



Edita:



NIPO: 076-09-042-9

Depósito legal: M-8179-2009

Autor: Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT), Subdirección General de Tecnología y Centros (SDG TECEN) de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM). C/ Arturo Soria 289, 28033 Madrid; teléfonos: 91 395 46 31 (Dirección), 91 395 46 87 (Redacción); observatecno@oc.mde.es.

Director: CF Ing José María Riola Rodríguez. **Redacción:** Patricia López Vicente. **Consejo Editorial:** T.Col. Vicente Infante Oliveras, Cte. Aurelio Inarejos Rojo, Oscar Jiménez Mateo. **Equipo de Redacción:** Nodo Gestor: Guillermo González Muñoz de Morales, David García Dolla, Sarah Marr; Observatorio de Armas, Municiones, Balística y Protección (OT AMBP): T.Col. CIP Nicolás Braojos López, Jorge Lega de Benito; Observatorio de Electrónica (OT ELEC): C.N. Ing. Arturo Montero García, Yolanda Benzi Rabazas, Fernando Iñigo Villacorta; Observatorio de Energía y Propulsión (OT ENEP): Héctor Criado de Pastors; Observatorio de Defensa NBQ (OT NBQ): T.Col. Alfredo Fernández López, Angélica Acuña Benito; Observatorio de Materiales (OT MAT): Cte. CIESO Jesús M. Aguilar Polo, Luis Requejo Morcillo; Observatorio de Óptica, Optrónica y Nanotecnología (OT OPTR): Ing. D. Fernando Márquez de Prado Urquía; Observatorio de UAVs, Robótica y Sistemas Aéreos (OT UAVs): Ing. D. José Ramón Sala Trigueros, Jesús López Pino; Observatorio de Sistemas Terrestres y Navales (OT STN): Col. CIP Manuel Engo Nogués, Juan Manuel Acero Gómez; Observatorio de Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación (OT TICS): Ing. D. Francisco Javier López Gómez, Fernando Cases Vega.

Portada: texto extraído del artículo publicado en la sección En profundidad "Aplicación de los USVs al rastreo de minas: SIRAMICOR".

El Boletín de Observación Tecnológica en Defensa es una publicación trimestral en formato electrónico del Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica orientado a divulgar y dar a conocer iniciativas, proyectos y tecnologías de interés en el ámbito de Defensa. El Boletín está abierto a cuantos deseen dar a conocer su trabajo técnico. Los artículos publicados representan el criterio personal de los autores, sin que el Boletín de Observación Tecnológica en Defensa comparta necesariamente las tesis y conceptos expuestos.

Colaboraciones y suscripciones:

observatecno@oc.mde.es

www.mde.es/dgam/observatecnoF.htm

 **SOPT**



CONTENIDOS

- 3 **Editorial**
- 4 **Actualidad**
- 4 **Agencia Europea de Defensa (EDA)**
- 4 Nueva propuesta CapTech ESM04: TEBioDIM
- 5 2ª Convocatoria del JIP ICET
- 5 Jornada informativa: nuevo JIP Cat. B de la EDA: UMS
- 5 **Enlaces**
- 6 **Otras noticias**
- 6 La Estrategia de Tecnología e Innovación en Defensa
- 7 **Tecnologías Emergentes**
- 7 Sónar de apertura sintética: estado del arte para la observación del fondo marino
- 9 Motores en cubo de rueda
- 12 El sistema de control de embarcaciones (SCE)
- 14 **En profundidad**
- 14 Aplicación de los USVs al rastreo de minas: SIRAMICOR
- 19 **Agenda**

Innovar en defensa

Si tuviéramos que definir cuál fue el último gran cambio de la estrategia militar, nos inclinaríamos por el concepto de guerra asimétrica, característica prácticamente aplicable a todos los conflictos bélicos actuales, a la que podríamos presentar como la principal pesadilla para las grandes potencias y coaliciones internacionales en un conflicto. La gran complejidad de los conflictos actuales y la globalidad de sus consecuencias hacen necesario que la tecnología de las FAS evolucione para dotarse de los medios que les permitan hacer frente a este nuevo reto.

Si concebimos que la adquisición de tecnología está basada en criterios como la reducción de costes, de dotaciones y de riesgos, este tipo de guerra deberá recibir, aún más si cabe, toda nuestra atención y orientarse hacia una clara búsqueda de soluciones tecnológicas, con un modelo de mando y control centralizado en red, donde las fuerzas terrestres, los buques, aviones y satélites formen un entorno interactivo y dinámico.

Estas soluciones tecnológicas se obtendrán de productos industriales y desarrollos tecnológicos, caracterizados por su dualidad civil-militar, que, a través de los programas de I+D+i nacionales e internacionales de la SDGTECEN de la DGAM, eliminarán las débiles barreras que separan ambos contextos.

En el plano de cooperación internacional, una de las mejores herramientas que tiene la Agencia de Defensa Europea (EDA) para conseguir sus objetivos tecnológicos son los *Defence R&T Joint Investment Programmes* (JIP). Los dos primeros programas JIP de Categoría A, actualmente en curso, se denominan “*Force Protection*” (JIP-FP) e “*Innovative Concepts and Emerging Technologies*” (JIP-ICET). Ambos programas soportan proyectos de investigación básica, que proporcionarán capacidades militares ágiles en un mundo en constante cambio.

Otro ejemplo, es el futuro JIP de Categoría B que se lanzará previsiblemente con el nombre de “*European Uninhabited Maritime Systems*” (JIP-EUMS). En todos estos casos, se aprecia un enfoque directo hacia la protección de las fuerzas en una posible misión asimétrica.

La innovación en la industria de defensa es una actividad locomotora del sistema productivo, por ello la investigación en conceptos innovadores y de protección a la fuerza se considera una inversión clave. Este tipo de inversiones permitirá aumentar la capacidad de las FAS cubriendo las necesidades actuales y las que se presenten en el futuro.

Agencia Europea de Defensa (EDA)

Nueva propuesta CapTech ESM04: TEBioDIM

Inma Bueno, Investigación
Biotecnológica Aplicada

La protección NRBQ es uno de los objetivos clave dentro de la estrategia de I+T de la EDA para los próximos tres años, y en concreto se están centrando los esfuerzos en la protección biológica. Por este motivo se está haciendo un esfuerzo especial en la búsqueda de proyectos que permitan aumentar las capacidades de los países miembros en lo referente a la amenaza biológica. En esta línea, en la última reunión de la CapTech ESM04 (*Environment, Systems and Modelling – Human Factors and CBR Protection*), celebrada en febrero de 2009, Noruega presentó una propuesta para un posible proyecto, denominado: “*T&E Standardization for Bio DIM (Detection, Identification and Monitorization)*”, **TEBioDIM**. El objeto del proyecto es proporcionar un concepto para la estandarización de los métodos y procedimientos de prueba y de evaluación (*Test & Evaluation, T&E*) a efectuar a los equipos de detección, identificación y monitorización biológicos, asegurando de esta forma la armonización de los métodos de ensayo y de las normas de selección de los equipos, a la hora de su adquisición.

Como respuesta a esta propuesta, el pasado 25 de junio, tuvo lugar en la EDA un *workshop* con el fin de reunir a las partes interesadas y actores principales en el campo de la normalización y de la investigación en el área de detección, identificación y monitorización biológica (BIODIM). De esta forma se podrá compartir la información sobre actividades, planes actuales y áreas de interés en este campo y establecer, de forma conjunta, la hoja de ruta sobre el trabajo futuro a desarrollar para mejorar el nivel de estandarización de los procedimientos, métodos y ensayos de evaluación para los equipos BIODIM.

Las presentaciones realizadas a lo largo de la jornada tuvieron un doble objetivo. Por un lado, identificar los orga-

nismos oficiales de estandarización, tanto en el marco de la UE como de la OTAN, con los que habrá que contar para evitar duplicidades de esfuerzo en las actividades a desarrollar. Y por otro lado, determinar los aspectos técnicos a considerar y los retos a superar para cumplir los objetivos marcados para el proyecto.

Algunos de los aspectos técnicos principales, que hay que tener en cuenta de cara a identificar y valorar el grado de seguridad de un detector, son la sensibilidad, la selectividad y la complejidad en la eliminación del fondo ambiental biológico. La consideración de todos estos aspectos influye directamente en la definición de las pruebas a realizar. Los retos principales que hay que considerar para la definición del proyecto son:

- La estandarización de T&E de los equipos BIODIM bajo condiciones ambientales diferentes. Para ello, se deberán especificar las condiciones necesarias y definir los criterios para el T&E.
- La estandarización e interoperabilidad del equipamiento BIODIM a nivel europeo e internacional.

Desde el punto de vista técnico, hay que tener en cuenta el problema que suponen los interferentes en la sensibilidad y selectividad de los equipos de detección actuales y, por tanto, en la definición de los ensayos a emplear. A esto, además, hay que sumarle la necesidad de conocer con anterioridad el fondo biológico natural presente en el medioambiente. Así mismo, otro aspecto técnico fundamental en la estandarización es la selección adecuada de los simulantes de agentes biológicos de guerra, a emplear en la evaluación de los equipos de detección biológica. Esta selección conlleva un análisis y estudio detallado de cada uno de los simulantes posibles, haciendo especial énfasis en reproducir la pureza del agente, su relación con los distintos medios de cultivo, la importancia del tamaño de partícula, etc.

Por otro lado, es imprescindible disponer de las técnicas, herramientas y equipamiento adecuados y necesarios para llevar a cabo la evaluación y vali-

dación final de los equipos (túneles de viento, cámaras climáticas, etc.), siempre con el apoyo de herramientas de modelado (tanto software como hardware).

Se planteó que el trabajo lo deberá realizar un grupo de expertos capaces de desarrollar unos protocolos que permitirán efectuar todo tipo de pruebas a los equipos mediante unos estándares determinados que serían interoperables en el marco de la UE.

Como conclusión, se remarcaron las razones fundamentales para la puesta en marcha de este proyecto, entre las que se encontraban: colaborar con el proyecto de BIOEDEF¹, apoyar la política europea de seguridad y defensa y, en último caso, ayudar a los programas de adquisiciones y, por tanto, a la elección de equipamiento por el usuario final.



Fig. 1. Cámara de evaluación de detectores de bioaerosoles de Dycor Technologies.

¹ Más información en el Boletín nº 23.

2ª Convocatoria del JIP ICET

Patricia López Vicente, NG y
Comité de Gestión JIP ICET

La 2ª convocatoria del JIP ICET, *Sens & Detect*, se centra en los siguientes 4 objetivos de I+T:

- *Remote Detection of Hidden Items,*
- *Nanostructures Electro-optical and Other,*
- *Radar Technologies / Processing,*
- *Radar Technologies / Components.*

Más el objetivo de I+T B1 *Nanotechnologies*, pospuesto desde la 1ª convocatoria a la 2ª.

Tras la conclusión del periodo de registro en la presente convocatoria, finalizado el pasado 10 de junio de 2009, las entidades se encuentran en proceso de formar consorcios y definir las propuestas. El plazo para la presentación de propuestas finaliza el próximo **16 de octubre de 2009**.

