

Boletín

DE OBSERVACIÓN TECNOLÓGICA EN DEFENSA



SUBDIRECCIÓN GENERAL DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
Boletín de Observación Tecnológica en Defensa nº 34 • 1^{er} Trimestre de 2012

Introducción a los movimientos supercavitantes

- **Biorreguladores: Posibles agentes de guerra no convencionales**
- **Tecnología nanométrica basada en interferencia láser en microdispositivos**

boletín de observación tecnológica en defensa nº 34



Edita:



NIPO papel: 083-12-040-9
NIPO en línea: 083-12-041-4
NIPO libro electrónico: 083-12-039-6
Depósito legal: M-8179-2009

Autor: Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT), Subdirección General de Tecnología e Innovación (SDGTECIN) 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: Cap. Aurelio Hinarejos Rojo, Oscar Jiménez Mateo, Tomás A. Martínez Piquer, José Agrelo Llaverol. **Equipo de Redacción:** Nodo Gestor: Guillermo González Muñoz de Morales, David García Dolla; Observatorio de Armas, Municiones, Balística y Protección (OT AMBP): Jorge Lega de Benito; Observatorio de Electrónica (OT ELEC): 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): Luis Requejo Morcillo; Observatorio de Óptica, Optrónica y Nanotecnología (OT OPTR): Ing. D. Fernando Márquez de Prado Urquía, Pedro Carda Barrio; Observatorio de UAVs, Robótica y Sistemas Aéreos (OT UAVs): Ing. D. José Ramón Sala Trigueros; Observatorio de Sistemas Navales (OT SNAV): CF Ing José María Riola Rodríguez, Juan Jesús Díaz Hernández; Observatorio de Sistemas Terrestres (OT STER): Col. CIP Manuel Engo Nogués; Observatorio de Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación (OT TICS): Ing. D. Francisco Javier López Gómez, Fernando Cases Vega, Nuria Barrio Santamaría.

Portada: imagen 3.b) "Película delgada de titanio procesada mediante ablación directa", artículo "Tecnología nanométrica basada en interferencia láser en microdispositivos".

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

[http://www.defensa.gob.es/
areasTematicas/investigacionDesarrollo/
sistemas/](http://www.defensa.gob.es/areasTematicas/investigacionDesarrollo/sistemas/)



DGAM
Subdirección General de Tecnología e Innovación

CONTENIDOS

3 Editorial

Actualidad

- 4 NANOTEX: NANOmateriales en TEXTiles
- 5 *Workshop EDA: Energy and Enviroment*
- 6 Presentación del UCAV Neuron
- 6 RTO-SCI-222: Guerra Electrónica con Radio Definida por Software
- 8 Tecnologías Disruptivas: de la Lol a la EDA
- 9 Jornada sobre los programas TALOS y AMIGOS
- 10 Hojas de ruta de la ETID
- 11 Plataformas Tecnológicas Españolas y el SOPT
- 12 ITM y gestión medioambiental
- 13 III Congreso Internacional sobre Análisis de Agresivos de Guerra Química
- 14 Jornada técnica: "La Armada española, motor de la tecnología militar"
- 15 Resultados VII Programa Marco: Seguridad"
- 15 **Agenda**

Tecnologías Emergentes

- 16 Biorreguladores: Posibles agentes de guerra no convencionales
- 18 Tecnología nanométrica basada en interferencia láser en microdispositivos

En profundidad

- 20 Introducción a los movimientos supercavitantes

Los Centros Universitarios de Defensa (CUDs)

Sabemos que la universidad, además de preservar sus funciones de generación y transmisión del conocimiento, es actualmente uno de los pilares fundamentales de la I+D+i. La Universidad se ve como entidad generadora de conocimiento de interés público y suministradora del conocimiento aplicado que cristaliza y puede ser usado en la necesaria innovación.

Esta innovación revela su carácter más empresarial si hablamos de la creación de fundaciones y *spin-offs* como producto de su actividad innovadora. Además, aparecen conceptos interesantes como el de “innovación abierta” en que las grandes instituciones ponen en marcha programas abiertos de investigación colaborativa con las universidades con el compromiso de las partes de garantizar un acceso libre a los resultados de la investigación.

La relación de la universidad con Defensa se basa en multitud de nexos, incluyendo reclutamiento de profesionales, participación en conferencias, acceso a publicaciones, programas de investigación o la firma de contratos específicos, por citar algunos ejemplos del que sería un largo etcétera. La creación de sistemas de innovación con las universidades y la interacción con otros centros de investigación

y las empresas de nuestro sector industrial parecen el camino más adecuado hacia la innovación exitosa.

Conscientes de este hecho, desde hace más de dos años el Ministerio de Defensa cuenta con tres Centros Universitarios de la Defensa (CUDs): Centro Universitario de la Defensa en la Academia General del Aire, Centro Universitario de la Defensa de la Escuela Naval de Marín y Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza, que conforman la Red de Centros Universitarios de la Defensa, creados por R.D. 1723/2008 de 24 de octubre. Este sistema educativo nació con el objetivo de posibilitar la impartición de enseñanza en las titulaciones universitarias de grado que, conjuntamente con la formación militar general y específica, constituyen la preparación de los futuros oficiales.

Como tales centros universitarios, y debido a sus componentes de I+D, desde la Dirección General de Armamento y Material (DGAM), se están realizando esfuerzos para abrir líneas de colaboración con los CUDs en actividades culturales, formativas e investigación, lo que fomentará su responsabilidad como motor de la innovación en el ámbito de la Defensa.

NANOTEX: NANOMateriales en TEXTiles

Luis Miguel
Requejo Morcillo,
OT MAT



La Agencia Europea de Defensa (EDA) lanzó la tercera convocatoria del programa JIP ICET (*Joint Investment Programme on Innovative Concepts and Emerging Technologies*) con el objetivo de identificar tecnologías disruptivas de interés para el desarrollo de las capacidades militares, redundando en la promoción de actividades de I+T en defensa y la cooperación entre diversos actores para ayudar a construir una base tecnológica e industrial europea de defensa fuerte y un mercado europeo de defensa competitivo. El proyecto NANOTEX es un estudio que queda encuadrado dentro de uno de los dos objetivos tecnológicos de I+T de esta convocatoria del programa: "Nanomateriales integrados en textiles para el equipamiento del soldado del futuro".

Se trata de un estudio prospectivo que analiza el impacto de la integración de nanomateriales en textiles en el desarrollo de sistemas militares a utilizar a lo largo de los próximos 20 años. Este trabajo lo ha realizado el consorcio formado por la empresa española Isdefe y la francesa Ouvry y concluyó en diciembre de 2011. El pasado 23 de febrero se presentaron los resultados del mismo durante la jornada organizada por el CapTech GEM01 de la EDA "Armour protection and weight reduction for the soldier".

Contenido del proyecto

Futuros escenarios, necesidades y requisitos militares: El estudio comenzó con la descripción y análisis de posibles escenarios futuros a los que las fuerzas militares se tendrán que enfrentar. En base a éstos, se analizaron necesidades y requisitos militares que se esperan sean cubiertos mediante el desarrollo tecnológico de nuevos textiles. Tanto ne-

cesidades como requisitos se orientaron principalmente en tres campos de aplicación prioritarios: protección balística, detección y protección NBQ y mejora del confort del combatiente.

Análisis prospectivo de las tecnologías: En el plano tecnológico, se confeccionó un listado completo y descripción de los nanomateriales que a priori son más interesantes para mejorar las propiedades y funcionalidades de los textiles que podrán ser utilizados en futuros sistemas del combatiente. A continuación se desarrolló el análisis prospectivo de las tecnologías a 10 y 20 años vista, en el que se manejaron parámetros relevantes como son el grado de madurez tecnológica (TRL presente y esperado en el futuro), posibles aplicaciones militares y civiles, factores (impulsores y limitantes) para el desarrollo de la tecnología, nivel de competitividad europea, principales actores relacionados con el desarrollo de la tecnología, etc.

Proyectos colaborativos: En un siguiente paso, se identificaron las tecnologías que, siendo de interés en el ámbito militar, no se espera que tengan el empuje necesario por parte del sector civil para su desarrollo (denominadas *gaps*). Éstas, por lo tanto, requerirán de un mayor esfuerzo por parte de las entidades del ámbito de defensa para lograr el grado de desarrollo deseado, de acuerdo a los requisitos mostrados en apartados anteriores.

Para ello, se describieron una serie de posibles proyectos que podrían llevarse a cabo en los próximos años por parte de la base tecnológica e industrial europea de defensa con el fin de cubrir estos *gaps*. Algunas de estas propuestas son las siguientes:

- Desarrollo de chaleco antibalas ligero y flexible con nanofibras.
- Nuevas fibras y textiles con propiedades retardantes de llama.
- Textiles autodesintoxicantes con filtros basados en nanopartículas.
- Nuevos materiales textiles con capacidad de reducción de firma IR, radar, etc.
- Sistemas intercambiadores de calor (basados en nanopartículas) inte-

grados en textiles para adaptación a cualquier tipo de condición climática.

Roadmaps tecnológicos: Se generaron tres hojas de ruta tecnológicas (una por cada campo de aplicación: protección balística, detección y protección NBQ y la mejora del confort del combatiente), donde se establecen los pasos necesarios para el desarrollo tecnológico en estas áreas en los próximos 20 años. Por último, se desarrollaron una serie de estrategias a corto, medio y largo plazo que agrupan acciones a llevar a cabo tanto por parte de los organismos oficiales de defensa como por parte de las empresas y entidades de I+D vinculadas al sector. Todo ello pretende servir de apoyo a los organismos oficiales a la toma de decisiones a la hora de identificar, evaluar y seleccionar las alternativas tecnológicas más adecuadas para lograr los objetivos marcados y dotarse de las capacidades necesarias. Estos roadmaps constituyen asimismo una herramienta de ayuda al tejido tecnológico e industrial europeo para mantener el nivel de competitividad y excelencia global en el sector de los textiles multifuncionales y nanotecnologías aplicables.



Fig. 1. Nanomateriales para el combatiente futuro (Workshop "Armour protection and weight reduction for the soldier").

Workshop EDA: Energy and Environment

Héctor Criado de Pastors, OT ENEP



La EDA celebró los pasados días 22 y 23 de marzo el *workshop Energy and Environment*, dentro de la iniciativa *Military Green*. El *workshop* tuvo como objetivo principal mostrar el panorama global de las actividades de la EDA en energía y medioambiente.

Dentro de las estrategias de la EDA, estos temas se incluyen dentro del *Capability Development Plan (CDP)*, siendo el área de capacidad *Fuel and Energy* una de las *Top 10 Priorities*, y en la *European Defence R&T Strategy (EDRTS)*, donde se incluye el tema *Power source and supply technologies*, y están implícitos tanto en la *European Armaments Cooperation Strategy* como en la *European Defence Technological and Industrial Base (EDTIB)*.

La iniciativa *Military Green* tiene como objetivo lograr una defensa y gestión de crisis sostenibles incrementando la responsabilidad energética y medioambiental. Se trata de una acción transversal, en la que participan las Direcciones de I+T (a través de los CapTechs), Industria y Mercado y Armamento. La iniciativa pretende coordinar los esfuerzos realizados por los PMs y las Direcciones de la EDA, de forma que se mejoren las capacidades actuales, se produzca un ahorro y se refuerce la EDTIB. Dentro del ámbito de *Military Green*, se han establecido las siguientes áreas:

- Áreas transversales: impacto y protección medioambiental, educación y formación, política y estrategia.

- Áreas funcionales: energía, agua, municiones, materiales y residuos.

El esfuerzo principal hasta el momento ha sido puesto en el área de energía, principalmente en energía en campamentos para gestión de crisis que ha servido de experiencia piloto para el resto de temas, que comenzarán a lanzarse en 2012 (educación y formación, residuos), y 2013 (agua).

En el *workshop* se discutió la metodología para validar tecnologías en cuanto a madurez e impacto a partir de las necesidades de capacidad para identificar áreas en las que se necesite realizar inversiones en defensa y gestión de crisis. Esta metodología será usada para definir la *Military Green Strategy* que está previsto que se lance en el segundo semestre de 2012.

Además del propio *workshop*, se destacan las siguientes actividades paralelas:

- Anuncio de la celebración de la conferencia y demostración *Military Green 2012*

(ver agenda), dentro de la semana europea de la energía sostenible, como parte de la estrategia de difusión de la iniciativa y de dinamización de la DTIB.

- Presentación de la iniciativa de proyecto de categoría B GO GREEN, de la Dirección de Industria y Mercado, que tiene como objetivo analizar y desarrollar el potencial de uso de energías renovables por parte de las Fuerzas Armadas, a partir de proyectos piloto en bases militares.

