

Boletín

DE OBSERVACIÓN TECNOLÓGICA EN DEFENSA



SUBDIRECCIÓN GENERAL DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
Boletín de Observación Tecnológica en Defensa nº 36 • 3º Trimestre de 2012

Criterios de estabilidad en averías

**Propiedades y aplicaciones del grafeno en
defensa**

- Programa ESSOR. La radio software europea ya está aquí
- Compra Pública Innovadora: radar 3D móvil desplegable
- Portal de Tecnología e Innovación de Defensa



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 (SDG TECIN) 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, Ballística 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): 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 "Ejemplo visible de la extensión del daño en el USS Stark", artículo "Criterios de estabilidad en averías".

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/>



DGAM
Subdirección General de Tecnología e Innovación

CONTENIDOS

3 Editorial

Actualidad

- 4 Lanzamiento del Portal de Tecnología e Innovación
- 5 La ETID desde una perspectiva marítima
- 5 Centros de Excelencia NRBQ
- 7 JIP-FP: PathO-Chip
- 7 Seminario sobre los resultados de proyectos JIP-FP y JIP-ICET de la EDA
- 8 Vigilancia tecnológica en seguridad: proyecto ETCETERA
- 9 Compra Pública Innovadora: radar 3D móvil desplegable
- 10 BIOPLAT: Visión sobre biorrefinerías
- 10 Workshop sobre biotecnologías disruptivas
- 11 Investigación en Seguridad y Defensa en la URJC

Tecnologías Emergentes

- 12 Programa ESSOR. La radio software europea ya está aquí

En profundidad

- 14 Criterios de estabilidad en averías
- 17 Propiedades y aplicaciones del grafeno en defensa

Nanotecnología

Podemos considerar hoy a la nanotecnología, como lo fue la informática en los años 70, una nueva disciplina con un enorme potencial de desarrollo, capaz de revolucionar la ciencia. Esta disciplina es transversal y multidisciplinar, y estará en la vanguardia de las aplicaciones en múltiples campos como lo será en la combinación de los nuevos materiales y las tecnologías TICs.

La nanotecnología implicará una nueva manera de trabajar en el futuro, y actualmente es un área con casi todo por desarrollar. Evidentemente, esta revolución tecnológica con múltiples soluciones futuras, va a afectar a múltiples sistemas de defensa, y será disruptiva en algunas de sus aplicaciones militares, incluso implicando cambios radicales en las operaciones actuales.

En la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID), la nanotecnología está presente en varias metas, pero además influye transversalmente en muchas otras. En cuanto a los centros tecnológicos del Ministerio, tanto el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) como el Instituto Tecnológico la Marañosa (ITM) trabajan en diferentes

proyectos relacionados con nanotecnología y disponen de instalaciones específicas para ello.

La incorporación de la nanotecnología a los sistemas de defensa parece viable para países como España, que disfrutan de un alto nivel tecnológico y empresarial. Además, desde el punto de vista de la Seguridad y la Defensa, debemos considerar no sólo sus beneficios, ya que las mismas oportunidades serán la causa de nuevas amenazas, como quedó expuesto en la jornada sobre nanotecnologías para la seguridad y la defensa NANO S&D, celebrada en Madrid este septiembre con amplia participación de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM).

Para conseguir sus frutos, el I+D+i relacionado con la nanotecnología debe apoyarse en la vigilancia y prospectiva tecnológica y debe ser abordado en colaboración en sus vertientes civil y militar, tanto a escala nacional como internacional, debido a que los necesarios esfuerzos de financiación requieren de un gran esfuerzo en un campo tan dinámico, transversal y competitivo.

Actualidad

Lanzamiento Portal de Tecnología e Innovación

Pedro Carda Barrio, OT OPTR

La tecnología juega un papel muy importante en defensa, y en estos tiempos, es fundamental que la Administración priorice adecuadamente las inversiones.

En este contexto, el Ministerio de Defensa, a través de la Subdirección General de Tecnología e Innovación (SDGTECIN), ha lanzado a través de Internet el **Portal de Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa**:

www.tecnologiaeinovacion.defensa.gob.es.