Todas aquellas entidades no registradas, pero que vayan a participar en algún consorcio deben registrarse como *late comers* a través de los representantes nacionales en el Comité de Gestión de este programa.

Puede solicitar la presentación realizada en esta sesión a plopvic@oc.mde.es.



Jornada informativa: nuevo JIP Cat. B de la EDA: UMS

CF José María Riola Rodríguez y
José Agrelo Llaverol

El pasado 3 de septiembre de 2009, tuvo lugar en la Subdirección de Tecnología y Centros de la DGAM una jornada informativa para la industria sobre el nuevo programa que está preparando la EDA: el UMS (*Unmanned Maritime System*).

El CDP (*Capability Development Plan*) de la EDA definió 12 líneas de acción prioritarias en capacidades, y a su vez, la estrategia EDRT de la EDA definió una lista de 22 áreas tecnológicas prioritarias. Por medio de workshops conjuntos, expertos en capacidades y en I+T hicieron un ejercicio para correlacionar las áreas del CDP con las áreas de la estrategia EDRT, con el objetivo de detallar tecnologías clave en las cuales invertir por medio de proyectos de I+T. Un primer resultado fue la identificación de las 4 áreas de capacidades para la activación urgente de proyectos en colaboración: CBRN, C-MANPADS, C-IEDs y MMCM (*Maritime Mine Counter Measures*).

A lo largo de este año 2009 se han realizado actividades en dos ámbitos distintos. En el ámbito de capacidades se estableció un grupo de trabajo en

MMCM, que se encarga de la redacción del documento de requisitos militares en este tema. En el ámbito de I+T la EDA y las naciones interesadas están tratando de poner en marcha la parte tecnológica conectada con el MMCM y ampliándose en actividades relativas a sistemas marítimos no tripulados.

Para la definición del mecanismo de gestión del programa y de sus contenidos tecnológicos, se celebraron varios *workshops* durante este año, contándose con expertos gubernamentales y de la industria de la que surgió la posibilidad de gestionar este programa UMS como JIP Cat. B por primera vez en la Agencia. La última semana de septiembre tuvo lugar el 3er *ESM1 R&T workshop* en la EDA para la presentación de propuestas por parte de los gobiernos, industria, etc., tras lo cual se constituirán grupos con los participantes interesados con la misión de refinar los contenidos de los proyectos seleccionados, para lo que se cuenta hasta mediados de 2010.

En noviembre de 2010 está previsto que se firme el acuerdo de colaboración entre las naciones y posterior arranque del programa, dando lugar a sucesivos contratos con las industrias adjudicatarias de los diferentes proyectos que surjan de este marco.

Para más información, contactar con: eda-consultas@oc.mde.es

enlaces de interés

ETID

Página Web de la Estrategia de Tecnología e Innovación para Defensa, mencionada en el artículo de la página 6 de este número.

El objetivo de esta Web es promover el debate y el intercambio de ideas entre todos los agentes involucrados en la ETID, tomando como punto de partida los trabajos realizados en la SDG TECEN. Para facilitar los debates sobre la estrategia, se han habilitado en la Web ETID varios **foros de opinión**, uno por cada AAF. Por último, se han incluido una serie de **cuestionarios** que permitirán conocer en detalle los puntos de vista de todos los agentes involucrados en la estrategia. El acceso a la Web será posible a partir del 15 de octubre de 2009.

www.etid.es



Otras noticias

La Estrategia de Tecnología e Innovación para Defensa

Fernando Iñigo Villacorta, OT ELEC y Grupo de Trabajo ETID (SDG TECEN)

La I+D y el Planeamiento de Defensa

El nuevo sistema de Planeamiento de Defensa basado en Capacidades (Orden Ministerial 37/2005) nace con el fin de responder a las exigencias de los escenarios operativos futuros, caracterizados por entornos complejos y en los que hay que desarrollar un amplio espectro de operaciones que van desde la ayuda humanitaria hasta acciones de combate urbano. En todos ellos aparecen nuevos y muy diversos tipos de retos y amenazas. Derivados directamente del Proceso de Planeamiento por Capacidades se obtienen los Objetivos de Capacidad Militar (OCM) que definen y priorizan las capacidades militares necesarias a adquirir y desarrollar por nuestras FAS a corto, medio y largo plazo, con el fin de llevar a cabo las misiones con eficacia y de una forma segura.

La innovación tecnológica juega un papel esencial a la hora de conseguir satisfacer las necesidades militares expresadas en los OCM. Mediante la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, las FAS dispondrán en el futuro de los sistemas militares más adecuados para satisfacer sus necesidades operativas, incluyendo aquellas capacidades no disponibles con las tecnologías actuales.

El papel fundamental que juega la tecnología y la innovación ya se ha visto reflejado en los documentos de planeamiento, publicados a lo largo del año 2008. Así, en el Plan a Largo Plazo de Armamento y Material (PLP-AM) se establecen líneas tecnológicas prioritarias hacia las que se deberían dirigir las inversiones en I+T. Del mismo modo, en el Plan

Director de Armamento y Material (PDAM), se recogen como objetivos fundamentales la promoción de las actividades de I+D para la Defensa y el desarrollo de las capacidades tecnológicas e industriales necesarias para la Defensa.

La ETID

En este contexto nace la **Estrategia de Tecnología e Innovación en Defensa (ETID)**. Se trata de ejecutar lo planeado mediante una estrategia que permita el desarrollo eficiente de dichas líneas tecnológicas de interés para Defensa, teniendo como principio y fin últimos la consecución de los OCM.

La ETID permitirá trasladar a todos los actores involucrados en la I+T de Defensa (Ministerio de Defensa, industria, universidad, organismos de investigación, etc.) y al conjunto de la sociedad líneas de trabajo a seguir, hojas de ruta y objetivos a alcanzar y los instrumentos puestos a su disposición para conseguir que las actividades de I+D redunden en la consecución efectiva de los OCM, con el fin de obtener una ventaja decisiva en el escenario de operaciones.

Áreas, Líneas y Metas Tecnológicas

En el marco de la ETID se han definido seis áreas temáticas. Cada una de estas áreas, denominadas **Áreas de Actuación Funcional (AAF)**, abarca una parte de las tecnologías de interés para Defensa. Las seis AAF definidas son: "Armamento", "ISTAR", "Plataformas", "Prot. de Personal", "Prot. Plataformas e Instalaciones", "TICS e Interop."

"Protección de Personal", "Protección de Plataformas e Instalaciones" y "TICS e interoperabilidad".

Cada AAF se divide a su vez en varias **Líneas de Actuación Funcional (LAF)**, cuyo objetivo es agrupar las actividades de I+T y orientarlas a capacidades militares concretas. Y por último, para cada LAF se establecen una serie de objetivos o **Metas Tecnológicas (MT)**, cuya consecución permitirá que los sistemas militares puedan contar en el futuro con las funcionalidades requeridas. Las MT son elementos claves y fundamentales, ya que ayudarán a determinar las actividades de I+T futuras, para satisfacer los OCM.

Participación en la estrategia

Para la definición de la estrategia se ha considerado imprescindible contar con la opinión de todos los agentes implicados en la I+D de Defensa: personal operativo, industria, universidad y centros de investigación. Todas las actividades relacionadas con la ETID se están realizando, dentro de sus competencias, bajo la dirección, coordinación y supervisión de la Subdirección General de Tecnología y Centros (SDG TECEN) de la DGAM.

Como herramienta de trabajo y difusión de información se ha puesto en marcha la Web de la ETID (www.etid.es), con el objetivo de promover el debate y el intercambio de ideas entre todos los agentes involucrados en la ETID. Se puede encontrar más información en la página anterior de este mismo Boletín.

Dada la gran importancia que tendrá la ETID en los próximos años, desde la SDG TECEN, se anima a todos los agentes de la I+D de Defensa a participar y colaborar con dicha Subdirección en el diseño de esta estrategia.

Contacto

Para cualquier cuestión sobre la ETID puede ponerse en contacto con el Grupo de Trabajo ETID en etid@etid.es.



Tecnologías emergentes

Sónar de Apertura Sintética: estado del arte para la observación del fondo marino

E. Coiras, X. Berdaguer, A. Álvarez, Centro de Investigación Submarina de la OTAN (NURC). La Spezia, Italia.

The exploration of the submarine environment has recently gained attention due to the approval of the new National Plan for the preservation of underwater archaeological sites. This article discusses the benefits that the new Synthetic Aperture Sonar (SAS) technology can offer to this type of operation. Several SAS images of shipwrecks are presented to show the type of results that can be expected from this new type of sensor.

La exploración del fondo marino ha cobrado recientemente un gran interés debido a la aparición del nuevo Plan Nacional para la preservación del patrimonio sumergido. Dicho plan prevé cartografiar nuestras costas con el objetivo de localizar, inventariar y determinar el estado de pecios históricos. Esta monumental tarea tiene, además de la importancia histórica y cultural, otra vertiente asociada al desarrollo tecnológico necesario para acometerla. Es interesante, por tanto, estudiar qué tipo de sistemas son los más adecuados para este tipo de operaciones.

El principal método para la adquisición de imágenes submarinas es el sónar de barrido lateral, una tecnología que utiliza ondas de sonido en lugar de ondas luminosas para la formación de imágenes submarinas. Sus fundamentos físicos son similares a los que rigen los sistemas de imagen basados en radar, en el sentido de que es un sistema activo - que emite al igual que recibe - y que forma las imágenes barriendo con un haz el medio circundante.

Los sónares pueden operarse de varios modos, siendo los más comunes el remolque detrás de un barco y su estiba en un vehículo robot

submarino. Estos últimos son de dos tipos principales: ROVs (de las siglas en inglés *Remotely Operated Vehicle*) y AUVs (*Autonomous Underwater Vehicle*). Los ROVs son vehículos submarinos operados remotamente desde un barco a través de un cable y se utilizan principalmente en tareas de intervención; por ello cuentan con brazos articulados, cámaras de video, cestas de transporte, etc. Los AUVs son, por el contrario, completamente autónomos y típicamente llevan a cabo misiones pre-programadas, aunque empiezan a surgir modelos capaces de tomar sencillas decisiones en función de las condiciones operativas de la misión (como modificar una ruta pre-programada o visitar un área potencialmente interesante).

Las principales ventajas de operar un sónar mediante un AUV son la mayor facilidad de navegar cerca del fondo (y, por tanto, obtener una mayor resolución de imagen) y la posibilidad de operar en aguas potencialmente peligrosas - como por ejemplo en zonas minadas - sin riesgo de daños personales. Los AUVs, además, pueden llegar a puntos del fondo marino de difícil o imposible acceso para los buques cazaminas (aguas someras, cercanías de bajas,

rompientes, etc.). Así pues, no es de extrañar que la principal aplicación militar de los AUVs dotados de sónar sean las MCM (Medidas Contra Minas), en las cuales se utilizan además sofisticados programas de reconocimiento de formas capaces de analizar las imágenes y discernir automáticamente objetos potencialmente peligrosos.