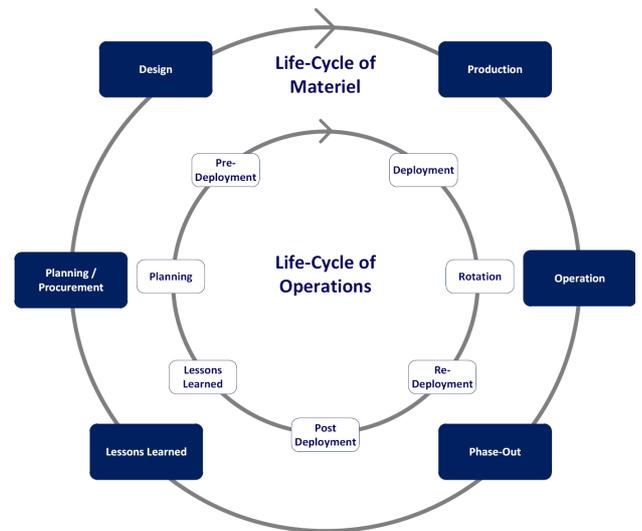


Fig. 1. Ciclo de vida del material y operaciones.

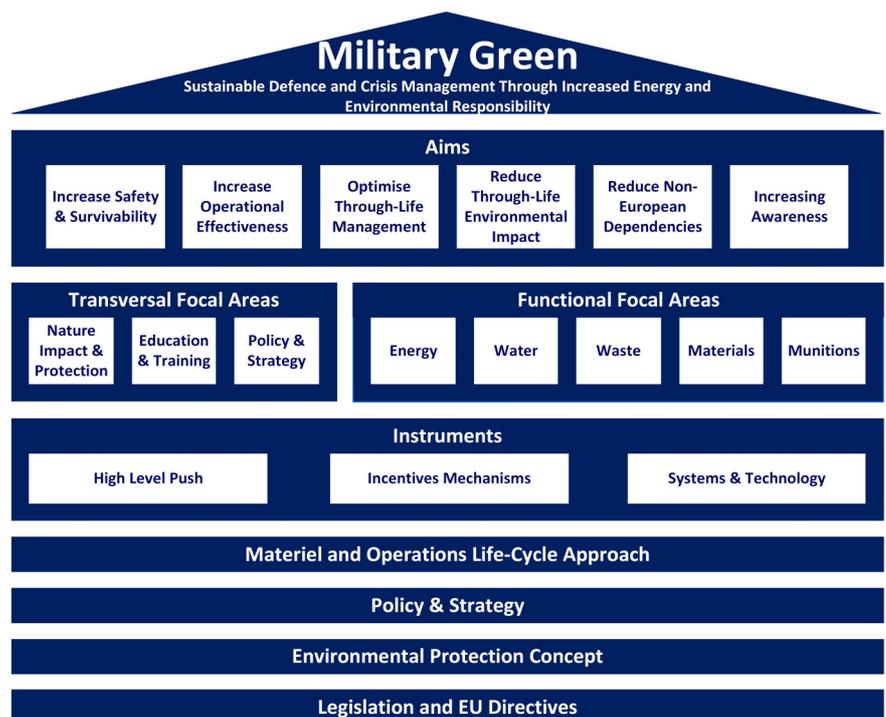


Fig. 2. Enfoque del ámbito de *Military Green*.

Presentación del UCAV Neuron

Cmte. Manuel A. Ferré Romero, SDGTECIN

El pasado día 19 de enero se celebró la ceremonia de presentación del vehículo aéreo de combate no tripulado UCAV Neuron, presidida por las autoridades de las naciones participantes en el programa. Esta presentación ha tenido lugar en las instalaciones de la factoría Dassault Aviation en Istres, Francia. Ha contado, además de con la presencia de altas autoridades de Defensa y de las industrias participantes, con la asistencia del señor Serge Dassault que, a sus 86 años, quiso realzar con su presencia y con las palabras que dirigió a los asistentes la importancia de este hito para la industria aeronáutica militar europea.

El demostrador tecnológico UCAV Neuron está fabricado por un consorcio internacional liderado por la empresa francesa Dassault Aviation y en el que, además de EADS CASA por parte española, participan Saab de Suecia, HAI de Grecia, Alenia Aeronautica de Italia y RUAG de Suiza. La industria española ha diseñado, desarrollado y fabricado las alas, la estación de control de tierra (CGS) y ha colaborado en la integración del enlace de datos entre la GCS y el vehículo aéreo.

La participación española del programa se gestiona desde la Subdirección General de Tecnología e Innovación (SDG TECIN) de la DGAM, que ha aportado fondos del presupuesto de I+D del Ministerio de De-



Fig. 1. Delegación española en la ceremonia oficial, celebrada el 19 de enero de 2012. © Dassault Aviation—Ph. Stroppa.

fensa que se destinan íntegramente a sufragar las tareas que realiza EADS CASA en España. Este programa ha permitido a EADS CASA adquirir una posición privilegiada en las tecnologías necesarias para el planeamiento de misiones y el control remoto de aviones no tripulados.

El objetivo principal del programa UCAV Neuron es la demostración de las tecnologías de baja observabilidad tanto radar como infrarroja y las capacidades de control de vuelo desde una estación de tierra y también de forma autónoma por parte de la aeronave en caso que fuese necesario. Estas tecnologías permitirían a esta aeronave penetrar en territorio enemigo burlando los sistemas de detección, identificar un blanco terrestre

predeterminado y lanzar con precisión el armamento que aloja en su bodega interna.

Se han iniciado las pruebas del sistema de combustible y de motor en punto fijo, y el primer vuelo del UCAV Neuron está previsto a mediados de este año 2012. En los meses posteriores se realizarán las campañas de vuelos de prueba. El análisis de estos vuelos servirá para evaluar las tecnologías aplicadas en este demostrador, y sus resultados influirán en las características de la próxima generación de aviones de combate europeos, tripulados o no tripulados.

El vehículo no tripulado está propulsado por un único motor, y tiene un fuselaje de 9,5 m de longitud, 12,5 m de envergadura, y poco más de 5 Tm de peso.

RTO-SCI-222: Guerra Electrónica con Radio Definida por Software

Alberto Quintana Ocaña, Indra Sistemas

Los últimos avances en tecnologías de comunicaciones radio han dado lugar a lo que se conoce como radio definida por software (SDR). Esta tecnología define un equipo radio como el conjunto formado por un *hardware* de procesado (terminal radio) sobre el que se ejecuta una aplicación *software* que implementa un protocolo de comunicaciones concre-



to (forma de onda). De esta manera, un mismo terminal radio puede utilizarse para comunicarse a través de diferentes redes de comunicaciones sin otro requisito que cargar el *software* apropiado. La actual tecnología SDR permite por tanto una utilización mucho más flexible de los equipos de comunicaciones que las radios tradicionales. En sentido amplio, estas

mismas ventajas son extensibles al ámbito de la guerra electrónica (EW): flexibilidad operativa de los equipos, acceso a mejoras y nuevas funcionalidades sin necesidad de cambiar los terminales, y la portabilidad de las soluciones entre diferentes equipos/plataformas son algunos ejemplos de estas ventajas.

El grupo RTO-SCI-222 de la OTAN se creó en el año 2010 con el objetivo de explorar la aplicabilidad de la tecnología SDR en el dominio de la EW. El grupo está formado por un conjunto internacional de expertos en los ámbitos de la EW y la SDR. Entre los países participantes se encuen-

tran Estados Unidos, Alemania, Holanda, Italia, Francia, Finlandia y España, con representantes gubernamentales y de la industria de defensa. Indra Sistemas asiste a este grupo aportando la experiencia en tecnología SDR adquirida en los últimos años a través de diferentes iniciativas nacionales e internacionales. Dichas iniciativas han sido presentadas en ediciones anteriores de este boletín (referencias [1] y [2]).

Respecto al trabajo realizado, la primera actividad del grupo se ha centrado en identificar los requisitos funcionales elementales que deben cubrir los sistemas de EW en la actualidad. Para ello se han definido dos escenarios operativos que reflejan situaciones típicas en los teatros de operación de hoy en día.

El primer escenario define un sistema autónomo de protección contra dispositivos explosivos improvisados (C-RCIED). En misiones como la de Afganistán ha quedado patente que este tipo de dispositivos son una de las mayores amenazas a las que se enfrentan las tropas sobre el terreno. En este escenario el sistema de EW basado en SDR utiliza las capacidades de análisis para identificar en tiempo real el tipo de dispositivo radio usado para la detonación, para posteriormente realizar un ataque selectivo al receptor del dispositivo. Este tipo de sistema presenta la ventaja de tener un impacto acotado en las comunicaciones propias, pues el ata-

que se realiza de manera controlada. Además el ataque se realiza de una manera óptima, ya que la forma de onda utilizada para el ataque está adaptada para maximizar su eficacia contra el sistema detectado.

El segundo escenario propone la utilización de un conjunto distribuido de terminales radio que utilizan parte de sus recursos para realizar una monitorización continua del espectro radioeléctrico. Esta información es posteriormente compartida entre todos los nodos usando la propia red radio. Este sistema distribuido permite obtener de una manera sencilla una información precisa del espectro radio en el escenario de operación, pudiendo localizar e identificar de manera precisa objetivos tales como inhibidores, repetidores, etc. y todo ello sin necesidad de desplegar equipos específicos de EW, ya que se utilizan los propios recursos radio de las plataformas de comunicaciones SDR.

Una vez identificados los requisitos funcionales, la siguiente actividad ha consistido en trasladar los mismos a requisitos de una arquitectura hardware y software que sea aplicable a sistemas de EW. Para ello se han tomado como referencia las arquitecturas definidas por las soluciones actuales de SDR. La arquitectura hardware está basada en elementos de procesado digital reprogramables o reconfigurables (GPP / DSP / FPGA), convertidores de alta velocidad, frontales de radiofrecuencia reconfigura-

bles, antenas inteligentes, etc. La arquitectura software está basada en el modelo propuesto por la arquitectura SCA (referencia [3]), que define un modelo de componentes para el desarrollo de formas de onda que sean fácilmente portables entre diferentes plataformas. En la figura 1 puede verse el diagrama de una arquitectura hardware genérica para equipos de comunicaciones SDR y EW.

Actualmente las actividades del grupo se centran en identificar las nuevas posibilidades en el ámbito de la EW gracias a la utilización de tecnologías SDR. Entre estas posibilidades se encuentra la integración de los sistemas de autoprotección (ECM) con los sistemas de comunicación propios. Esto representa una ventaja muy importante, ya que muchos de los sistemas actuales provocan la interrupción temporal de las comunicaciones propias, una situación a evitar en un entorno táctico.

Las actividades del grupo concluirán a finales de este año 2012 con la realización de un conjunto de diversos experimentos relacionados con la aplicación de técnicas SDR a sistemas de EW. Tras el análisis de resultados, el informe final será publicado a principios de 2013.

A pesar de que el grupo no ha finalizado su actividad, ya pueden extraerse algunas conclusiones interesantes. La principal es que la tecnología SDR y las utilizadas en los sistemas de EW presentan grandes sinergias y pueden proporcionar grandes beneficios cuando se aplican de manera conjunta. Es por ello que en los próximos años asistiremos a un crecimiento en las labores de investigación uniendo ambos ámbitos, incluyendo la aplicación de técnicas de radio cognitiva a la realización de sistemas de guerra electrónica cada vez más autónomos y sofisticados.

Referencias

- [1] DGAM, "Boletín de Observación Tecnológica en Defensa", nº 17.
- [2] DGAM, "Boletín de Observación Tecnológica en Defensa", nº 27.
- [3] JPEO JTRS SCA Specifications - <http://www.public.navy.mil/jpeoitr/sca>

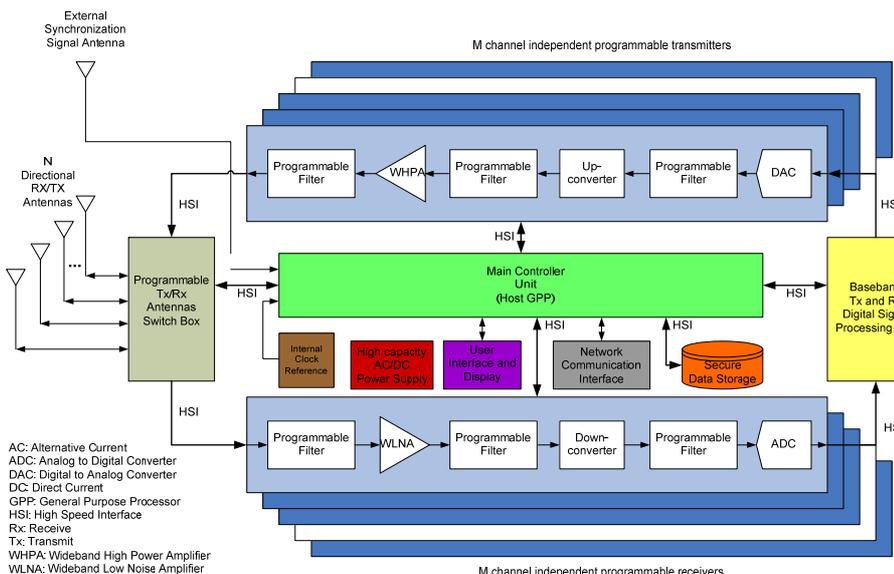


Fig. 1. Arquitectura HW de un sistema SDR/EW.