El portal, por su propia configuración, supone un hito para el Ministerio de Defensa. Se trata de una herramienta innovadora, principalmente en el sentido de que la comunicación es bidireccional, puesto que por un lado permite al Ministerio exponer sus intereses, necesidades y metas tecnológicas, además de otra información de interés para la base tecnológica industrial nacional (BTI), y por otro, la BTI dispone de un espacio para presentar sus capacidades y soluciones, relacionadas con las necesidades correspondientes y partici-

par en foros interactivos. La iniciativa es pionera dentro del Ministerio, que nunca había contado con una herramienta con unas características semejantes.

En el marco de la Estrategia de Tecnología e Innovación

El portal no es una iniciativa aislada, sino que se enmarca dentro de la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID). La ETID, que fue promulgada por el Secretario de Estado de Defensa en julio de 2010, que establece las metas tecnológicas del Ministerio y desarrolla las directrices de política de I+D que provienen directamente del Planeamiento de la Defensa.

Uso público y comunicación bidireccional entre el Ministerio y los actores de I+D

El Portal de Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa pretende ser un lugar de encuentro en Internet entre todos los participantes involucrados en la tecnología dentro del ámbito de la Defensa: universidades, PYMES, centros de I+D, etc.

Dentro de un área del portal, los usuarios pueden publicar información sobre las capacidades de sus entidades y relacionarlas de forma pública o privada, de una manera muy sencilla, con las metas tecnológicas de la ETID. De esta manera, las entidades

tienen la oportunidad de explicar cuáles de sus soluciones resuelven los objetivos tecnológicos del Ministerio.

Además, el portal contiene información sobre los programas, actividades e iniciativas de I+D del Ministerio de Defensa y de los organismos en los que participa, como por ejemplo la EDA (*European Defence Agency*), la STO (*Science and Technology Organization*) de la OTAN, ..., lo que es de gran ayuda para las entidades que tengan interés en participar en el I+D de defensa, tanto nacional como internacional. La información se presenta a través de noticias, enlaces, eventos y documentos, y dispone de cómodas herramientas de búsqueda que facilitan su explotación.

Comunidades específicas de intercambio de conocimiento

El portal también dispone de unas áreas de trabajo colaborativas a modo de "comunidades" específicas, en las que se accede a un conjunto de herramientas que facilitan el intercambio de información y el trabajo de grupos sobre un tema concreto.

Una vez dentro de un área de trabajo, los usuarios pueden realizar aportaciones que consisten en comentarios a contenidos, participar en foros de discusión, participar en iniciativas a través de sus respuestas a cuestionarios y realizar consultas y solicitudes a través de los formularios específicos existentes en el portal.

Desde el punto de vista del Ministerio de Defensa, las comunidades permiten a los técnicos, operativos, gestores, etc., dar a conocer sus necesidades sobre un área específica y recibir posibles soluciones externas directamente de los expertos. Desde el punto de vista de los demás actores del I+D nacional, supone una fuente de información muy útil para identificar posibles socios, clientes o proveedores.

La administración y gestión del portal se realiza a través de la SDG TECIN. Para más información:

tecnologiaeinovacion@oc.mde.es.