La incorporación de los métodos de Apertura Sintética al sónar - utilizados desde hace décadas en astronomía y radar - ha representado un salto cualitativo muy importante en la calidad de las imágenes submarinas. Los nuevos Sónares de Apertura Sintética (SAS)- resuelven uno de los principales problemas que tienen los tradicionales sónares de barrido lateral: la pérdida de resolución acimutal con la distancia. Esto se consigue mediante una determinación ultra-precisa de los movimientos realizados por el sensor, que puede después utilizarse para rectificar la señal recibida con una gran precisión.

El incremento en la calidad de las imágenes no es el único beneficio que aporta esta nueva tecnología. Aún más relevante quizás sea el hecho de que los sistemas SAS son capaces de cubrir áreas más extensas del fondo marino en menos tiempo que sus

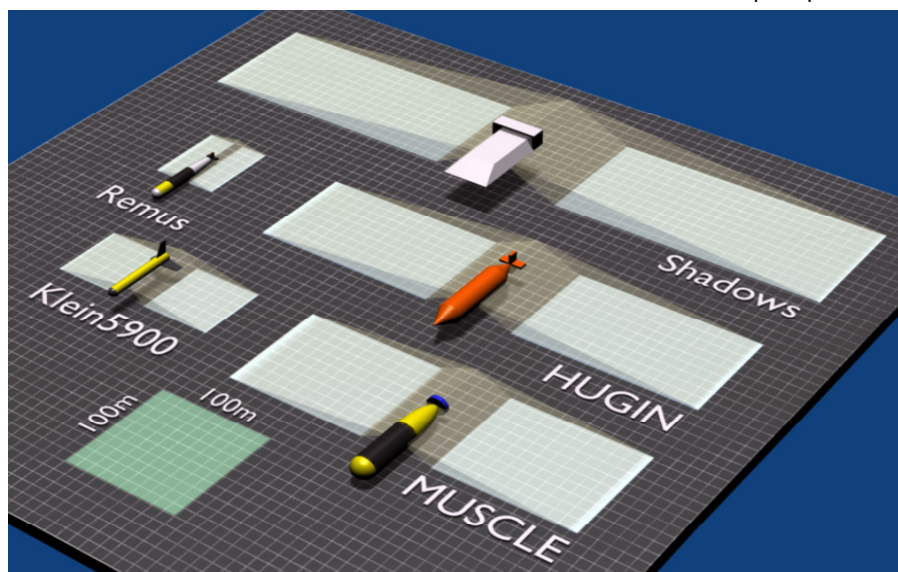


Fig. 1. Comparativa de las áreas del fondo marino que los sistemas modernos de sónar son capaces de cubrir en un minuto. Cada cuadrado pequeño de la rejilla es de 10m x 10m, y el área resaltada en verde cubre 100m x 100m. Los modelos de los vehículos no están a escala, midiendo en realidad todos ellos de 2 a 4 metros.

predecesores. Con el sónar de barrido lateral las pistas de barrido deben ser necesariamente más cercanas para asegurar una resolución mínima suficientemente informativa. Más aún, su resolución empeora al desplazarse el sistema a mayor velocidad. Estas restricciones desaparecen con el SAS, para el cual la calidad de la imagen se mantiene constante hasta el máximo rango alcanzable, lo que lleva asociado un incremento de un orden de magnitud en el área submarina que es posible observar en un tiempo dado.

La figura 1 muestra una pequeña selección de varios sistemas sónar de última generación para la observación del fondo marino, indicando el área que son capaces de cubrir en un minuto. Como puede verse, las capacidades de los sistemas SAS (MUSCLE, HUGIN y Shadows) son claramente superiores a las de los de barrido lateral (Remus y Klein5900), tanto para los sistemas remolcados como para los AUVs.

Dado el gran número de sistemas sonar existentes, se han elegido para la figura 1 sólo algunos de los instrumentos más modernos capaces de obtener imágenes con resoluciones menores de 15cm x 15cm. Esto limita en gran extremo a los sistemas de barrido lateral, ya que para garantizar una óptima resolución deben operar a bajas velocidades, lo que reduce las áreas que son capaces de cubrir en un tiempo fijo. Como ejemplo, el sónar de barrido lateral remolcado Klein 5900, mostrado en la figura 1, es capaz de alcanzar rangos de hasta 125m, pero únicamente con una resolución mucho más baja (unos 50cm).

Huelga decir que, de los sistemas mostrados en la figura, cada uno tiene sus ventajas y sus inconvenientes (incluyendo factores como precio, maniobrabilidad, facilidad de lanzamiento y recogida, etc.), y para dar una idea orientativa de cada uno, a continuación destacamos algunas de las características más diferenciadoras.

De los sistemas mencionados, el más potente para el barrido de amplias zonas es con diferencia el SAS remolcado Shadows, fabricado por la compañía IXSEA y adquirido recientemente por el Instituto Hidrográfico de la Armada Española. Operando a una velocidad de 5 nudos es capaz de producir imágenes de 15cm de

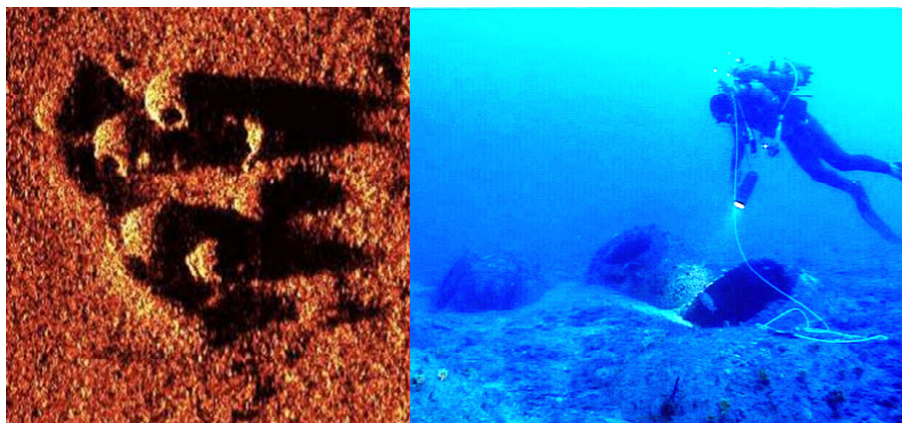


Fig. 2. (Izquierda) vasijas romanas entre los restos del navío Dolia, observadas por MUSCLE desde 70m de distancia. (Derecha) inspección posterior de la zona por un submarinista.

resolución hasta rangos de 300m. Con dos matrices de sensores (a babor y estribor) el Shadows es capaz de cubrir un pasillo de 600m de ancho con un hueco en el centro de unos 90m, lo que resulta en una capacidad de rastreo de 67.000 metros cuadrados por minuto o unos 4km²/h. Shadows cuenta además con la posibilidad de incorporar una matriz frontal a modo de *gap-filler* para rellenar ese vacío central, lo que resulta en coberturas de más de 5km²/h.

En cuestión de calidad de imagen el AUV MUSCLE del centro NURC cuenta con el mayor nivel de detalle (2.5cm). Esta característica fue uno de los parámetros principales a la hora de diseñar el sistema, ya que su principal misión es la guerra contraminas, para la cual se necesitan imágenes del fondo de una calidad suficiente para la identificación visual de potenciales objetos peligrosos. Como muestra de las capacidades de MUSCLE, se muestra en la figura 2 una imagen de unas vasijas encontradas entre los restos del naufragio del navío romano *Dolia*, tomada a 70m de distancia. La misión, realizada en 2007, fue encargada al NURC por el Ministerio de Cultura italiano para determinar el estado del pecio y planificar su posterior excavación.

De los tres sistemas SAS presentados, podría decirse que HUGIN 1000-MR es el más versátil y operativo. Cuenta con una alta resolución de 5cm x 5cm y es capaz de operar hasta profundidades de 1000m. Puede además ser soltado y recogido en condiciones de mar adversas (hasta

con un mar de fuerza 5), en respuesta a los requerimientos de su principal usuario: la Marina Noruega, que lo utiliza con gran regularidad. Debido a ello HUGIN es probablemente el sistema SAS que ha sido operado por un mayor número de horas de misión.

En cuestión de costes de operación Remus 100 es probablemente el sistema sónar más económico de operar, ya que puede ser soltado y recogido desde una barca por un par de personas, lo que le convierte en un sistema extremadamente adecuado para operaciones de respuesta rápida en aguas someras o para tareas de inspección rutinaria, de naturaleza no crítica.

Otra cuestión importante es la autonomía o tiempo máximo de operación sin necesidad de repostar. Obviamente los sistemas remolcados tienen la ventaja de poder operar de forma continua hasta la finalización de la misión. Los vehículos autónomos, por el contrario, están limitados por la duración de sus baterías. MUSCLE y Remus, diseñados para operar en aguas someras, tienen autonomías de 4 y 8 horas, respectivamente. Mientras que HUGIN, en su configuración de tres baterías, es capaz de realizar misiones de hasta 24 horas de duración.

Vemos, por tanto, que la elección de un sistema para la observación del fondo marino depende en gran medida de los requerimientos operativos de la misión. En todo caso, los resultados de la tecnología SAS son impresionantes, logrando imágenes del fondo marino imposibles de obtener hasta muy recientemente. Como ejemplo, la

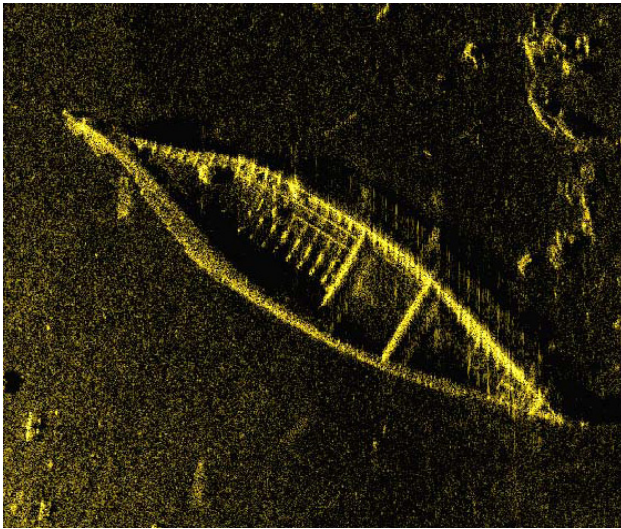


Fig. 3. Imagen SAS de un pecio adquirida por el vehículo HUGIN. (Imagen cortesía de la Real Marina Noruega).

figura 3 muestra una imagen de un pecio tomada por el sensor HISAS 1030 del vehículo HUGIN, en la que se aprecian claramente los detalles estructurales del casco.

El nivel de detalle que se obtiene con la tecnología SAS es de extrema utilidad para tareas que requieren localizar objetos de pequeño tamaño bien sean minas, cajas negras o personas ahogadas. Como ejemplo idóneo de aplicación es de destacar la próxima labor de búsqueda que la Marina Noruega emprenderá para intentar localizar el avión siniestrado



Fig. 4. Imagen SAS de un hidroavión Heinkel He-115 de la Segunda Guerra Mundial. (Imagen cortesía de la Real Marina Noruega).

del famoso explorador Roald Amundsen, desaparecido en el Océano Ártico en 1928. Para esta tarea - que requerirá la observación de unos 100 km² del fondo del Mar de Barents durante unas dos semanas - la Armada Noruega cuenta con financiación de la cadena de televisión alemana Context TV, que se encargara además de la realización de

una serie de documentales sobre el proyecto.