Tecnologías Disruptivas: de la Lol a la EDA

Patricia López Vicente, Nodo Gestor



Las tecnologías disruptivas se ha venido tratando en este Boletín prácticamente desde sus inicios¹, y siguiendo esta línea, en este artículo se repasarán las últimas actividades realizadas. En concreto, se repasará el trabajo llevado a cabo en el Grupo de Tecnologías Disruptivas (DTG, *Disruptive Technologies Group*) de la Lol² durante los últimos tres años, coincidiendo con la presidencia española del grupo, y cómo este trabajo a llegado a la EDA, donde se lanzará un nuevo *Joint Investment Programme* (JIP).

El objetivo del DTG es proporcionar asesoramiento tecnológico al Grupo de Directores de I+D de la Lol (Lol GRD, *Group of Research Directors*), poniendo en común los enfoques de los distintos países y facilitando el intercambio de información sobre este tipo de tecnologías. Desde 2009, y bajo el liderazgo de la Subdirección General de Tecnología e Innovación (SDGTECIN), el grupo ha definido e implantado un proceso propio para la identificación de tecnologías con potencial de disrupción. Este proceso tiene un enfoque *bottom-up*, partiendo de todo el espectro tecnológico para, después de aplicar varios filtros, llegar a la identificación de tecnologías disruptivas (ver figura). Se

trabaja partiendo de un conjunto de tecnologías emergentes identificadas por el grupo (tecnologías con bajos niveles de madurez tecnológica, lo que supone el primer filtro) y se analizan con el objetivo de identificar aquellas que tengan mayor potencial de disrupción (segundo filtro).

A nivel nacional, el proceso de identificación de tecnologías, tanto emergentes como disruptivas, se lleva a cabo en el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT), con el apoyo de su red de colaboradores.

Además, en la fase final del proceso, se identifican áreas tecnológicas de interés donde lanzar actividades de cooperación a nivel europeo. Las áreas seleccionadas en 2011 fueron:

- fusión de datos e información;
- biomimetismo;
- materiales para almacenamiento de energía;
- captación de energía;
- predicción del comportamiento de grupos;
- fuentes y detectores de energía;
- furtividad mediante en plasma;
- láseres de pulsos ultra-cortos;
- robots autónomos;
- métodos matemáticos probabilísticos;
- metamateriales.

Esta áreas se seleccionan a partir de la lista de tecnologías disruptivas, seleccionando aquellas en las que existe mayor interés, es decir, que están

alineadas con el Plan a Largo Plazo de Armamento y Material (PLP-AM) y la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa 2010 (ETID) y en las que existe cierta capacidad tecnológica nacional.

Las conclusiones del Lol DTG se elevaron al GRD que, tras felicitar al grupo por su trabajo, propuso a la EDA (Agencia Europea de Defensa) iniciar el estudio sobre la viabilidad de un nuevo *Joint Investment Programme on Innovative Concepts and Emerging Technologies* (JIP ICET)³. Este programa incluirá, entre sus temas de I+D, algunas de las áreas tecnológicas anteriores. El lanzamiento del programa, JIP ICET 2 se aprobó en el *Steering Board* ministerial de la EDA, el pasado mes de marzo. Está previsto que el programa se lance entre finales de 2012 y principio de 2013, por lo que todavía no están definidos ni los países participantes ni los temas de I+D definitivos que cubrirá dicho programa. El programa será un Categoría A, similar al los anteriores JIP FP (*Force Protection*), JIP ICET o el próximo JIP CBRN.

El Grupo de Tecnologías Disruptivas de la Lol prosigue ahora su trabajo, bajo el liderazgo sueco.

³ Más información sobre el EDA JIP ICET en los Boletines nº 18, 19 y 24 y en la página Web de la EDA: www.eda.europa.eu/genericitem.aspx?id=368.

¹ Más artículos sobre tecnologías disruptivas en los Boletines nº 2, 9, 10 y, en especial, en el nº 25 (artículo "Tecnologías Disruptivas: Mirando el futuro tecnológico").

² Lol o Lol/FA EDIR (*Letter of Intent-Intentions / Framework Agreement for European Defence Industrial Restructuration*): acuerdo marco para facilitar la reestructuración de la industria europea de defensa, con el fin de promover una base tecnológica e Industrial más potente y competitiva en el marco de una política común europea de seguridad y defensa. Los países miembros son: Alemania, España, Francia, Italia, Reino Unido y Suecia. Además, Holanda participa en el Grupo de Tecnologías Disruptivas.



Jornada sobre los programas TALOS y AMIGOS

Nuria Barrio Santamaría y Fernando Cases Vega, OT TICS

El pasado 25 de enero de 2012 se celebró una jornada tecnológica sobre los programas de I+D TALOS y AMIGOS. Esta jornada tuvo lugar en el Cuartel General del Ejército de Tierra y fue organizado por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT) de la SDG-TECIN en colaboración con la División de Logística (DIVLOG) del EME.

Con esta puesta en común de los programas, el SOPT persigue la difusión de los resultados de los programas de I+D. Para esta tarea se contó con la participación de los principales actores que han intervenido en su desarrollo.

En esta ocasión se celebraron dos sesiones diferenciadas, en primer lugar, las presentaciones relativas al programa TALOS, para posteriormente dejar paso a las ponencias relacionadas con el programa AMIGOS.

Ambas sesiones tuvieron la misma estructura, comenzaron con una presentación por parte de la SDG-TECIN en la que se destacaron los aspectos principales de gestión y de desarrollo de los programas. Posteriormente se recogieron las impresiones de los usuarios finales, en las que se expusieron las experiencias adquiridas, las lecciones aprendidas, y las expectativas de uso desperdadas por los programas. Para finalizar, una presentación por parte de la industria que mostró la visión y la evolución de futuro de los sistemas. A continuación se recoge lo más destacado de cada uno de los programas de I+D.

TALOS

Este programa, adjudicado a la empresa GMV, desarrolla un sistema de mando y control con capacidades de apoyo de fuego y de control de maniobra. El sistema conforma una herramienta de planeamiento y conducción de las funciones de combate apoyos de fuego y maniobra.

A lo largo del programa, cabe destacar la colaboración prestada por cua-



Fig. 1. Póster de la Jornada de difusión.

tro grupos de artillería de campaña (ACA) del ET y uno de la Infantería de Marina (IM). Esta colaboración se ha venido prestando no sólo en el momento de la definición de necesidades y captura de requisitos, sino también en el momento del desarrollo y de su evaluación.

El representante de la Legión (uno de los cuatro grupos ACA del ET en probar el sistema) informó sobre las evaluaciones del producto. Consideró que, como funcionalidad de apoyo de fuegos cubre las expectativas de un Grupo de Artillería de Campaña (GACA) y responde a las necesidades más exigentes de los nuevos escenarios. Recalcó que es necesario seguir evolucionando añ-

diendo la capacidad de uso en morteros y su integración con sistemas de simulación.

El representante de IM expuso la implantación del sistema en la Armada, incluyendo el apoyo de fuegos en artillería de campaña, en buques de superficie y aviación aeronaval y en unidades de maniobra. Continuó la exposición con la valoración positiva del producto, basada en ejercicios y comparándola con una herramienta similar, y resaltando que TALOS integre el planeamiento, conducción, posicionamiento y seguimiento de unidades en único sistema. Por último indicó que TALOS es la herramienta

de Mando y Control en el ámbito de las unidades de Infantería de Marina.

AMIGOS

El programa AMIGOS es un Sistema de Identificación Militar Avanzada para Sistemas Operativos terrestres. Surge por la necesidad de nuestras Fuerzas Armadas por contar con un sistema de identificación capaz de trabajar en un entorno de operaciones aliado que evite el fuego fratricida.

El programa ha supuesto un gran avance en el desarrollo tecnológico español, liderado por el contratista principal INDRA. Se trata del tercer sistema de identificación que cumple el STANAG 4579 en el mundo, tras el norteamericano de RAYTHEON y el desarrollado conjuntamente por ingleses y franceses de la empresa THALES.

AMIGOS es un proyecto íntegramente español, en el que se diseña, desarrolla y fabrica un sistema de identificación tierra-tierra que cumple con la especificación OTAN STANAG 4579.

Cabría destacar la participación del ejército español en los ejercicios multinacionales de BOLD QUEST 2011, con el objetivo de demostrar la interoperabilidad del equipo en un entorno OTAN. Estos ejercicios se desarrollaron en Camp Atterbury, Indiana (Estados Unidos) del 8 al 23 del pasado mes de septiembre de



Fig. 2. El Subdirector General de Tecnología e Innovación, C.A. Jesús Manrique, clausurando la Jornada.

2011, pudiéndose probar con éxito la capacidad de identificación y de *data-link*, funcionalidad ésta que contribuye a la mejora de la conciencia situacional de las fuerzas propias y aliadas mediante el intercambio continuo y seguro de la información, principalmente de posición y que es opcional en el acuerdo OTAN anteriormente citado.

Durante la jornada se puso de manifiesto el gran potencial del programa

AMIGOS para evolucionarse a un sistema portable, que pueda ser transportado por el soldado desmontado.

Como conclusión, destacar el papel de los programas de I+D que desarrolla la SDGTECIN tanto en capacitación nacional en áreas eminentemente tecnológicas, como en el propio desarrollo de nuestras Fuerzas Armadas.

Hojas de ruta de la ETID

Unidad de Estrategia e Innovación,
SDG TECIN

La innovación tecnológica juega un papel esencial a la hora de satisfacer las necesidades militares y contribuir a lograr las capacidades operativas deseadas. Asimismo, mediante la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías se hacen realidad nuevos sistemas para dotar a las Fuerzas Armadas. El ejercicio de estas actividades debe estar regido por criterios de necesidad, prioridad y eficiencia.

Mediante la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID), publicada en septiembre de 2010, el



Ministerio de Defensa traslada a todos los proveedores nacionales de I+T (industria, universidad, centros de investigación, etc.) cuáles son los objetivos tecnológicos a alcanzar para que nuestras Fuerzas Armadas puedan disponer en el futuro de las tecnologías que precisen para el desarrollo de sus misiones. Estos objetivos o "Metas Tecnológicas" constituyen un elemento clave y fundamental de la Estrategia, ya que son la guía para

determinar las actividades de I+T que habrá que acometer en el futuro.

Sin embargo, para que las Metas Tecnológicas puedan orientar de manera eficaz las actividades de I+T futuras es necesario profundizar en el nivel de detalle de dichas Metas, identificando líneas de trabajo, actividades, hitos y pasos intermedios. Para cumplir este objetivo, cada Meta Tecnológica de la ETID tendrá asociada una **Hoja de Ruta** específica que recogerá dicha información.

La Subdirección de Tecnología e Innovación de la DGAM se encuentra actualmente elaborando dichas Hojas de Ruta, con la colaboración de los centros tecnológicos del Ministerio de Defensa: INTA, ITM y CEHIPAR. Más información en: etid@oc.mde.es.

Plataformas Tecnológicas Españolas y el SOPT

Héctor Criado de Pastors, OT ENEP

La Unión Europea ha impulsado en los últimos años el desarrollo de Plataformas Tecnológicas Europeas (*European Technology Platforms – ETP*) a través del VII Programa Marco. Estas plataformas tienen como objetivo abordar problemas estratégicos en aquellos casos en que lograr el crecimiento, la competitividad y la sostenibilidad futuros de Europa dependen de avances tecnológicos decisivos, así como lograr una estructuración completa del sistema Ciencia-Tecnología-Empresa.

Las Plataformas Tecnológicas Españolas (PTEs) suponen un instrumento de refuerzo y complemento de las europeas y permiten encaminar esfuerzos hacia un escenario más comprometido, planificado y estructurado de la innovación.

Las plataformas son estructuras público-privadas, lideradas por la industria, con la participación de los agentes del sistema ciencia-tecnología innovación (universidades, centros de investigación, administraciones públicas, industria), capaces de definir la visión a corto, medio y largo plazo y de establecer la estrategia en I+D+i.

Para seguir siendo competitiva, la industria española y europea necesita especializarse más en áreas de alta tecnología, incrementando la inversión en investigación y mejorando la coordinación entre los agentes relevantes y elevando el contenido tecnológico de la actividad industrial. Las plataformas tecnológicas abordan estos desafíos gracias a:

- la visión compartida de las partes interesadas,
- el efecto positivo sobre una amplia gama de políticas,

- la reducción de la fragmentación en las actividades de investigación y desarrollo,
- la movilización de las fuentes de financiación pública y privada.

El antiguo MICINN (actualmente Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Innovación) fomenta el desarrollo de las PTEs mediante el programa INNFLUYE, que en su convocatoria de 2011 ha apoyado a un total de 49 PTEs, con un presupuesto total de 5,4M€.

