebas operacionales en la mar del USS *Sea Hunter*, una unidad desarrollada para la Armada de Estados Unidos por *Bluefin robotics* en conjunto con TNO y *Diginext*, donde las voces de mando como las indicadas anteriormente, no son necesarias.

El *Sea Hunter* es un trimarán completamente autónomo de 40 m de eslora, un desplazamiento de 135 t, una velocidad máxima de 27 nudos y una autonomía de 70 días. Esta unidad es controlada completamente a través de inteligencia artificial,

siendo capaz de zarpar, navegar y recalcar a puerto sin la necesidad de control humano. Su principal rol es antisubmarino y está programada para planificar y ejecutar las acciones necesarias para cumplir con su tarea.

Recientemente fue traspasado a la oficina investigación de la Armada de Estados Unidos, donde se continuará su desarrollo y se estudiará la ampliación de sus roles. [1] Este hecho marca un hito importante para la integración de sistemas robóticos en tareas propias de la guerra en el mar que, hasta hoy, eran desarrolladas exclusivamente por seres humanos.

Si bien el empleo de sistemas autónomos y robóticos en el ámbito naval no es nuevo, no es hasta el inicio de este siglo, donde la investigación en vehículos autónomos e inteligencia artificial ha permitido que el desarrollo de unidades robóticas, tanto de superficie como submarinas, no parezca ciencia ficción sino una realidad.

\* Magíster en desarrollo de sistemas robóticos en *Carnegie Mellon University*. Profesor de la facultad de ingeniería y ciencias de la Universidad Adolfo Ibáñez. (scubapeter@gmail.com).

## El desarrollo de vehículos autónomos

Durante los últimos años, el desarrollo de vehículos autónomos ha vivido un auge de la mano de los vehículos aéreos no tripulados (UAV, del inglés *Unmanned Aerial Vehicle* o drones), utilizados en múltiples tareas, desde su utilización como blanco en páticas de tiro o como relay de comunicaciones [2], hasta el transporte y despacho de carga [3]. También los vehículos terrestres (UGV, *Unmanned Ground Vehicles*) han evolucionado desde su uso para fines militares [4], hasta llegar hoy en día a poder transportar pasajeros dentro de un entorno urbano de manera segura [5]. Sin embargo, el desarrollo de vehículos marinos autónomos no ha tenido el mismo ímpetu, quedando relegado a un segundo plano al momento de comparar los avances en esta área con el de sus contrapartes aérea y terrestre. Esto se debe principalmente a las características propias del medio acuático, en condiciones submarinas las ventanas de comunicaciones son limitadas y el ancho de banda disponible está restringido, mientras que para unidades de superficie, éstas se desenvuelven en un ambiente altamente dinámico y deben interactuar con naves tripuladas.

No obstante, este último tiempo han habido avances importantes en este ámbito, que permiten pronosticar un desarrollo sustancial en la implementación de sistemas robóticos en el ámbito naval.

Una de las áreas donde ha existido mayor inversión privada en los últimos años, es en los vehículos submarinos, tanto autónomos (AUV, *Autonomous Underwater Vehicle*) como teleoperados (ROV, *Remotely Operated Vehicle*). Lo anterior se puede ver en la figura 1, que muestra el aumento del tamaño del mercado en Estados Unidos (principal usuario y desarrollador de este tipo de sistemas) para estas unidades, junto con hacer una proyección hasta el 2025 [6].

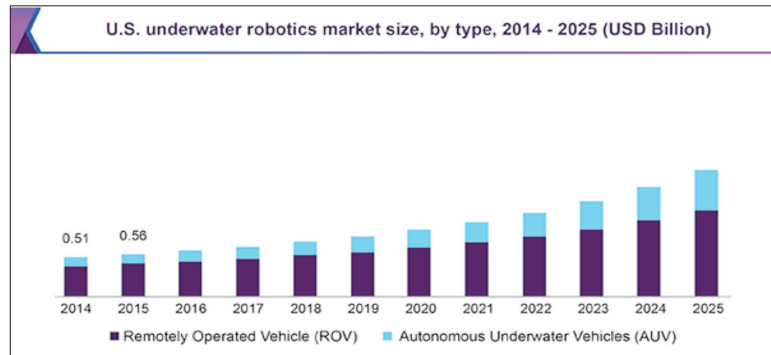


Figura 1: Evolución del mercado de robots submarinos en EE. UU. desde el año 2014, proyectado hasta el 2025.

El desarrollo de este tipo de unidades se encuentra principalmente ligado a la investigación científica, donde el empleo de unidades autónomas ha permitido la recolección de datos de zonas a las que era impensado llegar con vehículos tripulados o teleoperados [7] y realizar tareas de inspección submarina a altas profundidades y por prolongados periodos de tiempo.