Para concluir mostramos en la figura 4 la imagen SAS de un avión sumergido tomada también por HUGIN. Aunque esta vez se trata de un avión alemán de la Segunda Guerra Mundial. Con un poco de suerte, pronto veremos otra del Latham 47 que pilotaba Amundsen cuando se perdió.

Motores en Cubo de Rueda para Vehículos Militares

Col CIP Manuel Engo Nogués.
 Coordinador del OT STN, y Manuel P. Pindado, ISDEFE, colaborador de los OTs STN y ENEP

Although they are not a new concept, with the recent improvements in power and control electronics and the development of hybrid and fully-electric vehicles, in-wheel motors (also referred to as in-wheel motors) are gaining interest. Owing to their predicted advantages in terms of mobility, fuel efficiency and design flexibility, several companies are investigating their potential for propulsion of military vehicles. However, the technology

is not fully mature for the stringent requirements of the military, and there are still some concerns, mainly related with the increase of the un-sprung

mass, motor reliability and cost.

1. INTRODUCCIÓN

Aunque el concepto no es nuevo, la propulsión mediante motores situados

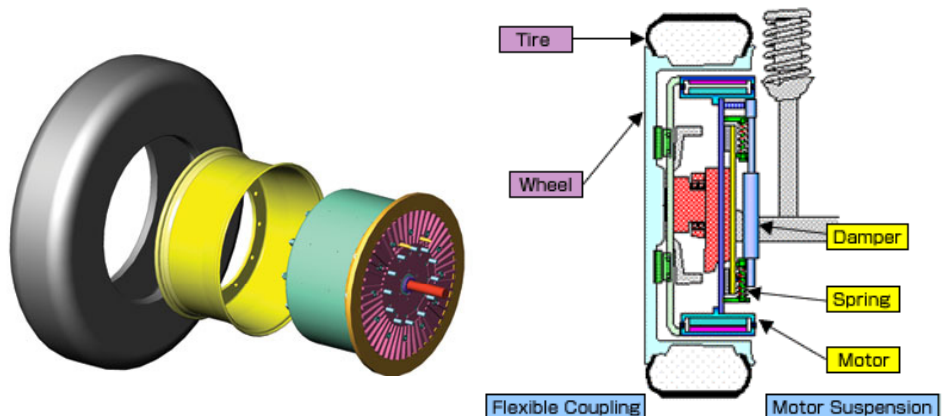


Fig. 1. Esquema de un MCR. Izquierda: estator (verde), rotor (amarillo) y neumático. Derecha: croquis de un MCR de última generación con parte de la suspensión integrada también en la rueda.

en el cubo de las ruedas es objeto actual de I+D, de cara a su aplicación en vehículos de propulsión híbrida o eléctrica. El campo de los vehículos militares no es ajeno a la introducción de la propulsión eléctrica, e incluso puede tener mayores urgencias e interés para ello, debido a las importantes implicaciones logísticas del transporte de combustible.

Dentro de los vehículos eléctricos podemos distinguir dos grandes clases:

Vehículos Híbridos (VH)¹: en los que un motor de combustión interna (MCI) y un motor eléctrico proporcionan la potencia motriz. Dentro de esta clase, la denominada configuración serie se caracteriza por conectar el MCI a un generador eléctrico que proporciona energía eléctrica al sistema de propulsión, pudiendo, por tanto, utilizar **motores en cubo de rueda (MCR)**.

Vehículos Totalmente Eléctricos (VTE): aquellos en los que la energía eléctrica proviene de baterías, pilas de combustible, condensadores, etc.

Entre los vehículos eléctricos, el uso de MCR es objeto de interés debido a sus previsibles ventajas frente a las arquitecturas más tradicionales que montan un motor eléctrico central para cada eje². El avance de los dispositivos de control y de la electrónica de potencia hace ya posible el uso de este tipo de motor en vehículos de gran tamaño y con varias ruedas motrices.

2. DESCRIPCIÓN DE UN MCR

El MCR típico consta de dos partes concéntricas. A diferencia de un motor eléctrico tradicional, en el MCR el elemento interior es el estator mientras que el rotor es el exterior. El estator está unido a la masa suspendida del vehículo a través de los sistemas de dirección y de suspensión y recibe energía eléctrica procedente del generador del vehículo (VH de configuración serie) o directamente de las baterías (VTE). A su vez, el rotor está unido al neumático. El hecho de que el rotor quede fuera del estator implica de por sí algunas dificultades en el diseño. Por ejemplo, los

arrollamientos eléctricos del estator quedan en el interior, por lo que es más difícil evacuar de ellos el calor; la parte giratoria (rotor) y por tanto la más delicada está menos protegida al ser exterior.

3. TIPOS DE MCR

La mayoría de los MCR son de corriente alterna, estando provistos de un convertidor para transformar la energía eléctrica de continua que les llega desde las baterías.

Entre los diferentes tipos, parecen imponerse gradualmente los motores sin escobillas de imanes permanentes. Tienen mayor potencia específica y menor volumen; mayor eficiencia al eliminar las pérdidas en los devanados de cobre del rotor; sólo generan calor apreciable en el estator, localizado en el interior, por lo que se pueden refrigerar mejor; y tienen mayor fiabilidad. Su principal inconveniente es su precio.

4. VENTAJAS / INCONVENIENTES

Centrándonos en la aplicación de los MCR en un vehículo de combate militar³, se analizan a continuación sus posibles ventajas e inconvenientes, en relación con los requisitos tradicionales para este tipo de vehículos.

Espacio Disponible y Capacidad de Carga **Útil y de**

El uso de MCR permite eliminar, respecto a los vehículos de transmisión axial, el motor eléctrico en posición central, los ejes de transmisión (sustituídos por cables eléctricos que transmiten la energía eléctrica hasta las ruedas), el diferencial, las juntas homocinéticas y,

en algunos motores de última generación, la propia suspensión.

Además, en el caso de un VTE se elimina el motor de combustión interna, la caja de cambios y los sistemas auxiliares de combustible. Esto proporciona dos ventajas: por un lado, al eliminar elementos voluminosos y pesados se dispone de mayor espacio y capacidad de carga. Por otro lado, al transmitirse la energía a través de cable y no mediante ejes rígidos, se proporciona una mayor flexibilidad en el diseño del vehículo.

Sin embargo, a nivel global, la reducción de peso y volumen es discutible, porque se necesitará un espacio apreciable destinado a las baterías, aunque éstas puedan colocarse de forma más flexible.

En el caso de un VH en configuración serie habrá que considerar el espacio ocupado por el MCI y el generador.

Fiabilidad / Mantenimiento

El uso de MCR proporciona mayor fiabilidad global al vehículo, en el sentido de que si se estropea uno de los motores el vehículo podría teóricamente moverse con los demás. Por otro lado, al haber un motor por



Fig. 2. Motor en cubo de rueda (MCR) integrado en el chasis de un vehículo blindado. Se observan las conexiones flexibles para alimentación, refrigeración y circuito eléctrico.

cada rueda motriz la probabilidad de averías es teóricamente mayor.

Otro factor negativo es que, al estar los motores situados en las ruedas y no en una zona central, están menos protegidos frente a los agentes externos (humedad, polvo, suciedad), frente a los golpes, sobre todo cuando

¹ Más información en el Boletín nº 6.

² También se investigan soluciones intermedias, consistentes en utilizar un motor eléctrico para cada rueda, colocado cerca pero no dentro de ella.

³ En este artículo se centra la discusión en un vehículo de combate ya que los requisitos son muy diferentes, por ejemplo, para un autobús.

el vehículo circula campo a través, y frente a amenazas balísticas. Esto se resuelve cerrando herméticamente los motores (lo que hace necesario un circuito de refrigeración), apantallándolos y con blindaje.

Movilidad

Los motores eléctricos proporcionan par máximo desde el arranque. Esto, que constituye una ventaja a régimen constante, es un problema a bajas velocidades, ya que el motor no puede entregar un par adecuadamente bajo (en un motor tradicional esto lo hace la caja de cambios), apareciendo ondulaciones en el par. Para resolver este problema el motor tiene que ser de cierto tamaño, obligando por tanto a ruedas grandes (lo que no parece un problema en vehículos de combate). Teóricamente es posible conseguir la misma velocidad del vehículo hacia delante o marcha atrás, mejorando la movilidad.

Es posible implementar “dual steering” (combinación de la dirección tradicional con el “skid steering”⁴). Esto permite disminuir los radios de giro, mejorando la movilidad, por ejemplo, en entornos urbanos. Al no existir ejes de transmisión, las ruedas pueden girarse teóricamente hasta 180° ya que las conexiones con el vehículo son flexibles. No obstante, esto queda limitado por el volumen libre que necesitan las ruedas para girar y que se resta del volumen útil del vehículo.

En el lado negativo, la principal crítica que reciben los MCR es que su uso conlleva un aumento de la masa no suspendida del vehículo. El aumento de esta masa (ruedas, llantas, frenos, uniones) de un vehículo con respecto a la masa suspendida (toda la demás) no afecta en gran medida al comportamiento en carretera, pero sí empeora el comportamiento dinámico

⁴ El término anglosajón “Skid Steering” hace referencia al sistema de dirección basado en alterar las velocidades y sentidos de giro de las ruedas de diferentes lados del vehículo. Este es el sistema de dirección tradicional para los vehículos de cadenas. Permite, por ejemplo, que el vehículo gire en el sitio, con radio de giro igual a cero. No obstante, su mal funcionamiento a alta velocidad y el desgaste que infringe a los neumáticos hacen que lo ideal sea combinarlo de forma variable con un sistema tradicional, dando lugar a lo que se conoce como “Dual Steering”.

campo a través, debido a la mayor inercia de las ruedas en su movimiento vertical ante cualquier ondulación del terreno.

El aumento del peso de la rueda también puede producir efectos giroscópicos, que provocan una mayor dificultad para cambiar de dirección a grandes velocidades y una necesidad de aplicar más energía para acelerar y para frenar.

La importancia del peso es la razón de que los datos técnicos de este tipo de motores se den siempre en relación a su peso (potencia y/o par específicos, etc.). También es la razón de que se usen materiales avanzados ligeros, lo que contribuye a aumentar aún más los precios de los motores.

Otro factor a tener en cuenta es la complejidad del sistema electrónico de control. En cuanto al comportamiento básico, es necesario coordinar las velocidades con que giran las dos ruedas de un mismo eje cuando el vehículo describe una curva (labor del diferencial en los motores tradicionales). La parte positiva es que también se pueden implementar mediante la electrónica de control otros efectos más avanzados que mejoran la movilidad, como el control de tracción o el antibloqueo de frenos, variando la potencia aplicada a cada rueda.