Actualmente, varios Observatorios Tecnológicos (OTs) del Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT) participan en estas plataformas:

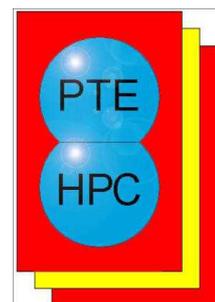
El Observatorio Tecnológico de Óptica, Optrónica y Nanotecnología (OT OPTR) participa en la plataforma Fotónica 21 (Plataforma Tecnológica Española de Fotónica), que coordina las actividades de la plataforma europea Photonics21. Actualmente, se está desarrollando la agenda estratégica de investigación.

El Observatorio Tecnológico de Materiales (OT MAT) participa en la plataforma MATERPLAT (Plataforma Tecnológica Española de Materiales Avanzados y Nanomateriales), a nivel informativo y colaborativo, asistiendo periódicamente a las reuniones que se celebran en los grupos de “aleaciones ligeras”, “polímeros y materiales compuestos” y “nanomateriales” y a las jornadas que esta plataforma organiza. En 2011, se publicó “MATERPLAT 2020: *roadmap* de innovación tecnológica” en el que se describen las líneas tecnológicas de mayor interés de cara a los próximos años en el sector de los materiales. Uno de los objetivos actuales es la elaboración de un documento prospectivo sobre nuevos materiales y tecnologías de procesado.

El Observatorio Tecnológico de Energía y Propulsión (OT ENEP) participa en tres plataformas:

- BIOPLAT: Plataforma Tecnológica Española de Biomasa. Se participa a nivel informativo en el grupo de trabajo “biocombustibles para el transporte”, y los subgrupos de “algas”, “gasificación” y “relaciones internacionales”. Cabe destacar la reciente publicación del Plan de implementación a 2015 que incluye una serie de acciones en I+D+i tanto para tecnologías en fase de implantación industrial o pre-industrial, como de aquellas tecnologías en una fase de investigación menos avanzadas.
- PTE-HPC: Plataforma Tecnológica Española del Hidrógeno y Pilas de Combustible. Se participa en el grupo de estrategia y, dentro de éste, en los subgrupos de generación y usos del hidrógeno.
- SOLAR CONCENTRA: Plataforma Tecnológica Española de Energía Solar de Concentración, creada en 2011. Se participa en los grupos de trabajo “prospectiva y planificación” y “priorización de actividades I+D+i”.

La participación en las plataformas tecnológicas es de gran interés para el SOPT desde varios puntos de vista. Por un lado, mejora el conocimiento del SOPT de las capacidades tecnológicas nacionales, lo que es especialmente importante en áreas en las que la actividad del sector civil es muy considerable. En estas áreas, las plataformas tecnológicas se convierten además en un interlocutor fundamental a la hora de mejorar y profundizar en la red de colaboradores y contactos de los observatorios. Además, dado que la actividad de la base tecnológica nacional en muchas de estas áreas ha estado tradicionalmente alejada del sector de defensa, las PTEs pueden facilitar la tarea de difusión de las prioridades tecnológicas, programas y oportunidades en el sector de defensa, tanto a nivel nacional como europeo.



ITM y gestión ambiental

Guillermo Fontanals, INSA,
Área Apoyo Dirección ITM

La reciente instrucción 56/2011, de 3 de agosto, del SEDEF sobre Sostenibilidad Ambiental y Eficiencia Energética en el ámbito del MINISDEF (BOD nº 155 de 9 de agosto de 2011), dispone la redacción y desarrollo de una política ambiental basada en el concepto de desarrollo sostenible, compatible con la misión de las FAS, con el fin de minimizar los impactos ambientales de todas sus actividades.

Asimismo, y como principal herramienta para la consecución, mantenimiento y seguimiento de los objetivos incluidos en dicha Política, se establece la utilización de los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) certificados de acuerdo a los requisitos de la norma UNE-EN ISO 14001, los cuales serán los que permitan evaluar el comportamiento ambiental de las distintas BAEs en las que se implante.

Las instalaciones del Instituto Tecnológico La Marañosa (ITM) en San Martín de la Vega (Comunidad de Madrid), como no podía ser de otro modo y en cumplimiento de la mencionada instrucción, se encuentran actualmente en proceso de implantación de un SGA, cuyo alcance se irá ampliando paulatinamente en base a la planificación definida, hasta la total inclusión de sus instalaciones localizadas en la finca del mismo nombre. Dicha implantación forma parte de un proceso de gestión más amplio que constituirá, en un futuro, la puesta en marcha de un Sistema Integrado de Gestión de Calidad, Medio Ambiente y Seguridad y Salud, igualmente certificable mediante las normas correspondientes UNE-EN ISO 9001 para Calidad, la citada UNE-EN ISO 14001 para Medio Ambiente y OH-SAS 18001 para Seguridad y Salud.

Si bien la implantación, puesta en marcha y mantenimiento de cualquier SGA en cada organización entraña cierta dificultad intrínseca, en el caso del ITM se acentúa por el hecho de ubicarse en un espacio natural de especial protección: el *Parque Regional del Sureste*, una de las zonas biogeográficas más ricas e interesantes de la Comunidad de Madrid por su diversidad y riqueza en formaciones vegetales y especies faunísticas.

Aunque la mayor parte de las instalaciones del ITM se localizan en la zona de menor protección del Parque (según la zonificación del territorio corresponde a la Zona E, destinada a infraestructuras y equipamientos varios), esta circunstancia obliga a establecer mayores y mejores medidas de prevención de la contaminación, dada la sensibilidad del entorno, así como a promover con mayor empuje la sensibilización y concienciación ambiental de todo su personal.

Como tarea previa a la redacción e implantación del sistema, se realizó una evaluación ambiental de las instalaciones contenidas en el alcance del mismo, observándose, en general, una buena salud de su estado ambiental, sobre todo en la gestión de los residuos generados, tanto peligrosos como no peligrosos, mediante empresas autorizadas para estos fines.

El SGA del ITM dispone de los mecanismos necesarios para controlar los aspectos ambientales generados en todas las actividades de sus áreas, así como para prevenir y, en el peor de los casos corregir, los accidentes e incidentes de tipo ambiental que pudieran surgir. La gestión de estas actividades de prevención y corrección de impactos ambientales se realiza en estrecha colaboración con la gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, así como con la de Seguridad Integral del Instituto.

Asimismo, se establecen pautas destinadas a mejorar la eficiencia energética y disminuir el consumo de energía, metas imprescindibles para lograr un desarrollo sostenible compatible con las actividades del ITM.

Pero el espíritu de una buena gestión ambiental es, entre otros, el de la

mejora continua: ejecución de una autoevaluación regular y consecución de un sistema de gestión dinámico donde se utilicen, en la medida de lo posible, las mejores técnicas adecuadas para la disminución de la contaminación que generen todas las actividades llevadas a cabo.

Es por ello que, si bien a nivel de proyecto constructivo se incluyó alguna de estas técnicas (por ejemplo, el uso de la energía solar térmica como complemento a la generación de agua caliente sanitaria en los edificios), resultaría adecuado implementar otras que condujeran a los fines perseguidos por la sostenibilidad y eficiencia energética que reseña la Instrucción del MINISDEF antes comentada.

Entre ellas, se podrían citar las siguientes:

Redacción de un estudio de eficiencia energética al conjunto de las instalaciones del ITM con el fin de evaluar el estado energético actual, proponiendo medidas correctivas al respecto e implementándolas en base a un calendario de actuaciones previamente definido y autorizado.

- Revalorización o reutilización, como biomasa o compostaje, de los residuos de origen vegetal obtenidos tanto en las tareas selvícolas llevadas a cabo en el entorno natural del Instituto como en el mantenimiento de las zonas verdes de éste. El uso como biomasa podría tener un fin económico de venta a terceros, mediante los procedimientos que permita la legislación vigente aplicable, y como compost, para el uso interno de abonado de zonas verdes.



Fig. 1. Repoblación de pinos realizada en el ITM.

- Generación de energía eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos conectados a la red y ubicados en los casi 22.000 m² de cubiertas de edificios existentes. La ejecución de tal proyecto conllevaría, además, la venta de la energía eléctrica sobrante a la red y el consiguiente beneficio económico. Este proyecto podría ayudar a solucionar la demanda de

energía eléctrica que se prevé necesiten las instalaciones a corto plazo.

- Aplicación de la geotermia como fuente de energía renovable para generar frío y calor en las instalaciones del ITM, con las consiguientes disminuciones de emisiones de CO₂ a la atmósfera y de la factura de propano utilizado en la climatización de los edificios.

- La potencialidad, por tanto, de puesta en marcha de proyectos de desarrollo ambiental en el ITM es extensa, si bien y como contrapartida, la capacidad de realización de los mismos no está en la misma proporción, ya que los mecanismos de protección legales sobre el medio limitan en cierta medida dicho desarrollo.

III Congreso Internacional sobre Análisis de Agresivos de Guerra Química

Esther Gómez Caballero, Jefa Laboratorio Verificación Armas Químicas (LAVEMA), Instituto Tecnológico la Marañosa (ITM)

Durante los días 8 y 9 del pasado mes de diciembre, tuvo lugar en Helsinki, Finlandia, el III Congreso Internacional sobre Análisis de Agresivos de Guerra Química (CWAs), en el marco del año internacional de la Química 2011.

Este Congreso, presidido por el Director General de la Organización para la Prohibición de Armas Químicas (OPCW), Ahmet Uzumcu, ha sido organizado conjuntamente por la OPCW y el Laboratorio Finlandés de Verificación (VERIFIN). Se presentaron once pósters científicos, dos de los cuales han sido realizados por el LAVEMA. Las veintinueve conferencias impartidas se agruparon en siete áreas de interés: los nuevos *Blue Books*, muestras biomédicas, análisis de toxinas, *proficiency tests* (PTs), nuevos métodos de análisis, interpretación de datos analíticos y muestras mixtas B y Q. Los ponentes pertenecen a laboratorios designados por la OPCW o son especialistas de reconocido prestigio internacional en el campo de la Convención de Armas Químicas (CAQ).

Durante este Congreso, se distribuyó la última edición de los *Blue Books*. Esta compilación de tratamientos de muestras y análisis de CWAs es fruto de la colaboración internacional de catorce de los dieciocho laboratorios designados por la OPCW. El LAVEMA, laboratorio designado desde 2004, ha contribuido activamente en la redacción y revisión de varios capítulos de los *Blue Books*.



Las conferencias impartidas sobre el análisis de muestras biomédicas describieron el potencial de la técnica

de la técnica cromatografía de líquidos acoplada a espectrometría de masas con detector de triple cuadrupolo [LC-MS (tripleQ)] para el análisis de los metabolitos de CWAs presentes en muestras de orina.

El representante del laboratorio inglés, DSTL, comentó los resultados del primer ejercicio de análisis de muestras biomédicas realizado en 2009. Asimismo, se anunció la convocatoria del segundo ejercicio, el cual tendrá lugar durante los meses de febrero y marzo de 2012. El LAVEMA participó en el primer ejercicio y tiene intención de participar en el segundo.

Dos de las conferencias relativas al análisis de toxinas controladas por la OPCW (ricina y saxitoxina), fueron impartidas por el representante del laboratorio chino AMMS. Describió el análisis de ricina mediante LC-MS y el representante del laboratorio finlandés describió un método novedoso para la identificación de saxitoxina en muestras de algas mediante la técnica LC-MS-MS con columnas HILIC.

Durante la sesión relativa a los PTs, el jefe del laboratorio de la OPCW, Hugh Gregg, agradeció la colaboración de los laboratorios en las tareas de preparación de muestras y evaluación de los resultados durante estos exámenes de capacitación técnica organizados por la OPCW y de obligada participación para los laboratorios designados. El LAVEMA preparó las muestras del 23^oPT y realizará la evaluación de los resultados del 32^oPT, el cual tendrá lugar en el último trimestre de 2012.

La representante española impartió una conferencia sobre el método de

validación de los CWAs realizado por el LAVEMA. La validación es un requisito exigido por la entidad de acreditación de calidad española, ENAC, para mantener la acreditación del laboratorio bajo la norma ISO17025.

En esta sesión se explicó también la estrategia analítica seguida por el laboratorio designado francés DGA CBRN Defence, durante los análisis de las muestras de los PTs.

Las conferencias sobre nuevos métodos de análisis versaron sobre nuevos experimentos de Resonancia Magnética Nuclear (RMN), nuevas hibridaciones en LC-MS de alta resolución y nuevas combinaciones de la técnica de espectrometría de movilidad iónica (IMS) con otras técnicas espectroscópicas para intentar reducir el número de falsos positivos de la técnica IMS.

Se hizo especial mención a la técnica de microextracción en fase sólida (SPME) para analizar muestras reales procedentes de armas abandonadas con CWAs, ya que esta técnica minimiza la manipulación de muestra, reduciendo el riesgo de contaminación con este tipo de compuestos.