Desde el punto de vista naval, el empleo de AUV lleva décadas de desarrollo, pero recién en los últimos años éstos han alcanzado una madurez que les permite operar de manera segura en los diferentes escenarios y cumpliendo adecuadamente las tareas encomendadas. Los principales roles que cumplen este tipo de robots son en la guerra antisubmarina, como contramedidas para minas submarinas, donde son capaces de encontrar, identificar, clasificar y localizar las diferentes amenazas detectadas [8,9]. También en labores de vigilancia de zonas estratégicas, donde la capacidad de mantenerse por prolongados periodos de tiempo en una zona determinada, combinado con algoritmos que permitan identificar amenazas y tomar acciones contra éstas, hace que el empleo de AUV simplifique las labores de vigilancia, siendo necesaria solamente una estación de monitoreo en tierra con la cual los AUV se comunican en forma periódica, o al encontrar anomalías. La figura 2 presenta el HUGIN, desarrollado en conjunto por *Kongsberg Maritime* y el *Norwegian Defense Research Establishment*.

Por otro lado, en lugar de realizar la vigilancia con un solo robot, se puede establecer una

red de robots más pequeños que en conjunto, actuando colaborativamente, forman una red inteligente [10,11] estableciendo un sistema de vigilancia robusto, estable, escalable y altamente confiable. Un sistema de este tipo, presenta amplias ventajas con respecto a la vigilancia efectuada con un solo robot, pero agrega nuevos desafíos en las áreas de procesamiento de señales, redes de comunicación submarina e información distribuida.

Otra de las tareas desarrolladas por robots submarinos, son aquellas relacionadas con búsqueda y salvamento (SAR, *Search and Rescue*). En este caso se utiliza una combinación de unidades autónomas y teleoperadas. Donde el empleo de AUV permite la búsqueda, detección e identificación de los contactos de manera completamente autónoma y luego a través del uso de ROV, se pueden realizar las tareas de salvamento o salvataje necesarias [12].



■ Figura 2: Robot submarino HUGIN.

Una de las principales innovaciones en robótica submarina hoy, es la aparición de los híbridos AUV/ROV [13,14] (ver figura 3), los cuales combinan la capacidad de realizar largas navegaciones de inspección y la alta maniobrabilidad de un AUV, con la capacidad de realizar tareas de manipulación teleoperada y transmisión de datos de alta definición de un ROV. Lo anterior presenta una amplia ventaja al momento de realizar tareas de inspección, reparación y/o salvataje.

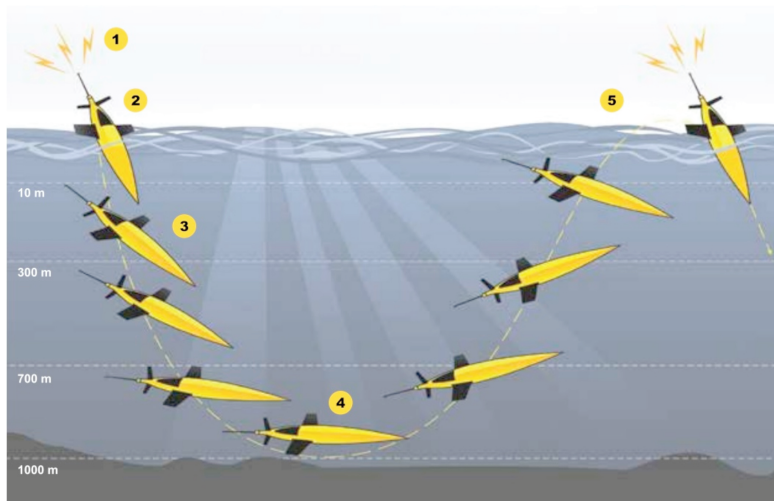


■ Figura 3: Robot híbrido AUV/ROV Aquanaut de Houston Mechatronics.

Otro tipo de robot submarino, utilizado ampliamente para la investigación científica, son los planeadores submarinos (*Seaglider*) [15] que, a diferencia de los ROV y AUV, no utilizan motores ni hélices para su propulsión. En cambio poseen un sistema de boyantez ajustable que les permite ascender y descender, logrando un movimiento oscilatorio que hace que puedan recorrer grandes distancias. Su baja resistencia hidrodinámica y gran

control del ángulo de *pitch*, les permite desplazarse en un amplio rango de pendientes con un bajo consumo energético, pudiendo mantenerse operando por prolongados periodos de tiempo. El principal rol que cumplen estos robots, es el de inspección, exploración y recolección de datos, por lo que son utilizados principalmente para estudios oceanográficos, investigación del fondo marino y para la industria del petróleo y gas, en la búsqueda de nuevos yacimientos.