Seguridad y Protección

Al eliminar los ejes de transmisión del fondo del vehículo se elimina el peligro que supone su inercia para los ocupantes en el caso de explosión de una mina bajo el vehículo.

También, al liberar espacio bajo el suelo, queda más espacio disponible que puede usarse, por ejemplo, para la colocación de elementos de protección contra la explosión de minas, o para disminuir la altura global del vehículo reduciendo su firma visual.

Rendimiento

La eliminación de los componentes mecánicos, antes mencionados, y por tanto de las pérdidas mecánicas que producen, permite aumentar el rendimiento global propulsivo, pudiendo alcanzar hasta un 95% frente a menos de un 50% de un vehículo con motor diesel.

Los MCR pueden recuperar parte de la energía que se disipa como calor en

las frenadas y almacenarla en las baterías del vehículo. Esta técnica, denominada “frenado regenerativo”, consiste en invertir el funcionamiento de los MCR para que funcionen como generadores, creando un par negativo que frena el vehículo y generando al mismo tiempo una energía eléctrica. Aunque hoy en día esta recuperación de energía está limitada por la velocidad a la que puede cargarse la batería, el frenado regenerativo puede disminuir el consumo del vehículo aproximadamente en un 10%, en función de las condiciones de circulación.

Costes

Aparte del combustible, otros componentes de coste a tener en cuenta serán el previsible aumento en el importe de adquisición de los MCR frente a los sistemas tradicionales. Aunque el coste de mantenimiento relacionado con la tasa de averías (aún desconocida) y el coste de reparación y mantenimiento podría aumentar, se espera que el coste de mantenimiento durante todo el ciclo de vida del sistema sea menor al de los sistemas convencionales.

5. PROTOTIPOS

En estos momentos existen varios vehículos, en diferentes fases de desarrollo, que permiten demostrar la viabilidad de este tipo de propulsión. Los más destacados son:

- Dentro del concurso para el programa JLTV (EE.UU.) se han presentado prototipos híbridos con MCR, como el “Shadow RST-V” o el AGMV. Otro prototipo es el Hy-DRA de Raytheon.
- El vehículo autónomo MULE de Lockheed Martin también incorpora MCR. El todoterreno S-10 de General Motors utiliza MCR de flujo axial, en los que el flujo magnético viaja paralelo al eje de giro de la rueda.
- El demostrador tecnológico AHED (General Dynamics) de vehículo de combate de unas 20 toneladas de peso dispone de propulsión híbrida y motores en cubo de rueda.

El sistema de control de embarcaciones (SCE)

C.C. Juan Carlos Huertas, Dtor. Téc. de la Admón para el Proyecto SCE

During the past few years, amphibious operations have become increasingly important for all NATO member states. Specifically the protection of the disembarkation of the forces from the sea onto the ground, in what has become known as "Literal Land Approach" (LLA).

The main forms of transport used in the LLA are the various models of mobile re-supplying station such as the amphibious transport dock (BAA) "Castilla" and "Galicia" and the new amphibious assault ship "Juan Carlos I" together with the recently built landing craft mechanisers (LCM).

"La capacidad anfibia tiene una gran importancia como parte esencial del concepto naval, actualmente vigente, de operaciones desde la mar, en el que se materializa la influencia estratégica del poder naval en la gestión de las crisis que puedan afectar a la seguridad compartida." Libro blanco de Defensa 2000.

En los últimos años las Operaciones Anfibias (OA) han tomado una importancia relevante en todos los países del entorno de la OTAN, por ser específicas para proyectar una Fuerza desde el mar hacia tierra interior. Y el pri-



Fig. 1. Desembarco desde una LCM.

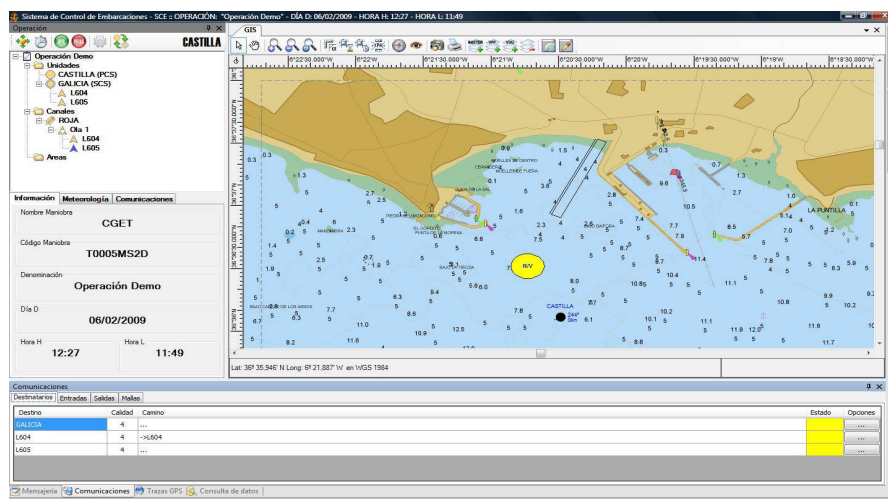


Fig. 2. Subsistema SCE Buque.

mer movimiento operativo de la Fuerza es su desembarco desde el buque nodriza hasta la costa, en lo que se denomina el Movimiento Buque Costa (MBC).

Los principales medios de transporte utilizados en el MBC son los diversos modelos de buques nodriza, tales como los buques BAA (Buque de Asalto Anfibio) "Castilla" y "Galicia" y el novedoso LHD (Landing Helicopter Dock) "Juan Carlos I", junto con las lanchas de desembarco (LCM) de reciente fabricación, barcasas poco marineras, pero con una gran capacidad de carga, que salen del interior de los buques donde se aloja la Fuerza que va a ser desembarcada. Estas lanchas son las principales protagonistas del MBC.

Para realizar este movimiento de un

modo eficaz se requiere disponer de una gran cantidad de información previamente recibida, analizada y clasificada, constituyendo el Plan del MBC. Y luego es necesario controlar la evolución de esa información durante todo el transcurso de la operación.

Es en este punto en el que entra en juego el Sistema de Control de Embarcaciones (SCE), el cual consiste en un conjunto de aplicaciones software, hardware y medios de comunicación, cuyo objetivo es el control efectivo del MBC, para lo cual debe realizarse su planeamiento detallado y la gestión de las comunicaciones, todo ello apoyado en una base de datos coherente de los medios disponibles.

Durante los años 2007 y 2008 la empresa GMV Aerospace and Defence SA ha desarrollado para los dos buques BAA de la Armada española el software de un SCE, consiguiendo un sistema eficaz y útil, tal como lo atestiguan las diversas operaciones que se han llevado a cabo en los últimos meses con este sistema.

La construcción del SCE se ha basado en un proceso de prototipado evolutivo e incremental, que ha requerido el desarrollo de 5 prototipos sucesivos, el primero de los cuales sirvió para profundizar en el conocimiento de las necesidades reales de los usuarios.

El éxito del proceso se ha debido al buen trabajo realizado en el ámbito de la ingeniería de sistemas y de definición de requisitos, como al elevado nivel de implicación que los futuros usuarios del sistema han manifestado durante su desarrollo. Estos usuarios

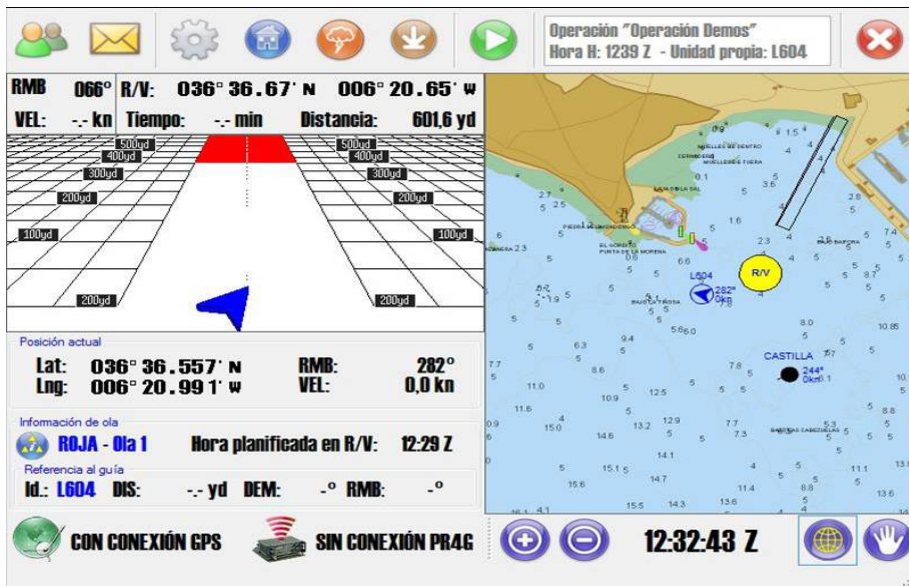


Fig. 3. Subsistema SCE – LCM.

SCE - LCM, para las lanchas; si bien comparten una serie de funciones comunes de soporte, en un esfuerzo de reusabilidad de los componentes software. Otras funciones son específicas para cada uno de los usuarios.

Las comunicaciones del sistema se basan en las radios VHF instaladas en las lanchas LCM, equipos de que están dotados tanto el Ejército de Tierra como la Infantería de Marina, y se ha logrado integrar en el SCE a través de la Capa de Comunicaciones y Seguridad previamente desarrollada para el Ministerio de Defensa con antelación a este proyecto.

Junto al desarrollo del software, se ha suministrado e instalado en las lanchas, las consolas que albergan el software del subsistema SCE-LCM. Estas consolas son productos comerciales de bajo coste con unas elevadas prestaciones medioambientales y de empleo táctil para facilitar su uso a los patrones.

El nuevo sistema ha venido a cubrir una necesidad real e importante en el Grupo de la Flota de la Armada Española, como es el conocimiento de la posición de las lanchas, de la evolución del desembarco de la tropa y del material y el control de las incidencias, tanto en operaciones diurnas como nocturnas. Todo ello reduce de forma significativa el nivel de incertidumbre que existía durante el transcurso del MBC, proporcionando un aumento en la seguridad y efectividad de las operaciones.

En definitiva, el sistema desarrollado se ha convertido en una herramienta de trabajo útil y práctica con gran capacidad de crecimiento, destacando por su importancia, la capacidad de integración con los sistemas de combate SCOMBA y TRITAN V, en uso en los buques LHD y BAA respectivamente; la implementación de una arquitectura orientada a servicios en los diversos interfaces, que facilite el intercambio de la información con otros sistemas; la integración, en un futuro a corto plazo, con el Sistema de Mando y Control de Operaciones Anfibia; así como la mejora de las prestaciones de las consolas.

son el *Boat Control Officer* (BCO) del buque nodriza y los patrones de las lanchas. El primero realiza el planeamiento detallado del MBC y controla su ejecución desde el Centro de Información para el Combate (CIC) del buque. Los segundos reciben el plan a ejecutar y lo llevan a cabo, informando puntualmente al BCO del desarrollo del MBC y de las incidencias acontecidas en el mismo.