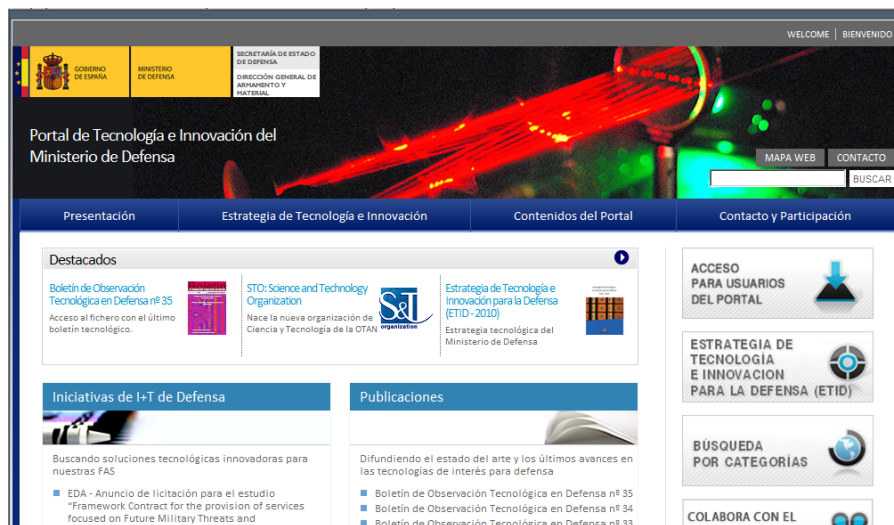


Fig. 1. Página de inicio del Portal de Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa.

La ETID desde una perspectiva marítima

Juan Jesús Díaz Hernández, OT SNAV

El pasado miércoles 18 de julio tuvo lugar en la sede del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) una reunión de trabajo bajo el título “La Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID 2010) desde una Perspectiva Marítima”, organizada por la Fundación Instituto Tecnológico para el Desarrollo de las Industrias Marítimas (INNOVAMAR) y el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT) de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM).

A la reunión asistieron más de 50 personas, que conforman el núcleo representativo del ámbito marítimo marino nacional, incluyendo las principales plataformas tecnológicas de este sector, y representantes del Ministerio de Economía y Competitividad, del Ministerio de Defensa y del Ministerio de Fomento.

Esta reunión de trabajo tuvo como finalidad dar a conocer la ETID a los miembros que integran este sector entendiendo por tal a todos los agentes cuya actividad se encuentra fuertemente relacionada con el mar o medios acuáticos (Administración Pública, universidades, institutos y centros de investigación, construcción naval, fabricantes de equipos y accesorios, sociedades de clasificación, etc.), estableciéndose un nuevo área de colaboración entre la Plata-

forma Tecnológica Marítima Española (PTME) y la DGAM a través de la identificación de las principales líneas de interés de los grupos de trabajo (GT) que se integran en la PTME con las metas tecnológicas (MT) recogidas en la ETID.

Durante la misma se estableció un calendario tentativo en la planificación de las actividades identificadas para llevarse a cabo durante 2012, al objeto de coordinar las actividades de la PTME y sus grupos con las propias de Defensa.

Se presentó por parte del SOPT la situación en el contexto actual de la ETID, el proceso de implantación que se está llevando a cabo, una primera aproximación del desarrollo de las hojas de ruta con las principales actividades asociadas a las MT de la línea de actuación funcional de plataformas navales, y se anunció la puesta en marcha de una de las principales iniciativas para la implantación de esta estrategia como es el nuevo “Portal de Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa” accesible en Internet a través de las siguientes direcciones: www.etid.es y www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es.

Se hizo especial hincapié en que este portal pretende ser un lugar común y abierto de encuentro entre todos los actores involucrados en la oferta y la demanda de tecnología e innovación dentro del ámbito de defensa, y que pretende ser una eficaz herramienta de trabajo que permita centralizar la información, las iniciativas y los avances logrados, fomentar el trabajo inte-



grado, dinamizar la base tecnológica nacional, y dar a conocer más ampliamente la I+D que se lleva a cabo en el Ministerio de Defensa.

Adicionalmente, durante la reunión el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) realizó una presentación para dar a conocer los medios de financiación y apoyo a los proyectos de I+D de empresas españolas en los ámbitos estatal e internacional con objeto de promover la innovación y el desarrollo tecnológico de nuestras empresas.

Como resultado principal la PTME se plantea establecer un GT destinado a definir sinergias entre las estrategias propias del sector marítimo marino y las MT de la ETID, al objeto de identificar y priorizar actividades de I+D que satisfagan intereses comunes.