Durante la sesión de interpretación de datos analíticos, se presentó la última versión de la base de datos analítica de la OPCW, la cual será enviada a los laboratorios designados a comienzos de 2012.

Representantes del laboratorio móvil finlandés describieron el protocolo de actuación a la hora de tratar muestras mixtas con contaminación biológica y química (B y Q).

En la conferencia de clausura, impartida por la directora del VERIFIN, Paula Vanninen, se puso de manifiesto la importancia de la cooperación internacional entre los distintos laboratorios designados por la OPCW.

Jornada técnica: "La Armada Española, motor de la tecnología militar"

Juan Jesús Díaz Hernández, OT SNAV

Durante los pasados días 27 al 29 de febrero de 2012, se llevaron a cabo en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales estas jornadas, organizadas conjuntamente por la Armada Española y la Universidad Politécnica de Madrid.

El acto estuvo presidido por el Director de la E.T.S.I. Navales, D. Jesús Panadero Pastrana, y el D. Andrés Amable Breijo Claúr, Almirante Director de Enseñanza Naval de la Armada. Siendo la clausura del acto a cargo del D. Jesús Manrique Braojos, Subdirector de Tecnología e Innovación de la DGAM.

Durante las mismas se analizaron y expusieron la contribución de la Armada Española al desarrollo tecnológico e industrial y su aportación a la industria nacional, en concreto al sector naval.

Es de destacar la extensa representación del Ministerio de Defensa durante las mismas, con conferenciantes del Cuerpo de Ingenieros de la Armada, Cuerpo General, Cuerpo de Intendencia y del Cuerpo de Infantería de Marina.

Se estructuraron en diversas temáticas que abarcaron desde el proceso de planeamiento de la defensa incluyendo el proceso de obtención, hasta el futuro de la Armada en el horizonte de 2025 junto con la presentación del futuro y novedoso concepto de la fragata F-110. A través de estas ponencias se ha hecho especial hincapié en el planeamiento de las fuerzas y las tecnologías implicadas, así como que a través de la inversión en estos programas se contribuye decisivamente a crear una base industrial y tecnológica en un sector de importancia capital para el país.

Las jornadas han supuesto una oportunidad para dar a conocer el marco legislativo que rige el ciclo de planeamiento, el proceso de obtención, las tecnologías que en el futuro serán requeridas por la Armada, el escenario a largo plazo, la dimensión marítima nacional, capacidades exigibles

(protección de las líneas de comunicación; control del mar; proyección del poder naval; disuasión y defensa colectiva, etc.), ámbitos de actuación (defensa nacional, misiones de prevención y respuesta de crisis, ámbito de la seguridad marítima, etc.).

A modo conclusión estas jornadas han puesto de manifiesto, por un lado, la importancia de este sector y por otro, las dificultades técnicas, operativas y normativas que se han de superar para continuar avanzando en su consolidación dentro del entorno actual.

Finalmente han servido para confirmar el importante carácter tractor que representa la Armada, que junto a las sinergias creadas con el astillero público Navantia, les ha permitido hoy en día posicionarse como un referente en el entorno internacional, citando a modo de ejemplo las valiosas Fragatas Clase Álvaro de Bazán (F-100), el Buque de Proyección Estratégica LHD "Juan Carlos I", o los Buques de Acción Marítima (BAM), modelos todos ellos exportables y en algunos casos ya exportados a otras marinas.

Ejemplos de modelos de exportación

Fragatas - Construcción de cinco fragatas AEGIS clase Fridtjof Nansen, firmadas en el 2000 para la Marina Noruega, ya entregadas en su totalidad, basadas en el desarrollo nacional F-100 y construidas en el astillero de Ferrol.

LHD - Diseño de Navantia y construcción en colaboración con el Astillero local (BAE) para la Marina Australiana, donde gran parte de la producción de los dos buques (80% aprox.) se realiza en el astillero de Fene-Ferrol.

AWD - Construcción de tres destructores para la Marina Australiana por el astillero local ASC (*Adelaida South Australia*), e integración del sistema de combate por Raytheon Australia, siendo Lockheed Martin el suministrador del sistema AEGIS. Navantia aporta el diseño de la F-100 adaptado a los requisitos australianos, parte de la producción de los bloques y un paquete de asistencia técnica.

LCM - Construcción de doce lanchas de desembarco para la Marina Australiana, que se construirán íntegramente en los astilleros de la Bahía de Cádiz.

Patrulleros Oceánicos - Construcción de cuatro unidades para la Marina Venezolana de Patrulleros Oceánicos de Vigilancia de la Zona Económica Exclusiva (POVZEE) tipo Avante 2200 y de cuatro Buques de Vigilancia del Litoral (BVL), firmados en 2005, y que se están construyendo en el Astillero San Fernando-Puerto Real.

Fuente Información:

http://www.navantia.es/prensa/noticia_7.php

http://www.navantia.es/prensa/noticia_4.php



Fig. 1. CF CIA Manuel A. Martínez, D. Jesús Panadero - Director de la E.T.S.I. Navales, D. Andrés Amable Breijo - Almirante Director de Enseñanza Naval de la Armada, CNI Pedro Saura.

Resultados VII Programa Marco: Seguridad

Héctor Criado de Pastors, OT ENEP

En la convocatoria de 2011 del VII Programa Marco de la UE, según los datos provisionales, España ha obtenido un retorno de 363 M€ (10,2% UE-27) colocándose en 4ª posición del total de países de la UE. El tema de Seguridad responde a la necesidad de una estrategia europea de seguridad amplia que abarque medidas tanto en el ámbito civil como de defensa.

El objetivo general es el desarrollo de tecnologías y conocimientos que



garanticen la seguridad ciudadana, actuando sobre amenazas tales como terrorismo y crimen organizado, desastres naturales y accidentes industriales, teniendo en cuenta los derechos humanos fundamentales incluyendo la privacidad.

En la convocatoria de seguridad de 2011 las entidades españolas están presentes en 32 de las 62 actividades financiadas (51,6%) y lideran 10 de ellas (16,1%), lo que supone una subvención de 22,6 M€ para nuestro

país, que se sitúa en cuarta posición por retorno, con un 10,2% UE-27 (9,3% del total), manteniendo unos resultados excelentes, en línea con lo conseguido en la convocatoria de 2010.

Cabe destacar la colaboración con los ministerios de Defensa e Interior con el CDTI que han creado grupos de coordinación que sirven de apoyo para aquellas empresas que planteen iniciativas en temas de I+D+i.

agenda

RTO Lecture Series "Next Generation Communications"

Del 23 al 24 de abril de 2012, Helsinki
Más información en www.rto.int

UNVEX'12 Cumbre española de sistemas no tripulados

Del 23 al 26 de abril de 2012, Madrid
Más información en www.unvex12.com

SIMSEC 2012 – Tecnologías de simulación para seguridad y defensa

Del 8 al 10 de mayo de 2012, Madrid
Más información en www.grupoateneasd.es/simsec

Aerospace y Defense Meetings Sevilla

Del 14 al 17 de mayo de 2012, Sevilla
Más información en www.bciaerospace.com/sevilla/index.php/es.html

CoSeRA 2012: Compressed Sensing Applied to Radar

Del 14 al 16 de mayo de 2012, Bonn
Más información en <http://workshops.fhr.fraunhofer.de/cosera/>

RTO: SCI-247 Symposium "Port and Regional Maritime Security"

Del 21 al 23 de mayo de 2012, Lercici, Italia
Más información en www.rto.int

EDA: Workshop on: European Unmanned Maritime Systems

23 y 24 de mayo de 2012, Bruselas
Más información en www.eda.europa.eu

6th Counter IEDs 2012

Del 30 de mayo al 1 de junio de 2012, Londres
Más información en www.counteriedevent.com

RTO: Workshop "Sustainable Cities and Military Installations: Climate Change Impact on Energy and Environmental Security"

Del 3 al 6 de junio de 2012 en Hella, Islandia
Más información en www.rto.int

RTO-SAS-095 Cost/Benefit Analysis of Training

5 y 6 de junio de 2012, Amsterdam
Más información en www.rto.int

Cyber Defence TechWatch Day

6 de junio de 2012, NATO NC3A, La Haya
Más información en nc3a.nato.int

Symposium on CBRNE Threats

Del 11 al 14 de junio de 2012, Turku, Finlandia
Más información en www.nbc2012.org

EDA Conference "Maritime Laser Applications"

Del 13 al 15 de junio de 2012, EDA, Bruselas
Más información en www.eda.europa.eu

EDA Military Green 2012

19 y 20 de junio de 2012, Bruselas.
Más información en www.eda.europa.eu

4th Summer School on Radar / SAR

Del 13 al 20 de julio de 2012, Bonn
Más información en www.radarsummerschool.fhr.fraunhofer.de

Tecnologías Emergentes

Biorreguladores: Posibles agentes de guerra no convencionales

Angélica Acuña Benito, OT NBQ

Los avances en ciencias de la vida y en biotecnología, han favorecido la obtención de nuevas amenazas. Un ejemplo de estas nuevas amenazas son los microorganismos modificados genéticamente con capacidades específicas que les permiten producir nuevas toxinas, evitar ser detectados por los equipos disponibles, sobrevivir en ambientes adversos o resistir a las contramedidas médicas disponibles. A esto, hay que sumarle los avances alcanzados en las últimas décadas en los campos de la neurociencia, farmacología y biología estructural, que ha generado un conocimiento profundo del funcionamiento del mecanismo de recepción de sustancias de transmisión química en las células nerviosas, a través de las cuales se regulan gran número de procesos celulares.

Un ejemplo de este tipo de sustancias son los reguladores biológicos o bioreguladores, que son moléculas pequeñas que modulan la función fisiológica, por la activación o inhibición de enzimas, la unión a receptores celulares, la activación de señales, etc. En circunstancias naturales, los biorreguladores se sintetizan en pequeñas cantidades en una variedad de organismos vivos y son esenciales para mantener la homeostasis fisiológica. Por tanto, en manos equivocadas, estos compuestos podrían ser utilizados como agentes de guerra no convencionales.

A diferencia de los agentes biológicos, que tienen períodos de incubación de horas o días, el inicio de la acción de los biorreguladores puede ocurrir en cuestión de minutos tras la exposición e inducir profundos efectos fisiológicos. Esta capacidad les hace estar incluidos en la Convención de Prohibición de Armas Químicas y en la Convención sobre Armas Biológicas.



Fig. 1. Una neurona bajo los efectos de endorfinas (Fuente: <http://atandosalud.blogspot.com/2011/08/las-endorfinas.html>).

El campo de actividad de los biorreguladores abarca el sistema de vida completo, desde los procesos mentales hasta muchos aspectos relacionados con la salud, tales como el control del estado de ánimo, la conciencia, el control de temperatura, el sueño o las emociones. Y es esta gran variedad de efectos sobre los procesos fisiológicos lo que hace que, junto con su potencial de acción rápida, resulten tan atractivos desde el punto de vista militar y/o terrorista.

Algunos de los biorreguladores más significativos, que pueden ser usados como agentes de guerra no tradicionales, son:

- **Neurotransmisores**, como el ácido gamma-amino-butírico (GABA) (principal neurotransmisor inhibitorio cerebral, inductor del sueño, anticonvulsivo, antihipertensivo, etc.) o el L-glutamato (principal neurotransmisor excitador).

- **Péptidos activados biológicamente**, como las encefalinas y endorfinas (opioides que modulan el dolor), neuropéptido y (asociado a varios procesos fisiológicos cerebrales como

la regulación del balance energético, memoria, aprendizaje y epilepsia), sustancia P (participa regulando la respuesta del sistema nervioso ante situaciones de estrés, entre las que se incluye la agresión y el dolor persistente).

- **Hormonas**, como la oxitocina, (regula las emociones, se la conoce como la hormona del amor), la vasopresina o ADH (hormona antidiurética que regula el flujo urinario y por tanto el balance del agua), cortisol o hidrocortisona (hormona esteroidea que se libera como respuesta al estrés y a un nivel bajo de glucocorticoides en la sangre), o la insulina (hormona proteica que mantiene los niveles de glucosa en sangre)

Al igual que con los agentes químicos y biológicos, no todos los biorreguladores resultan de interés para su posible uso militar o terrorista. Para valorar este interés, se emplean criterios diferentes, a los que se les asigna un valor alto, medio o bajo, lo que permite clasificar e identificar aquellas sustancias con mayor potencial.

Los criterios empleados para determinar si un biorregulador tiene potencial como **agente de guerra** son:

- Conocimiento de que se haya desarrollado, producido, almacenado o usado como arma. Este criterio tiene un *valor bajo*.

- Capacidad de diseminación y contaminación. Si la diseminación es en forma de aerosol y en cantidades militarmente significativas y además, permite la contaminación de grandes áreas pudiendo afectar a grandes poblaciones, el *valor es alto*, y cuando la diseminación provoca la contaminación de suministros de agua y comida, el *valor es medio*.