El software desarrollado permite la participación de varios buques nodriza,

aunque sólo un BCO es el responsable del plan y del control de la ejecución del MBC, si bien el sistema permite reasignar dinámicamente esa responsabilidad durante el transcurso del MBC.

El SCE trabaja a bordo de los buques y de las lanchas de desembarco, cada uno con sus responsabilidades concretas y separados físicamente en distintas naves; por ello, el sistema se ha implementado con una arquitectura de dos subsistemas principales: el SCE - Buque, para los buques nodriza, y el

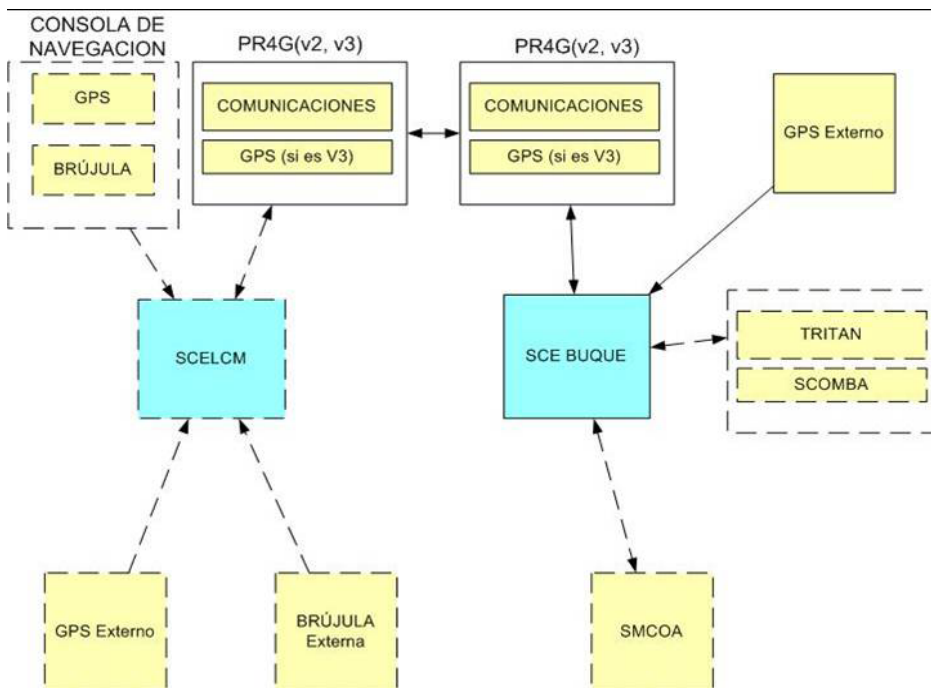


Fig. 4. Funcionalidades asignadas a subsistemas.

En profundidad

Aplicación de los USVs al rastreo de minas: SIRAMICOR

Juan Carlos Díaz Cuadra, NAVANTIA, y C.F. Ing. José María Riola Rodríguez, SOPT - SDG TECEN

The SIRAMICOR Project consists of a Remote Controlled Mine Sweeping System composed of unmanned surface vehicles (USV's) capable of towing a multi-influence sweep able to emulate a specific magnetic, electrical and acoustic field for search/explosion mine operations, reducing risks to the minesweeper's crew and keeping them out of the danger area. Its objective is to complement the mine hunting techniques in the areas where the environmental conditions, or the mines characteristics, make it impossible to use it in an effective way.

SIRAMICOR provides NAVANTIA the possibility of introducing USV's (Unmanned Surface Vehicles) into the current niche market, an area considered to be of high technological interest to the Spanish Navy.

1. INTRODUCCIÓN

Hace tiempo que queríamos escribir algo sobre Nikola Tesla, un científico genial al que el transcurso del tiempo ha ido dando la razón y cuyos descubrimientos fascinan ahora por lo que

se adelantaron a su época. A Tesla se le señala como inventor, precursor o responsable de la transmisión eléctrica con corriente alterna, la radio, el alternador, las bujías, el radar, el control remoto, etc. Pero lo más importante para este artículo es que construyó el primer vehículo marino de superficie no tripulado (USV) hace más de cien años.

Fue en Nueva York en 1898 (seis años antes de que los hermanos Wright volaran), cuando Tesla, con abrigo negro y bombín, asombró a la gente en los estanques del Madison Square Garden con su patente nº 613809 "Method of and Apparatus for Controlling Mechanism of Moving Vessels or Vehicles". Había nacido el USV.

Su diseño consistía en dos vehículos con cascos de hierro de casi dos metros de eslora, impulsados por una batería diseñada por el mismo y equipados con un receptor radio que recibía las órdenes remotamente a través de un transmisor inalámbrico.

A pesar de que los experimentos de Tesla transcurrieron hace más de un siglo, es en la actualidad cuando se está trabajando en proyectos de vehículos navales de superficie no tripulados, que estamos seguros que pronto tendrán tanto valor funcional como los de sus parientes aéreos.

El cómo progresarán estos vehículos

dependerá de las capacidades operativas que requieran las distintas Armadas, aunque no cabe duda que la guerra contra minas será una de ellas. Son proféticas las palabras de Tesla en su libro "Mis Invenciones", publicado en 1921: "Los teleautómatas serán finalmente construidos, serán capaces de actuar como si tuvieran inteligencia propia y su llegada creará una revolución".

A lo largo del presente artículo daremos la razón a Tesla dando a conocer el Programa SIRAMICOR, que NAVANTIA está desarrollando para la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) del Ministerio de Defensa consistente en sistema de rastreo de minas por control remoto.

2. CONCEPTOS DE GUERRA DE MINAS

A lo largo de la historia, la guerra de minas ha ido aumentando su importancia dentro de la guerra naval. Desde la gran barrera de minas del Mar del Norte en la Primera Guerra Mundial hasta el minado de las bahías japonesas en la Segunda Guerra Mundial, o desde Wonsan en Corea hasta la bahía de Haiphong en Vietnam, la guerra de minas ha jugado un importantísimo papel.

En las aguas poco profundas del Golfo han demostrado su mortífera utilidad durante recientes conflictos. Las minas y los misiles se cobraron dieciocho petroleros de gran tonelaje, algunos de ellos resultaron seriamente dañados y uno de ellos, de 240.000 t, resultó hundido. Las unidades navales norteamericanas también se llevaron su parte; la fragata "Samuel Roberts", mientras vigilaba el tráfico marítimo en 1989 en el Golfo y durante la operación Tormenta del Desierto (1991) el LHD "Tripoli" y el crucero Aegis "Princeton" resultaron dañados de diversa gravedad, sin contar las grandes dificultades planteadas al desarrollo de las operaciones de la proyección del poder naval sobre tierra que sufrieron las Fuerzas de la Coalición por culpa del minado de la zona.

Un caso más reciente fue el despliegue de ayuda humanitaria en el puerto iraquí de Um Qsar, que se vio retrasa-

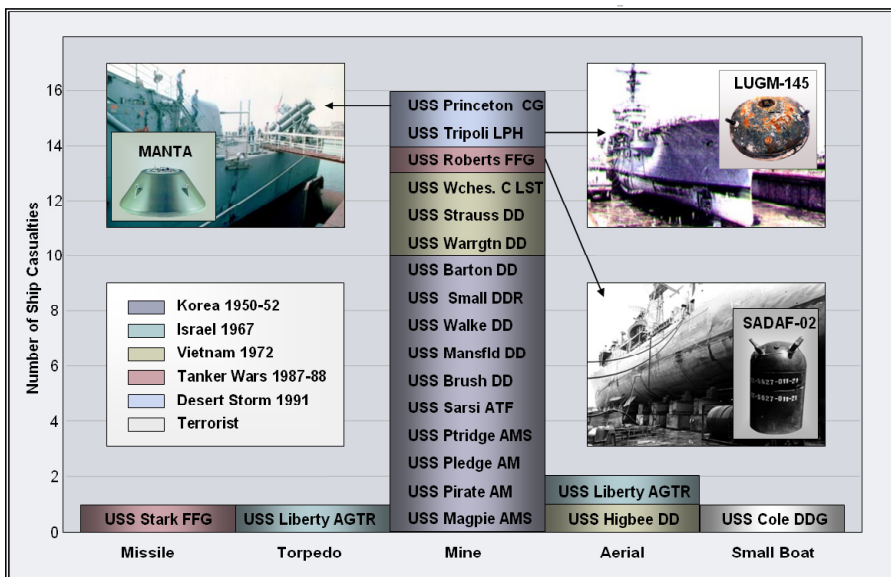


Fig. 1. Relación de buques de la Armada de EEUU víctimas de ataques desde 1950 hasta la actualidad.

do durante varias semanas por la presencia de minas en la zona.

Hay que citar que en los conflictos del siglo XX, las minas han dañado o hundido más barcos que cualquier otra combinación de armas. Por ejemplo, de los dieciocho buques de la Marina estadounidense que han sufrido daños en combate en los últimos cincuenta años, el 78 % fue debido a la acción de minas (figura 1).

En cualquier crisis que se produzca en el futuro, la presencia de minas es una amenaza más que probable, teniendo en cuenta que las minas, tanto de moderna tecnología como de tecnología convencional, están al alcance de cualquier país o grupo armado.

Medidas contraminas (MCM - Mine Counter Measures)

La mina naval es un arma eficaz, letal y de bajo coste susceptible de ser usada en todo tipo de conflictos, y nunca se tornan obsoletas (una mina anticuada sigue siendo útil). Sus efectos psicológicos son mayores a veces que la propia amenaza que representan y su relación coste-eficiencia es muy alta, requiriendo un esfuerzo desproporcionado para ser contrarrestadas; se calcula que el coste de producir un campo minado es inferior al 10% de lo que cuesta limpiarlo.

Las minas son armas flexibles, pueden ser utilizadas en aguas poco profundas, puertos, bahías, ríos o en la plataforma continental. Pueden ser utilizadas asimismo ofensiva o defensivamente y pueden además ser fondeadas por aviones, submarinos, buques de superficie u otros medios más o menos convencionales. Sus blancos pueden ser barcos de superficie, submarinos o incluso aeronaves a baja cota. Por estos motivos, la guerra de minas se ha convertido en un aspecto de guerra naval decisivo en los teatros de operaciones que se prevén en las crisis futuras.

Conscientes de que sin una eficaz y previa limpieza de minas, la capacidad de proyección del poder naval sobre tierra se vería seriamente comprometida, todas las Marinas Aliadas cuentan con unidades de Medidas Contraminas (MCM) que permitan contrarrestar la amenaza de estas minas y por tanto mantener el dominio relativo del mar.

En España, la misión genérica que la Ley Orgánica de los Criterios Básicos de la Defensa Nacional 6/80 y 1/84

asigna a la Armada, permite definir la misión siguiente: "Mantener una capacidad de MCM en las zonas de interés estratégico español susceptible de permitir la libertad de la navegación al tráfico marítimo, apoyar las acciones cerca de costa de un Grupo de Combate o una Fuerza Anfibia Operativa, asumir nuestros compromisos con la defensa colectiva en aquellos escenarios de interés común y colaborar en el mantenimiento de la paz y estabilidad internacional en nuestro entorno geográfico y cultural para contribuir al logro de los objetivos de la Fuerza Naval en el ámbito de la estrategia naval". En resumen, la misión de la Fuerza de MCM es mantener abiertos al tráfico los puertos y bases navales principales de nuestro país, así como posibilitar las operaciones anfibias de proyección de poder naval sobre tierra.