Centros de Excelencia NRBQ

Angélica Acuña Benito, OT NBQ

La Estrategia Europea de Seguridad de 2003 considera la creciente facilidad en el acceso a material NRBQ como una amenaza clave que hay que afrontar de manera global y conjunta. Además, el terrorismo, las pandemias, la proliferación de armas de destrucción masiva, el crimen organizado, los accidentes industriales, etc., no conocen fronteras. Como consecuencia en 2010 la Unión Europea (UE) decidió cambiar la dinámica de sus programas dirigidos



Fig. 1. Logo de los Centros de Excelencia (Copyright 1995-2012 by EU).

a la reducción de la amenaza NRBQ y desarrollar una política internacional NRBQ, caracterizada principalmente por tener un enfoque integrador entre aspectos relacionados con la seguridad y con el desarrollo (salud, seguridad y medioambiente) y por

estar orientada principalmente a acciones de apoyo internacional y regional por parte de la UE a terceros países con mayor riesgo de sufrir un incidente de estas características.

Una de las iniciativas derivadas de esta política, llevada a cabo con el apoyo de Naciones Unidas (UN), son los Centros de Excelencia NRBQ. Se trata de un concepto innovador de Seguridad, desarrollado en 2010 a través del Instrumento de Estabilidad e implementado conjuntamente por el Centro de Investigación Conjunta de la Comisión Europea (JRC) y el Instituto Interregional para la Investigación del Crimen y la Justicia (UNICRI) de Naciones Unidas. El Instrumento de Estabilidad de la UE

ha destinado 95 millones de euros a la puesta en marcha de estos Centros de Excelencia, para el periodo 2009-2013 (extensible hasta el 2016).

Los Centros de Excelencia son plataformas abiertas de cooperación que se establecen en áreas geográficas de interés prioritario para la Seguridad de la UE. El fin de estas plataformas es apoyar a los diferentes actores implicados en la lucha contra la amenaza en zona, aportando la coordinación, así como herramientas y metodologías y generando sinergias.

Los principios básicos bajo los que se rigen los Centros de Excelencia son los siguientes:

1. Creación de redes y alianzas regionales e internacionales, consolidando, coordinando y optimizando las capacidades existentes en términos de experiencia, formación, asistencia técnica o equipamiento.
2. Direccionamiento de las necesidades NRBQ regionales a través de proyectos a medida específicos en campos como la Protección NRBQ de materiales e instalaciones, protección de infraestructuras públicas, control de fronteras y vigilancia fronteriza, control de exportaciones, etc.
3. Fortalecimiento de una cultura regional en *safety* y *security* a través de un incremento de la apropiación a nivel local de las acciones a desarrollar, experiencia local y sostenibilidad a largo plazo.
4. Construcción de una capacidad institucional a nivel regional y nacional, reforzando la política NRBQ nacional, mejorando las capacidades institucionales en aspectos legales, regulatorios, de control, apoyo científico y técnico, etc.
5. Enfoque inter-agencias coherente para una coordinación mejorada y una respuesta eficaz.
6. Cooperación con organizaciones internacionales y estados miembro de la UE para asegura sinergias y evitar duplicidad de esfuerzos.
7. Coherencia y visibilidad de la acción de la UE.

Los Centros de Excelencia se organizan de la siguiente manera:

- La Coordinación Nacional es competencia de los representantes del JRC, por parte de la UE, y de

UNICRI, por parte de UN, en estrecha cooperación con la Dirección General para el Desarrollo y Cooperación de la CE, EuropeAid (DG DEVCO), que es el ente encargado de la toma de decisiones.

- La Coordinación Regional está a cargo de las Secretarías Regionales. La función de estas secretarías es asegurar el buen nivel de cooperación y coordinación con los países aliados a través de sus puntos focales nacionales y facilitando la implementación de los proyectos en la región. Son así responsables de la identificación de las necesidades y la definición de las propuestas de los proyectos. En breve, estas secretarías estarán operativas en 5 regiones (Oriente Medio; Norte de África; Sureste Asiático; Sureste europeo, el Cáucaso, Ucrania y Moldavia; y la Fachada Atlántico-Africana).
- Todos los países en cada región nombran un punto focal nacional para los temas relacionados con los Centros de Excelencia NRBQ.
- Por otro lado, cada país miembro de la UE nombra un punto de contacto en materia de Centros de Excelencia que en España es el Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación.