- Elevada toxicidad o dosis mínima de toxicidad. Cuando el LD₅₀ (dosis mínima a la que se produce la muerte al 50% de la población expuesta) es inferior a 0.000025 mg/kg, el *valor es alto*, si LD₅₀ se encuentra entre 0.000025 y 0.0025 mg/kg, el *valor es medio*, y si LD₅₀ es superior a 0.0025 mg/kg, el *valor de este criterio es bajo*.

- Nivel de morbilidad (cantidad de personas o individuos considerados enfermos o víctimas de una enfermedad en un espacio y tiempo determinados) elevado. Cuando la enfermedad clínica requiere hospitalización para el tratamiento, incluyendo los cuidados de apoyo, su *valor es medio* y cuando el tratamiento ambulatorio es posible para la mayoría de los casos, su *valor es bajo*.

- Nivel de intoxicación elevado y por varias rutas. Si la intoxicación es vía oral, el *valor de este criterio es bajo*, si es respiratoria el *valor es medio*, y si es la intoxicación es por ambas vías, entonces el *valor es alto*.

- Niveles de mortalidad o incapacidad altos. Su *valor es alto* cuando se espera que el agente provoque una mortalidad o incapacidad superior o igual al 50%, un *valor medio* cuando la mortalidad esperada está entre el 21 y 49%, y *bajo* cuando la mortalidad es inferior al 21%.

- Profilaxis no eficaz o terapia comúnmente disponible y de amplio uso. Este criterio tiene un *valor bajo*.

- Estabilidad en el ambiente. Este criterio tiene un *valor bajo*.

- Dificultad para diagnosticar / detectar o identificar en un estadio temprano. Este criterio tiene un *valor bajo*.

- Fácil producción y transporte. Este criterio tiene un *valor bajo*.

Por otro lado, los criterios que se utilizan para determinar qué biorregulador tiene mayor potencial para ser usado con **finés terroristas** son:

- Nivel de morbilidad (cantidad de personas o individuos considerados enfermos o víctimas de una enfermedad en un espacio y tiempo determinados) elevado. Cuando la enfermedad clínica requiere hospitalización para el tratamiento, incluyendo los cuidados de apoyo, su *valor es medio* y cuando el tratamiento ambulatorio es posible para la mayoría de los casos, su *valor es bajo*.

- Niveles de mortalidad o incapacidad altos. Su *valor es alto* cuando se espera que el agente provoque una mortalidad o incapacidad superior o igual al 50%, un *valor medio* cuando la mortalidad esperada está entre el 21 y 49%, y *bajo* cuando la mortalidad es inferior al 21%.

- Estabilidad en el ambiente. Este criterio tiene un *valor bajo*.

- Fácil producción y transporte. Este criterio tiene un *valor bajo*.

- Capacidad de diseminación y contaminación. Si la diseminación es en forma de aerosol y permite la contaminación de grandes áreas, el *valor es alto*, cuando la contaminación es en cantidades que puede afectar a grandes poblaciones el criterio adopta un *valor medio*, y cuando la diseminación provoca la contaminación de suministros de agua y comida, el *valor es bajo*.

- Elevada toxicidad o dosis mínima de toxicidad. Cuando el LD₅₀ (dosis mínima a la que se produce la muerte al 50% de la población expuesta) es inferior a 0.000025 mg/kg, el *valor es alto*, si LD₅₀ se encuentra entre 0.000025 y 0.0025 mg/kg, el *valor es medio*, y si LD₅₀ es superior a 0.0025 mg/kg, el *valor de este criterio es bajo*.

- Nivel de intoxicación elevado y por varias rutas. Si la intoxicación es vía oral, el *valor de este criterio es bajo*, si es respiratoria el *valor es medio*, y si es la intoxicación es por ambas vías, entonces el *valor es alto*.

- Almacenamiento de los profilácticos y terapia basada en antídotos. Este criterio tiene un *valor bajo*.

- Mejora de la vigilancia y la educación. Este criterio tiene un *valor bajo*.

- Dificultad para diagnosticar o identificar en un estadio temprano o mejorar el diagnóstico laboratorial. Este criterio tiene un *valor bajo*.

- Percepción pública. El miedo público asociado a un agente y las posibles perturbaciones de masas civiles asociadas con incluso pocos casos de enfermedades. Este criterio tiene un *valor bajo*.

En los últimos años, se han realizado numerosos estudios sobre estas sustancias, centrados principalmente en nuevos métodos para su producción y síntesis y en el desarrollo de sistemas de liberación eficaces de estos compuestos. Estos estudios han permitido alcanzar una mejor comprensión de su modo de funcionamiento y una mayor rapidez en su obtención, lo que ha favorecido la aparición de nuevos biorreguladores lo suficientemente potentes como para ser cientos de veces más eficaces que los agentes de guerra química tradicionales. Algunas de las características más importantes de estos nuevos biorreguladores, que les aportan ventajas militares importantes, son su capacidad de ofrecer nuevos sitios de acción tóxica, efectos más rápidos y específicos, capacidad de atravesar los elementos filtrantes y los equipos de protección y, por tanto, de provocar una incapacidad física de forma eficaz.

Como conclusión final, señalar que, si bien los efectos de estos compuestos los hacen buenos candidatos como armas, no hay que olvidar que junto con esto primordial de disponer de sistemas eficaces para su diseminación en forma de aerosol, para que puedan atravesar la barrera sanguínea cerebral, llegar a la célula blanco y ser liberados en cantidades controladas. Así mismo, es necesario tener un conocimiento fisiológico preciso de cómo esa molécula regulatoria afecta al sistema nervioso, y de cómo esos efectos pueden ser controlados. Por otro lado, estas sustancias y sus sistemas de liberación o diseminación deben de poder producirse de forma escalable y con una relación coste-eficacia razonable.

Para más información, contacte con observatecno@oc.mde.es

Tecnología nanométrica basada en interferencia láser en microdispositivos

Santiago Miguel Olaizola, Noemi Pérez, Centro de Estudios e Investigaciones Técnicas de Gipuzkoa (CEIT-IK4)

En los últimos tiempos se ha incrementado notablemente el interés científico por las propiedades de la materia a escala nanométrica: las nanopartículas metálicas pueden aumentar la eficiencia de fotodetectores y células solares, los nanocanales son utilizados para estirar el ADN y mejorar la detección de elementos biológicos agresivos, las nanocorrugaciones superficiales pueden disminuir notablemente el coeficiente de fricción de piezas mecánicas alargando la vida útil de piezas críticas sometidas a rozamientos, etc., siendo éstos unos pocos ejemplos.

Sin embargo, pocas de estas aplicaciones que se basan en las propiedades únicas de la materia a escala nanométrica, se convierten en productos comerciales. El sector industrial no está incentivado para expandir sus actividades tecnológicas hacia la nanotecnología debido a los costes inaceptablemente altos, o a la imposibilidad de controlar los procesos de producción a escala nanométrica.

Una de las tecnologías más prometedoras para implantarse en procesos de producción, es la Litografía por Interferencia Láser (LIL). LIL es una técnica que procesa grandes áreas

en poco tiempo y es, por tanto, adecuada para la fabricación de grandes volúmenes de manera económica y eficiente. LIL se basa en el uso de interferencia de luz generada mediante dos o más haces coherentes. La tecnología LIL no es nueva, se conoce desde hace muchos años, y existen diferentes desarrollos experimentales y comerciales en función de las demandas de las aplicaciones.

El principio de funcionamiento es relativamente sencillo: un haz láser se divide en dos (o más) haces. Estos pasan a través de los componentes ópticos para ampliar y filtrar la luz y luego se hacen incidir con un ángulo específico (θ) en la superficie de un material que se quiere procesar (ver figura 1). Este material puede ser una fotosensibilizadora, que queda grabada con el patrón de interferencia. Un posterior ataque químico graba el patrón de la resina en el material sobre el que está depositada. Si los pulsos tienen la suficiente energía, éstos pueden grabar directamente el material mediante un proceso de ablación, sin necesidad de más procesos adicionales.

En general, la distribución de energía resultante del proceso de interferencia tiene forma sinusoidal, con periodo P definido por:

$$P = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$$

siendo λ la longitud de onda de la fuente de luz del sistema LIL. Obsérvese como LIL proporciona periodos de repetición típicamente menores

que la longitud de onda. Por ejemplo para una fuente de 355nm, el periodo teórico mínimo es 178nm y objetos mínimos del orden de 89nm. LIL proporciona un método para la fabricación de patrones periódicos o casi periódicos en grandes áreas, con resolución por debajo de los cientos de nanómetros. Sin embargo, ha habido poca investigación sobre la LIL para la estructuración de los materiales en aplicaciones de la nanotecnología, en comparación con otras tecnologías nanolitográficas, más utilizadas en el ámbito universitario y científico.

Para demostrar la potencia de esta técnica se presentan a continuación unos ejemplos de procesos. Estos procesos se han realizado en CEIT-IK4 con el sistema LIL de cuatro haces que se presenta en la figura 2. Este sistema utiliza un láser pulsado de Nd:YAG de 355nm en pulsos de 10ns y energía de hasta 400mJ por pulso. Los procesos se hacen con un solo pulso. El sistema está pensado para cambiar fácilmente el patrón generado y su escala. Para ello se ha automatizado, el movimiento de espejos y de la muestra que además, simplifica el alineamiento del sistema y permite el proceso completo de áreas cuadradas de 200mm de lado. En la figura 3 se muestran materiales procesados por LIL.

El kapton es un material muy utilizado en biosensores y dispositivos biomédicos en general. Este proceso puede utilizarse para ajustar la adhesión bacteriana a una superficie o maximizar el cociente superficie/volumen en sensores biológicos. La fi-

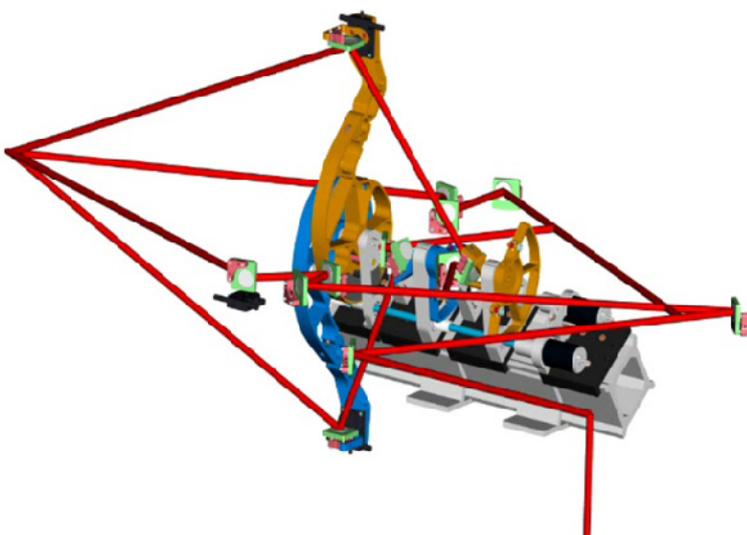


Fig. 1. Esquema simplificado de un sistema LIL de dos haces.

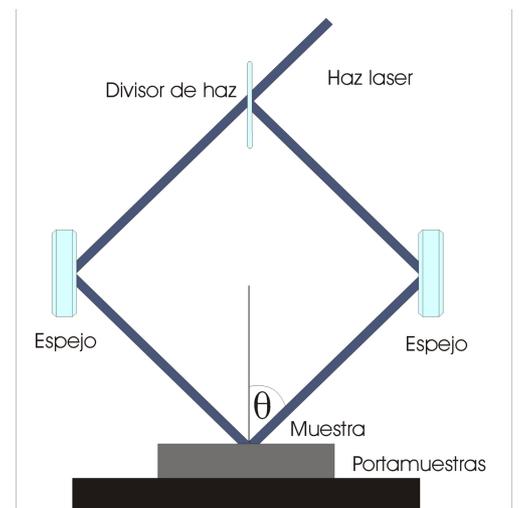


Fig. 2. Modelo de un sistema LIL de cuatro haces. Las líneas rojas representan el recorrido del haz de luz.