Existen dos técnicas de medidas contra minas para detectar y destruir minas, la caza de minas y el rastreo:

- La **caza** es una técnica selectiva y al igual que en la caza o pesca submarina, las minas se cazan de una en una. Se efectúa con buques y buzos y está basada en la detección de las minas con señales acústicas, su identificación con cámaras y su posterior eliminación mediante cargas explosivas detonadas remotamente.
- El **rastreo** no es selectivo y se efectúa con pequeños buques de superficie y helicópteros dotados de unas rastras cuya función es anular la acción de un minado, bien sea haciendo subir a la superficie a las minas para destruirlas o bien haciéndolas explotar a la profundidad a la que se encuentran.

Los buques de superficie utilizados en estas tareas son plataformas acústicamente silenciosas, amagnéticas y de fácil maniobra, diseñadas para llevar rastras (dragaminas) o bien un sónar (cazaminas) fijo al casco o remolcado de profundidad variable asistido por UUVs para identificarlas y contraminarlas por medio de una carga explosiva.

El uso continuado del cazaminas en las últimas décadas, tanto en ejercicios como en operaciones reales, logró que las diferentes Marinas potenciaran las técnicas de caza de minas mejorándolas considerablemente. La Armada Española, siguiendo también esta línea emprendió, a partir de los años 90, un ambicioso programa de modernización de sus cazaminas que ha dado

como fruto la clase "Segura", una serie de buques de última generación que permiten a nuestro país hacer frente a los demandantes retos del siglo XXI en lo que a caza de minas respecta.

Sin embargo, la técnica de rastreo no debe ser olvidada, ya que la caza de minas se encuentra limitada por una serie de factores:

- El enterramiento de las minas en aquellas zonas, sobre todo en las proximidades de ríos y en grandes puertos, donde hay fango o sedimentos. Estas circunstancias se agravan ante la existencia de minas con capacidad de autoenterramiento.
- La aparición de zonas de vegetación submarina, como las conocidas "posidonias" características del Mediterráneo, donde una mina es capaz de ser enmascarada totalmente produciendo el mismo efecto que el enterramiento en fango.
- La aparición de minas con formas no convencionales y las de cubiertas anecóicas que enmascaran la mina, contra las que no habían sido diseñados los sonares actuales de caza.
- La presencia de minas anti MCMV cuyos sistemas de detección están basados en la recepción de la transmisión del sónar del cazaminas.
- Las condiciones batitérmicas difíciles en mares cálidos debido a las elevadas temperaturas en superficie.
- Las fuertes reverberaciones producidas por cualidades de fondos pedregosos y con rocas.
- Zonas en las que debido a la poca visibilidad en el fondo, o a las fuertes corrientes marinas, hacen imposible el empleo de buceadores o vehículos para el contraminado.

Por tanto, las técnicas del rastreo y de la caza son complementarias para contrarrestar la amenaza, lo que se resume en el célebre dicho de Guerra de Minas "Caza donde puedas y rastrea donde debas".

En la actualidad, la Armada Española no dispone de capacidad de rastreo al causar baja por obsolescencia los viejos dragaminas de la Clase "Júcar" que traen a nuestra cabeza la frase que durante décadas definió a sus dotaciones como "hombres de hierro en barcos de madera".

Para recuperar dicha capacidad, el Estado Mayor de la Defensa (EMAD) pu-

blicó en 2008 el documento “Nuevo Sistema de Planeamiento de la Defensa”, en el que se explica el Proceso de Planeamiento Militar en Defensa, la estructura de Capacidades Militares y los Objetivos de Capacidad Militar (OCM) previstos, que en conjunto constituyen la base para determinar las necesidades futuras de las Fuerzas Armadas en el entorno operativo actual y previsible del futuro.

Entre los diferentes objetivos incluidos, dentro del Área de Capacidad, Supervivencia y Protección (SYP), se incluye como objetivo a corto y medio plazo el “potenciar las capacidades de detección, rastreo y neutralización de minas navales mediante la integración de sistemas por control remoto en los buques cazaminas”. Por su parte, en 2008 la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) publicó sus prioridades tecnológicas a medio y largo plazo en los documentos Plan Director de Armamento y Material (PDAM) y Plan a Largo Plazo de Armamento y Material (PLP-AM) entre las que se encuentran las relativas a mejorar las capacidades de comportamiento autónomo de sistemas terrestres, aéreos y navales no tripulados.

Siendo consecuente con los citados planes, la Dirección General de Armamento y Material (DGAM) puso en marcha a mediados de 2008 el Programa SIRAMICOR que describiremos

en apartados posteriores.

Es importante indicar que no solo el Ministerio de Defensa español ha sido consciente de las necesidades de investigación en el área de los vehículos MCM manejados remotamente. En julio de 2008 la Agencia Europea de Defensa (EDA) acordó doce áreas prioritarias dentro del Plan de Desarrollo de Capacidades (CDP) que identifica las necesidades militares futuras en el marco de la Política Europea de Seguridad y Defensa (PESD). Una de las cuatro a abordar con carácter de urgencia es el proyecto “Maritime Mine Counter Measures in Litoral Sea Areas (MMCM)”.

También dentro de la EDA, la Dirección de I+D durante la generación de la estrategia EDRT (European Defence Research and Technology), elaboró una lista con veintidós áreas de desarrollo prioritario en Europa, de las cuales dos están dirigidas a vehículos no tripulados y se prevé al respecto el desarrollo de futuros programas de I+D europeos en breve.

3. PROGRAMA SIRAMICOR

Los vehículos no tripulados son componentes tecnológicamente críticos en el futuro las Fuerzas Armadas y en especial de las fuerzas navales. El desarrollo del primer buque de barrido de minas controlado por control remoto lo inició Estados Unidos en 1954 des-

pués de comprobar que el 20% de las víctimas que había sufrido la marina estadounidense en la guerra de Corea pertenecían a las fuerzas MCM.

A partir de ese momento y aprovechando los avances tecnológicos, la mayoría de los países más avanzados en guerra MCM han desarrollado programas propios nacionales de rastreo de influencia por control remoto: Reino Unido (Programas SWIMS y FAST), Alemania (TROIKA), Dinamarca (Stanflex), Suecia (SAM), etc. El principio en que se basan es muy simple: no someter a las dotaciones al peligro de las minas.

En España, el Programa SIRAMICOR (Sistema de Rastreo de Minas de Influencia por Control Remoto) consiste en un sistema para operaciones de rastreo/explosión de minas formado por vehículos no tripulados (también llamados drones) capaces de remolcar una rastra de influencia. El Programa comenzó a mediados de 2008 y está prevista su finalización en septiembre de 2010. En el desarrollo del Programa, junto a NAVANTIA, participan SAES (Sociedad Anónima de Electrónica Submarina), el Canal de Experiencias Hidrodinámicas del Pardo (CEHIPAR) y la Universidad Complutense de Madrid (UCM).

El objetivo final fundamental será desarrollar un sistema que permita complementar las misiones desarrolladas por los Cazaminas tipo “Segura” en aquellos escenarios en los que las condiciones medioambientales, o las características de las minas, imposibiliten el uso eficaz de los mismos. Hasta el momento se han realizado diversos estudios para el desarrollo del sistema.

SIRAMICOR puede dividirse en tres subsistemas:

- Rastras
- Drone
- Sistemas de Control, Navegación y Comunicaciones (CNC)

Rastras

Las rastras del sistema SIRAMICOR son las llamadas de multi-influencia, capaces de “engañar” a las minas emulando un determinado campo eléctrico, magnético y acústico. Está previsto que se trate de rastras comerciales cuyo nivel de sofisticación incluya capacidad de emulación en modo MSM (en función de la lógica de la mi-



Fig. 2. Intenciones de la EDA para el futuro de la guerra MCM.

na) y en modo TSM (en función del tipo de buque).

Drone

El segundo subsistema es el vehículo no tripulado (USV) o drone. En los meses que han transcurrido desde el comienzo de los trabajos, se ha comenzado el diseño de una plataforma capaz de satisfacer los requisitos impuestos por la Armada Española.

Para las alternativas de plataforma, junto a los conceptos más tradicionales como monocasco o catamarán para los que se han encontrado referencias entre los drones existentes actualmente, se han incluido también plataformas más innovadoras como los trimaranes, buques de efecto superficie (SES) soportados parcialmente por colchón de aire o incluso hovercrafts soportados totalmente por colchón de aire.

Para los propulsores, entre los drones existentes se han encontrado versiones propulsadas por waterjets y unidades azimutales. Pero para realizar un estudio más exhaustivo, se han incluido además la alternativa de hélices en tobera por considerarla una opción tradicional e incluso propulsión Voith Schneider.

Sistemas CNC

La realización de las operaciones con vehículos autónomos, implican la aplicación de metodologías de control y de robótica. SIRAMICOR dispondrá de un modo de funcionamiento autónomo que permita la ejecución de las labores de rastreo sin necesidad de la actuación de un operador remoto. Esto es, el USV estará preparado para ejecutar las maniobras de tránsito, rastreo y recuperación de forma totalmente autónoma. Igualmente, en caso de fallo o emergencia el drone será capaz de suspender la misión y dirigirse por la ruta determinada a las zonas de recuperación previamente establecidas. Por supuesto, también podrá manejarse remotamente desde un buque nodriza o localmente desde el propio drone.

Una estructuración aplicable a un proyecto de algoritmos de control a bordo de un USV, contempla un número mínimo de niveles. En el nivel alto se deben efectuar las tareas de planificación de los movimientos, teniendo en cuenta las limitaciones físicas y los posibles obstáculos. Desde este nivel, se dirigen en los momentos apropiados las

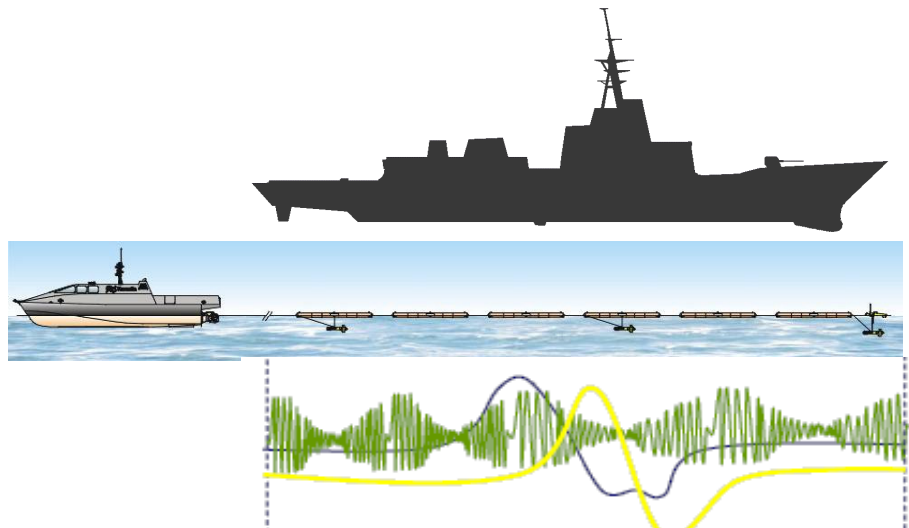


Fig. 3. Concepto de emulación de firmas (TSM).

distintas consignas que deberán cumplir los niveles de control más bajos, los cuales se ocupan del empleo de sensores y actuadores para llevar a cabo la detección de obstáculos, la autolocalización, la comprobación del buen estado del propio vehículo y de su energía para operar y propulsarse y la realización de los movimientos de forma precisa por su sistema de navegación con sus apéndices correspondientes.