A pesar de que la navegación autónoma lleva décadas de desarrollo y es ampliamente utilizada en naves comerciales, el desarrollo de unidades de superficie completamente autónomas y no tripuladas (USV, *Unmanned Surface Vessels*) no han tenido los mismos avances que para unidades submarinas, sin embargo, se han llevado a cabo importantes mejoras en la automatización de naves de superficie.



■ Figura 4: Diagrama de la navegación de un planeador submarino. 1: Establece comunicaciones satelitales. 2: Se utiliza GPS para establecer la posición del robot. 3: Mientras se encuentra sumergido, el robot utiliza sensores de presión, altímetro y un compás de 3 ejes para determinar su posición. 4: El planeador desciende a profundidades de hasta 1000 m recolectando datos. 5: Al aflorar, el robot transmite en forma satelital los datos recolectados a una central y descarga nuevas instrucciones.

Tal es el caso del *SeaFly* [16] (ver figura 5), un USV de 10,25 m de eslora y 3,7 m de manga, con un desplazamiento de 4,5 t, desarrollado por *Beijing Sifang Automation* para la Armada de la República Popular China. Capaz de realizar tareas de vigilancia y reconocimiento, recolección de información de inteligencia, protección de instalaciones costeras y guerra antisubmarina, junto con permitir el depeque y aterrizaje de un dron para ampliar sus capacidades de monitoreo. Cuenta además con la capacidad de trabajar en forma colaborativa con otras unidades del mismo tipo y de esa forma, completar una flota de USV.

*China Aerospace Science and Technology Corporation* se encuentra desarrollando una unidad de combate, D3000 [16], que sea capaz de llevar a cabo tareas de guerra antisubmarina, antiaérea y de superficie, y que pueda operar tanto de manera individual, como en conjunto con unidades tripuladas.

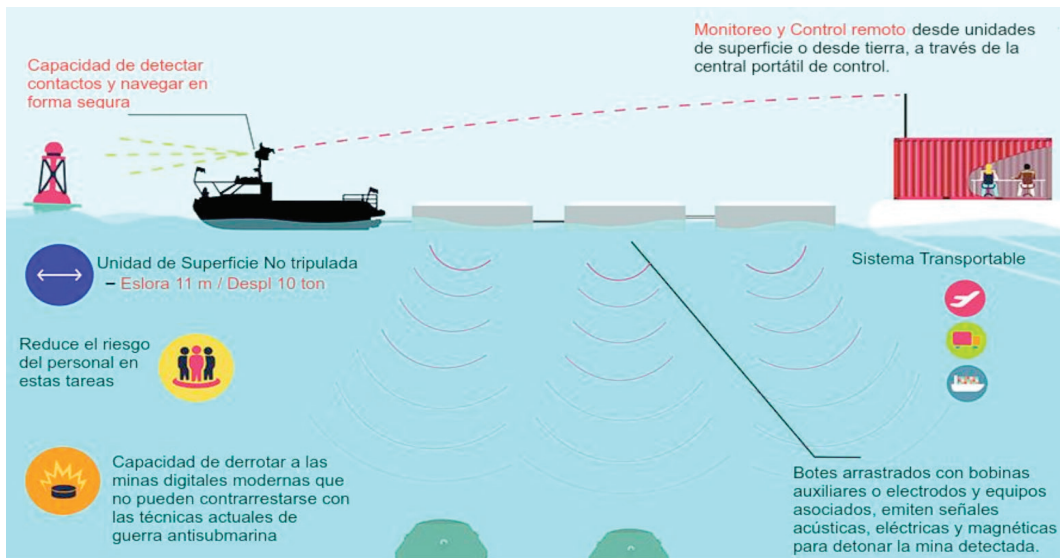


■ Figura 5: *SeaFly*.

Por su parte, el ministerio de Defensa del Reino Unido anunció las pruebas exitosas de un sistema barreminas completamente autónomo *ARCIMS (ATLAS Remote Combined Influence Minesweeping System)* [17] (ver figura 6). Este sistema fue desarrollado por *Atlas Elektronik* y es capaz de realizar la planificación, ejecución y análisis de la tarea encomendada en forma autónoma, teleoperado desde una estación de control a bordo de otro buque o en tierra, o bien a través de un sistema de control

combinado donde las funciones de control de alto nivel son llevadas a cabo por un operador y las de bajo nivel son dirigidas por algoritmos de inteligencia artificial que dirigen el funcionamiento del sistema.





■ Figura 6: Diagrama descriptivo ARCIMS.

## Próximos desafíos

Sin duda la robótica en los sistemas navales ha alcanzado un grado de madurez suficiente, que le ha permitido salir de los laboratorios y entornos de prueba protegidos para operar en forma segura y eficiente en los diferentes teatros de operaciones. A pesar de esto, se encuentran en una etapa temprana de aceptación e incorporación en el ámbito naval.