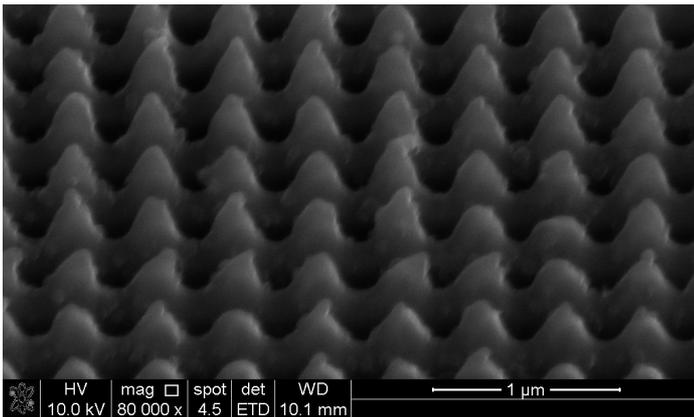


Fig. 3. a)

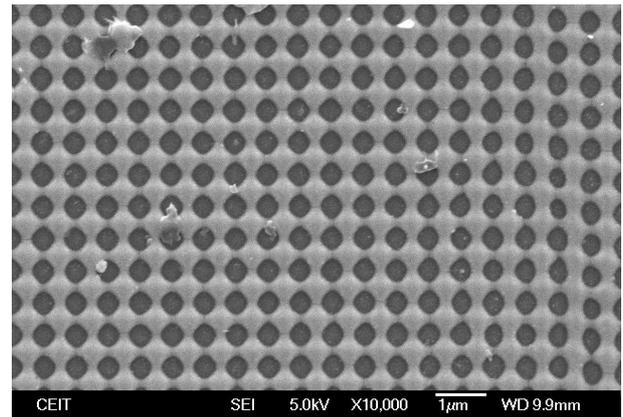


Fig. 3. b)

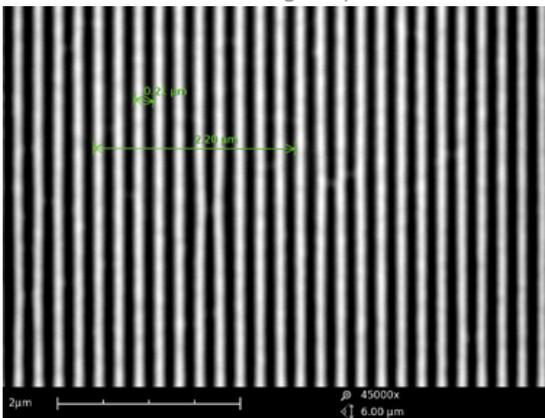


Fig. 3. c)

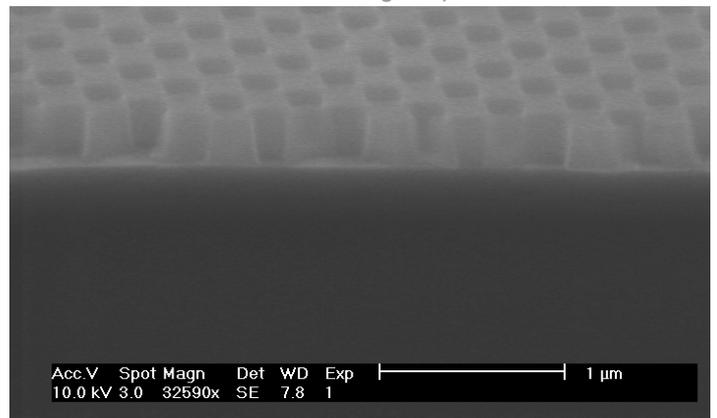


Fig. 3. d)

Fig. 3. a) Resultado obtenido al procesar Kapton con 4 haces mediante ablación directa; b) Película delgada de titanio procesada mediante ablación directa; c) Líneas definidas en resina con un periodo de 214nm. El ancho de línea es de 120nm; d) PCSEL (PhotonicCrystalSurfaceEmitting Laser) basado en InGaP. La máscara de SiO₂ ha sido definida mediante LIL (foto cortesía de la Universidad de Sheffield (UK))

gura 3.a) muestra una lámina de kapton a la que se ha efectuado un proceso de LIL de alta potencia y se ha ablacionado el material formándose un relieve superficial bidimensional de 450nm de periodo. La figura 3.b) muestra una película delgada de titanio que ha sido ablacionada directamente con pulsos de alta energía para obtener una estructura superficial con periodo de 600nm. Si bien la calidad de la estructura es buena, se pueden observar pequeñas irregularidades y grietas producidas por la alta temperatura alcanzada en el proceso.

Para mejorar la calidad, se debe utilizar una fotorresina que es depositada sobre el material que se quiere procesar. La resina es insolada con el LIL a una potencia mucho menor y revelada posteriormente. La figura 3.c) representa una fotorresina sobre la que se ha inducido un patrón en forma de líneas de 214nm de periodo.

Finalmente, la figura 3.d) presenta una aplicación a la industria de semiconductores, en el que un proceso con resina se ha utilizado para fabricar un láser PCSEL de InGaP. Para ello, se ha utilizado una capa de SiO₂ que se ha atacado mediante RIE (Reactive Ion Etching) para formar una máscara rígida. Se puede observar como en este caso se obtienen una estructura con mayor calidad que en el caso de ablación directa (figuras 3.a) y 3.b)), a costa de complicar ligeramente el proceso de fabricación.

Respecto de algunas aplicaciones en Defensa, el sistema LIL podría servir para la fabricación de:

- Sensores para detección bioquímica (protección frente a agentes de guerra bioquímica), ya que multiplica la sensibilidad y disminuye el umbral de detección con respecto al estado actual de la tecnología.

- Superficies hidrófobas (repelentes al agua) en visores, miras, prismáticos. Fácil limpieza en condiciones extremas.
- Superficies de baja fricción en elementos móviles de altas prestaciones: motores de vehículos, cojinetes de ejes, etc.; y en armas de fuego, en los componentes en los que los que existe fricción.

En conclusión, se ha mostrado como LIL es una técnica versátil y económica para introducir la nanotecnología en procesos de fabricación industrial y con importantes potenciales aplicaciones en Defensa. Sus características de alta capacidad productiva, bajo coste y la no utilización de máscara para el proceso, hacen que sea una alternativa preferente para la definición de patrones periódicos submicrométricos en grandes superficies.

En Profundidad

Introducción a los movimientos supercavitantes

Pedro Toledano,
Escuela Técnica Superior de
Ingenieros de Armas Navales (ETSIAN)

Introducción a los movimientos supercavitantes

Es sabido que cuando un objeto se mueve en el seno de un líquido se producen variaciones de la presión y velocidad del mismo en el entorno del objeto; allí donde aumenta la velocidad, disminuye la presión, y viceversa. En el caso de que la presión disminuya y llegue a igualar a la presión de vapor del líquido (función a su vez de su temperatura), se producirá un cambio de fase, de modo que el líquido pasará a estado vapor formándose burbujas, coexistiendo ambas fases en equilibrio dinámico. Este fenómeno se conoce con el nombre de cavitación.

Estas burbujas pueden llegar a chocar de forma violenta contra el objeto provocando algunos efectos negativos, como vibraciones, ruido, erosión, corrosión o fatiga de los materiales que conforman la estructura del móvil, por lo que la cavitación suele considerarse como un fenómeno indeseable. Este es, por ejemplo, el caso de las palas de las hélices de propulsión de las embarcaciones, como se muestra en la figura 2.

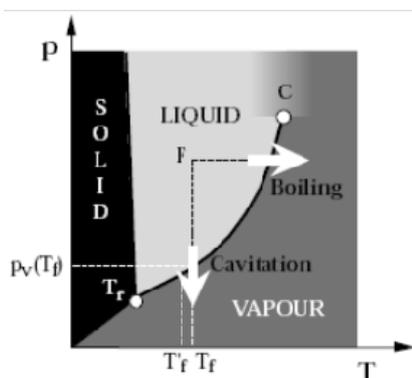


Fig. 1. Diagrama de cambio de fase del H₂O.

Cavitación en las hélices de propulsión

Sin embargo, este efecto a priori perjudicial, puede aprovecharse para generar, en las condiciones adecuadas, una zona de gas o de vapor de agua estable en todo el entorno de la superficie de un móvil sumergido, tratando de disminuir así la resistencia hidrodinámica al avance (llegando a reducirse hasta en un factor de 1/1000). Coloquialmente podría decirse que el objeto "vuela" dentro de una burbuja de gas, que a su vez, avanza en el seno de un líquido. Por tanto, en un movimiento supercavitante se deben considerar los principios físicos de la aerodinámica además de los de la hidrodinámica.

Hablamos de un movimiento supercavitante o de supercavitación, cuando en un régimen estacionario, la longitud de la cavidad gaseosa adosada, generada por la disminución de la presión estática del agua por debajo de su presión de vapor, es mucho mayor que las dimensiones del cuerpo cavitante con el final de la cavidad claramente aguas abajo del mismo.

El cavitador es el elemento de la parte frontal del móvil a partir del cual se genera la cavidad gaseosa como una prolongación de aquél, y por tanto, es la única parte del móvil sometida a un flujo hidrodinámico. Su forma puede variar desde un simple disco plano (supercavitación natural) hasta formas troncocónicas superpuestas y mecánicamente móviles, a modo de

branquias, que permiten la inyección de gas (supercavitación artificial) y el control de la actitud del móvil.

La supercavitación puede también ocurrir de forma natural en otras circunstancias, por ejemplo cuando incluso a bajas velocidades (del orden de 3 m/s) un objeto cae cruzando la superficie libre del agua; en este caso, la supercavitación se rellena además con aire atmosférico. En este sentido la NASA está actualmente realizando experimentos del amerizaje de su nueva cápsula Orion.

El hecho de que los flujos supercavitantes estén sometidos a dos presiones radicalmente distintas por la naturaleza de su origen (hidrodinámica y de vapor), les confiere una elevada inestabilidad respecto de su respuesta a las posibles perturbaciones externas, que generalmente se materializan con la formación de torbellinos y jets de reentrada oscilantes en el final de la supercavitación. A pesar de ello, la longitud media de la supercavitación permanece constante si se mantienen las condiciones estacionarias del flujo.

Ya desde la Segunda Guerra Mundial, países como la ex Unión Soviética, la antigua República Federal Alemana y EE.UU. han tratado de impulsar la investigación en armas submarinas (submarinos, torpedos, misiles, etc.) desarrollando formas que se beneficien del fenómeno de la supercavitación.

Podemos destacar el VA-111 Shkval

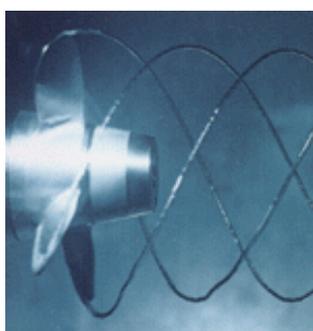


Fig. 2. Cavitación en las hélices de propulsión



Fig. 3. Torpedo *Shkval* expuesto en la International Maritime Defence Show IMDS-2007.

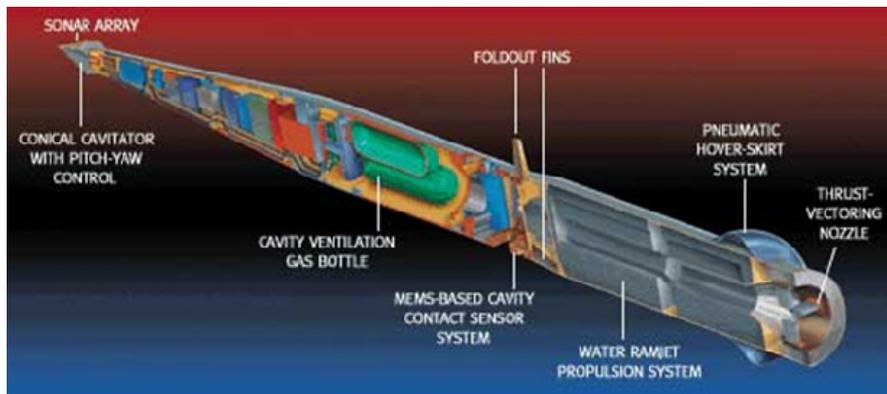


Fig. 4. Esquema morfológico de un prototipo de torpedo con tecnología de supercavitación

por ser el primer torpedo supercavitante del mundo, desarrollado en el Instituto Ucraniano de Hidromecánica (antigua Unión Soviética), operativo desde 1977, y del cual se dice (pues el dato real es información clasificada) que llegó a alcanzar los 300 nudos de velocidad, lo que evidentemente resulta en una ventaja táctica de suma importancia.

Sin embargo, su alcance máximo cifrado en unos 7 km, por ser filoguiado, resulta ser su mayor limitación. Cualquier mejora que permitiera aumentar su alcance, como por ejemplo, incorporando un sistema autónomo de guiado y navegación, supondría un avance de elevada importancia.

Desarrollo de la superficie supercavitante

Desde el punto de vista del desarro-

llo de la superficie supercavitante, hay que distinguir un primer régimen de formación de la supercavidad, y otro posterior y estacionario con la supercavidad totalmente desarrollada y adosada todo a lo largo del perfil del móvil aguas abajo.

El análisis dinámico de la interfaz líquido-gas generada y adosada al perfil del móvil puede modelizarse mediante el esquema de la figura 5.

Si se plantea el principio de conservación de masa al volumen de control anterior en régimen estacionario, y se considera despreciables el flujo másico del líquido y del gas que lo atraviesan, se concluye que la velocidad del fluido debe ser únicamente tangente a la superficie supercavitante (y por tanto, $V_{ln} = V_{vn} = 0$).

Las supercavidades presentan algunas características similares a las de

los flujos potenciales, pues en su interior, el fluido se encuentra a presión constante y sus paredes pueden considerarse líneas de corriente. Existe igualmente una cierta similitud entre los jets de reentrada en la parte final de la supercavidad y los torbellinos formados a la salida de los flujos de los cuerpos romos y perfiles.