Considerando el caso de nuestro USV, una función básica a estudiar es el remolque de una rastra. A tal efecto se realizó una simulación de los movimientos del buque USV siguiendo una derrota determinada, del cable de remolque y del elemento a remolcar, en una maniobra suficientemente brusca. La simulación detecta que, debido a la maniobra de acceso a los estrechos pasillos de rastreo, hay situaciones en las que para esta longitud de remolque, el cabo pierde tensión y el remolque queda libre hasta el siguiente tirón

del USV que tenderá a volver a llevar al remolque hacia su línea de crujía. Este ejemplo simple de simulación puede ser utilizado por el nivel de planificación y control de a bordo para analizar posibles maniobras futuras en tiempo real.

Otro aspecto fundamental en los vehículos no tripulados es el mantenimiento de la comunicación entre el sistema remoto y el USV ya que:

- El control remoto debe poder tener información constante del estado de todos los sistemas a bordo del USV.
- Es necesario que puedan detectarse la presencia de obstáculos u otras circunstancias propias de la navegación que aconsejen la modificación del plan y la actuación del operador remoto.
- En zonas hostiles pueden acaecer situaciones de emergencia que obliguen a una reacción rápida por parte

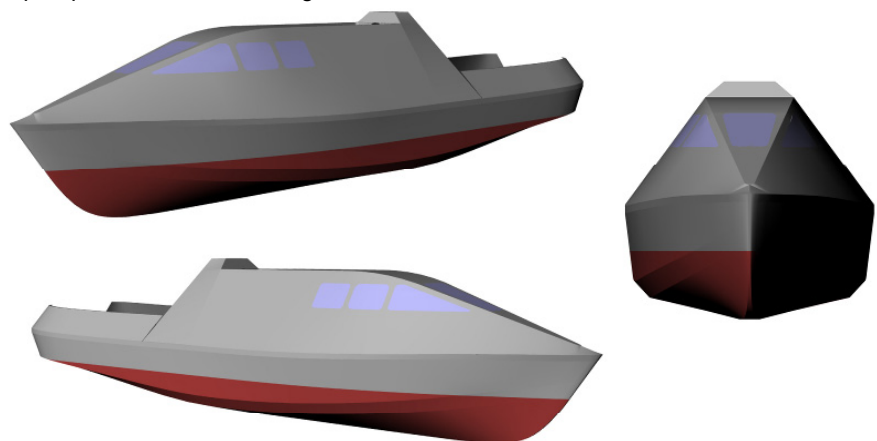


Figura 4. Modelo virtual de la plataforma (concepto tridimensional del drone adoptado).

en profundidad

del operador remoto.

En la mayoría de las ocasiones las misiones de rastreo se realizan sobre territorio hostil esto condicionando las características de las comunicaciones, que tienen que ser:

- Seguras: deben disponer de mecanismos de encriptación para evitar que la información caiga en manos enemigas.
- Robustas: de manera que dispongan de mecanismos que eviten los intentos enemigos de interferir la señal para dificultar la comunicación o para hacerse con el control del USV.

Misiones y ventajas del sistema

La ventaja de este sistema es que será a su vez también una solución para algunas de las amenazas y problemas a los que se enfrentan las actuales unidades de MCM:

- Acciones terroristas. En las operaciones de MCM contra posibles minados terroristas, donde es de esperar un bajo número de minas y de limitada tecnología, el vehículo dirigido por control remoto es una respuesta adecuada. De hecho, el vehículo puede operar con un riesgo mínimo y prácticamente mantener a salvo la dotación de los cazaminas.
- Operaciones a grandes distancias de las bases. El concepto del vehículo por control remoto tiene otra gran ventaja, pues cuenta con la posibilidad de

ser transportado fácilmente y por consiguiente crear una fuerza de MCM proyectable allá donde sea necesario.

- Operaciones con exigencia de muy bajo riesgo. Por último, en cuanto al riesgo, éste se vería notablemente disminuido con esta plataforma de MCM, ya que podríamos utilizar el vehículo para el rastreo y explosión de minas manteniendo alejado del peligro al personal MCM.

Aunque el objetivo primordial de SIRAMICOR es contribuir a la misión encomendada a la Fuerza de Medidas Contra Minas (MCM) de contrarrestar la amenaza de minas navales, a priori, se le podrían asignar añadiendo módulos específicos, otra serie de misiones a cubrir en un futuro (figura 7).

Los conflictos a los que nos enfrentará el futuro, tendrán mucha probabilidad de ocurrir en regiones litorales de todo el mundo. En ellos, los USVs presentan una buena alternativa que ofrece muchos beneficios y un bajo coste. El más obvio es el de no existir riesgo para la vida de la dotación, por lo que su uso es ideal por ejemplo a zonas contaminadas por sustancias nucleares, biológicas o químicas. Otra ventaja es el poder permanecer en la zona de operaciones largos períodos de tiempo.

Todos aplaudirían a una flotilla de USVs desplegada antes de que un grupo anfibio tuviese que intervenir,

asegurando el acceso seguro de las tropas al objetivo.

4.- CONCLUSIONES

El concepto actual de la Defensa en el que ha aparecido el conflicto litoral y la llamada guerra asimétrica, implica que las distintas Armadas europeas deben transformarse con el fin de proporcionar respuestas rápidas, flexibles y ágiles a los desafíos actuales y potenciales futuros, siendo necesario el uso de sistemas no tripulados para reducir la vulnerabilidad y multiplicar la efectividad de las plataformas tripuladas.

En los años recientes, los grandes desarrollos de investigación se han llevado a cabo en vehículos submarinos no tripulados (UUVs) y en los vehículos aéreos no tripulados (UAVs), sin embargo es fácil constatar que se ha realizado un esfuerzo menor en los vehículos de superficie no tripulados (USVs). Por ello, consideramos el campo de los vehículos no tripulados como una excelente oportunidad de investigación. Es previsible que tanto las formas de los cascos, como la estructura, propulsión, estabilidad e incluso velocidad de los actuales buques con dotación, puedan ser rediseñados en su totalidad al no tener que pensar en los riesgos o confort del personal a bordo.

Además, los sistemas no tripulados cuentan con las siguientes ventajas:

- **Riesgo y vulnerabilidad:** los sis-



Fig. 5. Posibles misiones futuras del USV.

temas no tripulados mantienen a las dotaciones, tropas y plataformas tripuladas de gran valor alejadas del posible daño.

- **Coste:** los sistemas no tripulados son más baratos de operar.
- **Cobertura:** las tasas de cobertura y la capacidad de alerta constante del entorno están mejorando como resultado de los avances tecnológicos en sistemas de sensores.
- **Productividad:** los sistemas no tripulados permiten centrar las plataformas tripuladas en otros objetivos.
- **Proyección:** los sistemas no tripulados pueden ser transportados fácilmente y por consiguiente crear una fuerza proyectable allá donde sea necesario.

Por otra parte, la guerra de minas es y será una amenaza latente por muchos años. Su economía y facilidad de manejo, además de su perdurabilidad en el medio las convierte en un peligro sin fecha de caducidad.

El bajo coste de las minas hace que países con escasos recursos económicos e incluso grupos terroristas pueden acceder a ellas y dañar los intere-

ses económicos y/o estratégicos en cualquier parte del mundo.

Los medios modernos en ocasiones no son suficientes para contrarrestar esta amenaza. Es por tanto conveniente no bajar la guardia ante una amenaza considerada como letal e insidiosa que nunca se deja ver.

A la vista de las iniciativas industriales y de las marinas de nuestro entorno y los programas europeos de Defensa, parece que los vehículos de control remoto dedicados a las medidas contra minas serán los sistemas a emplear en el futuro, debido entre otras razones a la eliminación del factor riesgo,

El desarrollo del programa SIRAMICOR permitirá definir un vehículo controlado remotamente capaz de cubrir la deficiencia actual de sistemas de rastreo y complementar la caza de minas, obteniendo de esa manera la Armada Española una capacidad integral de eliminación de la amenaza de minas en cualquier escenario.

Las predicciones que en el siglo XIX hizo Tesla y le hicieron ganar fama de loco sobre "guerras disputadas a distancia utilizando máquinas controladas remotamente donde la cantidad de

hombres no es tan importante como el avance tecnológico" se demuestran ciertas en el siglo XXI.

5.- LISTA DE REFERENCIAS

- Withington, T. "No crew onboard". Revista Armada International 2008.
- Tesla, N. "My submarine destroyer". New York Journal nov. 1898.
- Artime, M. "Iluminando el mundo, de nuevo".
- "La Armada en el horizonte del 2015". Revista Jane's Defence.
- "Naval Mine Warfare: Operational and Technical Challenges for Naval Forces - Committee for Mine Warfare Assessment". Naval Studies Board, National Research Council.
- "EDA Bulletin". European Defence Agency, Issue 10, February 2009.
- Alcalde J.F. "Algunas consideraciones sobre la Guerra de Minas".
- Pita da Veiga, J. "La mina en la acción naval". E.N. Bazán.

El presente artículo es un extracto del original que se publicó en el 48º Congreso de Ingeniería Naval e Industria Marítima.

agenda

Programas de la EDA

Proyecto SMUVO

Plazo presentación propuestas: 5 de octubre de 2009.

JIP ICET 2ª Convocatoria

Plazo presentación propuestas: 16 de octubre de 2009.

<http://www.eda.europa.eu>

Jornada de Textiles Inteligentes

27 de octubre de 2009. Escuela Politécnica del Ejército (Madrid)

<http://www.mde.es/dgam>

Seminario Sectorial de la DGAM con la Industria: Actividades de I+D en Defensa

12 de noviembre de 2009. CESEDEN (Madrid)

http://www.mde.es/dgam/Jornada_1112/seminarios_calen_ind.pdf

Jornada de Defensa NBQ

Diciembre 2009. Madrid

<http://www.mde.es/dgam>

NATO MEETINGS:

1st NATO Workshop on C-IED Exploitation

Del 3 al 5 de octubre 2009. CESEDEN (Madrid)

<http://www.mde.es/dgam/workshop/workshop.htm>

RTO-SAS-082 Disruptive Assessment Game

Del 5 al 8 de octubre de 2009, (Estocolmo)

<http://www.rto.nato.int>

Boletín de Observación Tecnológica en Defensa

Disponible en <http://www.mde.es/dgam/observatecnoF.htm>