Las principales armadas del mundo están hoy impulsando la investigación en este tipo de soluciones, en busca de aumentar la eficacia de sus sistemas, reducir el riesgo para sus dotaciones y reducir los costos asociados a la operación de unidades tripuladas. Lo anterior, ha ido incrementando el nivel de inversión, tanto pública como privada, en la investigación y desarrollo de unidades robóticas de superficie y submarinas.

La implementación de las unidades robóticas en operaciones navales, presenta desafíos técnicos importantes desde el punto de vista

de la integración de sensores confiables junto con algoritmos de identificación, que hagan de la detección e identificación de contactos un proceso libre de errores.

Desde el punto de vista de las comunicaciones y transferencia de información se presentan desafíos, principalmente en las redes de robots submarinos, donde las características propias del fondo marino, hacen que la transmisión de datos sea un desafío en sí. Junto con eso, la seguridad de la información transmitida y la protección de estos sistemas ante ataques informáticos cobran una alta importancia al tratarse de sistemas de combate.

La incorporación de unidades robóticas dentro de las operaciones navales actuales, marcará un punto de inflexión en el cómo se desarrollarán éstas en un futuro no lejano. Para ello se requiere una adaptación, no sólo procedimental, sino que cultural, donde las futuras dotaciones deberán estar preparadas para trabajar en conjunto con sistemas comandados por inteligencia artificial.

\*\*\*

## BIBLIOGRAFÍA

1. Julian Turner, "Sea Hunter: inside the US Navy's autonomous submarine tracking vessel", Naval Technology, 2018.
2. John F. Keane, Stephen S. Car, "A Brief History of Early Unmanned Aircraft", Johns Hopkins APL Technical Digest, volumen 32, número 3, 2013.
3. Vinay Pandit, Arun Poojari, "A study on Amazon Prime Air for feasibility and Profitability – A Graphical Data Analysis," IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM), Volumen 16, capítulo 11, 2014.
4. Phillip J. Durst, Gabe Monroe, Cindy L. Bethel, Derek T. Anderson, Daniel W. Carruth, "A history and overview of mobility modeling for autonomous unmanned ground vehicles," Proc. SPIE 10643, Autonomous Systems: Sensors, Vehicles, Security, and the Internet of Everything, 106430G, 2018.
5. R. Hussain and S. Zeadally, "Autonomous Cars: Research Results, Issues and Future Challenges," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2018.
6. Grand View Research, "Underwater Robotics Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (ROV, AUV), By Application (Commercial Exploration, Defense & Security, Scientific Research, By Region, And Segment Forecasts, 2018-2025.", 2018.
7. A.G.C. Graham, P. Dutrieux, D.G. Vaughan, F.O. Nitsche, R. Gyllencreutz, S.L. Greenwood, R.D. Larter, A. Jenkins, "Seabed corrugations beneath an Antarctic ice shelf revealed by Autonomous Underwater Vehicle survey: origin and implications for the history of Pine Island Glacier", Journal of Geophysical Research, 118, pp. 1356-1366, 2013.
8. Roy-Edgar Hansen, "HUGIN World Class Military AUV", FFI Facts, Norwegian Defense Research Establishment, Junio 2013.
9. S. Sariel, T. Balch, N. Erdogan, "Naval mine countermeasure missions", IEEE Robotics & Automation Magazine, vol. 15, no. 1, pp. 45-52, March 2008.
10. Gabriele Ferri, Andrea Munafo, Alessandra Tesei, Kevin LePage, "A market-based task allocation framework for autonomous underwater surveillance networks", OCEANS 2017 - Aberdeen, pp. 1-10, 2017.
11. G. Ferri, A. Munafò, A. Tesei, P. Braca, F. Meyer, K. Pelekanakis, R. Petroccia, J. Alves, C. Strode, K. LePage, "Collaborative robotic networks for underwater surveillance: an overview", IET Radar Sonar & Navigation. Special Issue: Sonar multi-sensor applications and techniques (under review), 2017.
12. AJ Murphy, MJ Landamore, RW Birmingham, "The role of autonomous underwater vehicles for marine search and rescue operations", International Journal of the Society for Underwater Technology, Vol 17, N 4, pp 195-205, 2008.
13. Mike Rees, "Aquabotix Launches Hybrid AUV/ROV System", Unmanned Systems Technology, 2017.
14. Mike Rees, "New Subsea Robot transforms from AUV to ROV", Unmanned Systems Technology, 2018.
15. C.C. Eriksen, T.J. Osse, R.D. Light et al., "Seaglider: a long-range autonomous underwater vehicle for oceanographic research", IEEE J. Ocean. Eng., vol. 26, no. 4, pp. 424-436, 2001.
16. Kelvin Wong, "Sea sentinels: Chinese unmanned maritime systems gain traction", Jane's International Defense, 2018.
17. <https://www.gov.uk/government/news/royal-navy-gets-first-unmanned-minesweeping-system>