Como en cualquier otro movimiento fluido, una vez planteadas y adimensionalizadas las ecuaciones que lo rigen, se puede determinarse el número mínimo de parámetros adimensionales que intervienen en la dinámica, mecánica y termodinámica del sistema. De ahí que, además de los conocidos números de Froude (Fr), Reynolds (Re) y Weber (We), resulta fundamental el denominado Número de Cavitación (σ).

Se habla de número de cavitación incipiente, σ^* , al correspondiente al punto de aparición de las primeras burbujas de aire en el líquido, que forman coalescencias al continuar disminuyendo la presión; produciéndose la cavitación allí donde $\sigma \leq \sigma^*$.

En la figura 6 se puede observar el proceso de desarrollo de una supercavidad.

Al igual que en otros movimientos fluidos, si se mantienen constantes los anteriores números adimensionales, se garantiza la similitud de los flujos supercavitantes y puede realizarse modelos a escala para su experimentación y extrapolación de los resultados al caso real.

Las características geométricas de las cavidades naturales y artificiales desarrolladas, con idénticos perfiles dentro de un error aceptable, fueron determinadas por Billet y Weir en sus experimentos, cuyos resultados concluyeron que la forma (aproximadamente elíptica) y dimensiones de la supercavidad, son función casi exclusiva del número de cavitación referido a la presión de la cavidad, p_c (que coincide con el valor de la presión de vapor en el caso de las supercavidades naturales, o con la suma de ésta y de la presión del gas insuflado en el caso de las supercavidades artificiales) y de la geometría del cavitador, siendo el diámetro máximo de la cavidad directamente proporcional al del cavitador para un número de cavitación dado.

en profundidad

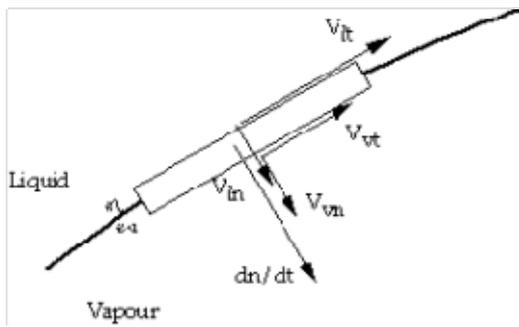


Fig. 5. Interfaz líquido-gas en un movimiento supercavitante.

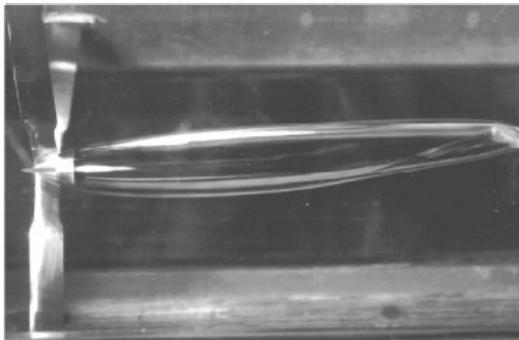


Fig. 7. Efectos gravitatorios en la supercavitación.

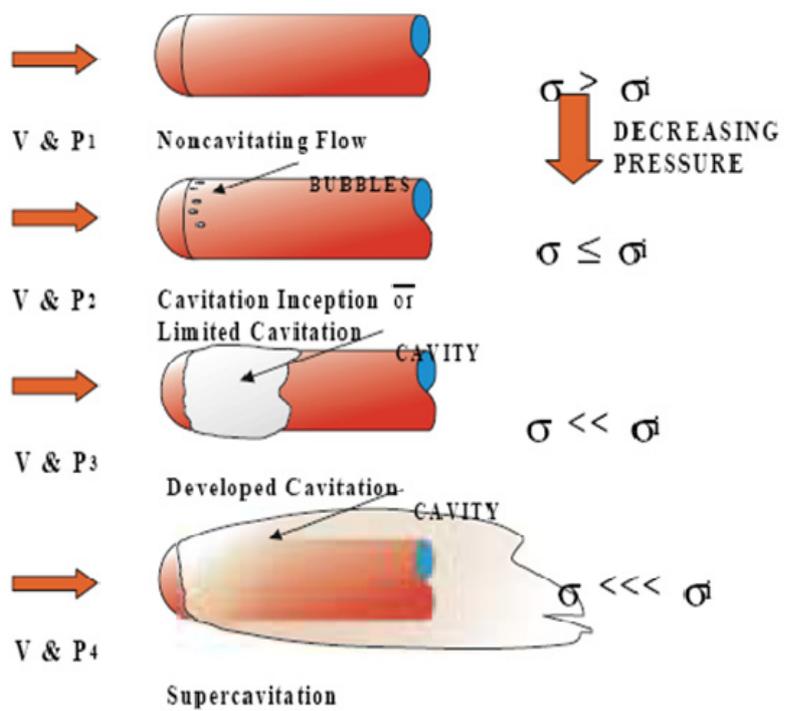


Fig. 6. Fases del movimiento supercavitante.

Medios para alcanzar la supercavitación

En general, para alcanzar la supercavitación, o incluso aumentar las dimensiones de una supercavitación, se debe disminuir en lo posible el número de cavitación, y, considerando en principio la densidad del líquido, ρ , constante, se tienen tres formas de conseguirlo.

La primera consiste en aumentar la velocidad del flujo sin perturbar, V_∞ , para aumentar así la caída de presión aguas abajo del cavitador tanto más por debajo de la presión de vapor del líquido como sea posible (supercavitaciones naturales o de vapor). Para el caso del agua, suele tener que ser $V_\infty > 50$ m/s para alcanzar $\sigma < 0,1$.

Las otras dos maneras pasan por disminuir la diferencia de presiones $\Delta p = p_\infty - p_c$, bien reduciendo la presión ambiental, p_∞ , como se hace en los canales de experiencias hidrodinámicas, o aumentando la presión de la cavidad, p_c , inyectando gas a presión (supercavitación artificial), pudiendo llegar a disminuir la velocidad del fluido sin perturbar hasta un entorno

de $V_\infty = 10$ m/s manteniendo estable la supercavitación.

Ante ligeros aumentos del flujo de aire insuflado se aprecian un incremento en la longitud de la cavidad y en los efectos gravitatorios que afectan ligeramente a su simetría de revolución (véase figura 7).

Este aspecto limita la incorporación centrada del cuerpo móvil en el seno de la cavidad, lo que añadido a la ausencia de flotabilidad del cuerpo por no existir líquido en ella, resulta en una caída relativa del cuerpo dentro de la cavidad que debe ser compensada variando el ángulo de ataque del cavitador. Todo ello puede degenerar en que en ocasiones el cuerpo se apoye en las paredes de la cavidad, facilitando la aparición de nuevas perturbaciones.

Métodos para la creación de supercavitaciones artificiales

Para su creación se pueden emplear tres métodos.

El primero consiste en generar una envoltura gaseosa alrededor del perfil del objeto inyectando gas en la cara frontal del móvil y en sentido con-

trario al del movimiento, evidentemente con mayor presión que la hidrodinámica del punto de inyección.

En el segundo, denominado método de Sedov, se inyecta simultáneamente un chorro de agua en sentido contrario al de la corriente sin perturbar, y gas en la zona de remanso creada por aquél a lo largo del entorno del móvil.

Finalmente, en el tercero, se emplea un cavitador con forma angulosa que produce una zona de separación de la cavidad donde se inyecta el gas, lo que limita las deformaciones de la supercavitación dotándola de una mayor estabilidad dinámica.

En el análisis que se realiza en el fenómeno de la supercavitación artificial se define un nuevo número adimensional, que refleja el caudal de gas inyectado referido a la velocidad de la corriente sin perturbar, V_∞ , y al diámetro de la supercavitación D_n .

Parte del gas que forma una supercavitación se escapa perdiéndose aguas abajo del móvil, principalmente como consecuencia de las perturbaciones debidas a los efectos gravitatorios, a la fricción con la superficie



Fig. 8. Esquema de generación de cavidades artificiales por inyección de gas.



Fig. 9. Esquema de generación de cavidades artificiales por el método de Sedov.



Fig. 10. Esquema de generación de cavidades artificiales con cavitador anguloso.

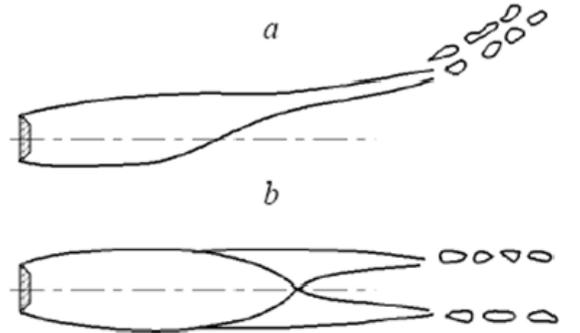


Fig. 11. Esquema de tubos de vórtex en vista de perfil (a) y superior (b).

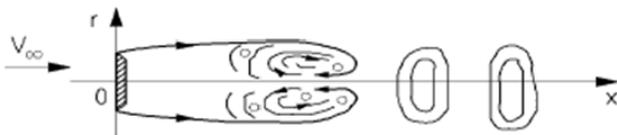


Fig. 12. Esquema de expulsión de vórtices toroidales.

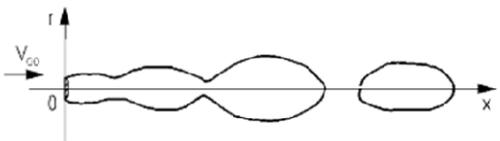


Fig. 13. Esquema pérdida de gas por pulsaciones de la cavidad.

del móvil o a la generación de corrientes de velocidad radial en el medio líquido.

Estas pérdidas de gas se dan fundamentalmente de acuerdo a tres mecanismos. El primer caso, poco desarrollado aún de forma teórica, se da a elevados valores de Fr y σ (efecto gravitatorio despreciable y, por tanto, cavidad axilsimétrica); sucede que la cola de la supercavidad se rellena de una espuma de líquido y burbujas que es expulsada periódicamente a modo de vórtices toroidales. Experimentalmente se ha podido estimar la pérdida de gas, siendo menor cuanto mayor son la viscosidad y la tensión superficial del líquido (menor Re y mayor We).

El segundo mecanismo consiste en la generación de tubos de vórtex en la cola de la cavidad, y se da a pequeños valores de Fr y σ (supercavidades deformadas). Se trata de un proceso estacionario afectado por la gravedad en el que pueden considerarse despreciables los efectos viscosos y de capilaridad.

En tercer lugar sucede que, a medida que se inyecta gas en la supercavidad, resulta como si se superase un cierto límite de elasticidad, produciéndose una deformación longitudinal pulsante que degenera en el

posterior desprendimiento de una burbuja de gas aguas abajo del móvil. Sucede en el rango de valores de σ de $0,4 \sigma_v < \sigma < \sigma_v$.

Adicionalmente, se ha demostrado analítica y experimentalmente que en un flujo sin perturbar con burbujas en su seno, una supercavidad puede absorber el gas del entorno, de tal modo que si la concentración de gas es suficientemente elevada, se podría producir un incremento considerable del tamaño de la supercavidad.

El estudio de los movimientos supercavitantes no estacionarios se basa en el principio de independencia para supercavidades axilsimétricas delgadas, enunciado en los años 50 por G.V Logvinovich. Asevera que la expansión de la sección de la supercavidad no depende de sus estados anterior ni futuro, sino únicamente de la diferencia de presiones, Δp , y de la velocidad instantánea, $V(t)$, del cavitador al atravesar una sección fluida.

En todo caso, se ha observado experimentalmente que durante los periodos de aceleración o parada, la aproximación a movimiento uniforme continúa resultando adecuada para las secciones más alejadas del cavitador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]Supercavitating flows. J.M. Michel (2005). Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels. BP 53 - 38041 Grenoble Cedex 9, France.
- [2]Computational Fluid Dynamics. The basics with applications. J.D.Anderson (1995)Mc Graw Hill.
- [3]Multiphase CFD Modelling of Developed and Supercavitating Flows. Robert F. Kunz, Jules W. Lindau, Michael L. Sinet, David R. Stinebring (2001). The Pennsylvania State University Applied Research Laboratory, PO Box 30, University Park, PA 16804, USA.
- [4]Impact Dynamics of a Supercavitation Underwater Projectile. Richard Rand, Rudra Pratap, Deepak Ramani, Jeffery Cipdla, Ivan Kirschner. 1997 ASME Design Engineering Technical Conferences, September 14-17, 1997, Sacramento, California.
- [5]El Efecto de la supercavitación aplicado en los torpedos y sus consecuencias en la guerra antisubmarina. Fernando Munguía De la Rúa. Escuela de Especialidades Antonio de Escaño. Febrero 2010.

Boletín de Observación Tecnológica en Defensa

Disponible en <http://www.defensa.gob.es/areasTematicas/investigacionDesarrollo/>



SOPT
SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y
PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