Actualmente hay 8 centros de excelencia regionales en funcionamiento ubicados en Kenia, Marruecos, Argelia, Jordania, UAE, Georgia, Uzbekistán y Filipinas, y se cuenta con más de 60 países que contribuyen de manera conjunta en el refuerzo de la seguridad a nivel europeo, internacional y regional.

A finales del 2011 el Comité de Coordinación de los Centros de Excelencia seleccionó y aprobó 19 proyectos a llevar a cabo en el marco de esta iniciativa. Los proyectos seleccionados se englobaban en 4 áreas: capacitación/equipamiento, desarrollo de conocimiento, apoyo técnico y especial y conciencia situacional. El pasado mes de febrero se publicó una convocatoria pública para la presentación de ofertas para la ejecución de dichos proyectos, convocatoria que se cerró el 15 de abril del 2012. El funcionamiento y las bases regulatorias de esta convocatoria son análogos a los del 7º Programa Marco, por lo que la presentación de ofertas se debía realizar a través de consorcios internacionales en los que hubiese una participación mínima de dos países miembros.

España no ha participado en la convocatoria del mes de febrero, sin embargo, desde el pasado mes de abril se han llevado a cabo varias sesiones informativas y reuniones a la base tecnológica industrial, con el fin de dar a conocer esta iniciativa y facilitar su participación en las siguientes convocatorias.

En septiembre se ha lanzado la segunda convocatoria para la contratación de 15 proyectos. La fecha límite para el envío de propuestas es el 6 de noviembre de 2012.

La página web oficial accesible para consultar más información sobre los centros de excelencia, su funcionamiento, bases regulatorias, etc., así como, estar pendiente de la publicación de futuras convocatorias, es <http://www.cbrn-coe.eu/>

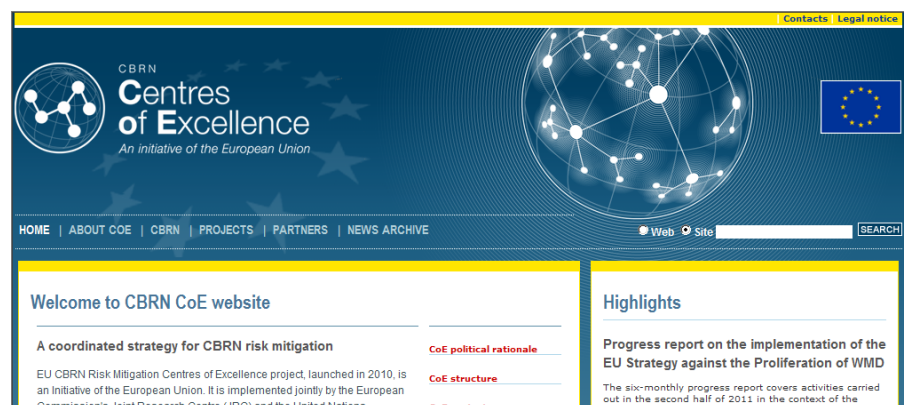


Fig. 2. Página de inicio de la web de los Centros de Excelencia NBQR.

JIP-FP: Proyecto PathoID-Chip

Angélica Acuña Benito,
OT NBQ

En diciembre de 2011 finalizó el proyecto PathoID-Chip, desarrollado en el marco del *Joint Investment Programme on Force Protection (JIP FP)* de la EDA, por un consorcio internacional formado por industria (Microfluidic ChiShop GmbH, Clemens GmbH y Bertin Technologies) y centros de I+D (Institut für Mikrobiologie der bundesweher, Friedrich oeffler Institut y Joanneum Research) de tres países, Alemania, Austria y Francia.

El proyecto, que se inició en el mes de febrero de 2008, tenía como objetivo el desarrollo de un dispositivo *lab-on-a-chip* portátil que

permitiese la identificación, en menos de una hora, de bacterias patógenas procedentes de muestras aéreas. El dispositivo a desarrollar debería ser capaz de recoger muestras aéreas, aislar y enriquecer los patógenos bacterianos presentes en la muestras, lisar las células bacterianas para liberar el material genético a analizar (ADN o ácido desoxiribonucleico), amplificar el ADN a través de PCR (siglas en inglés de reacción en cadena de la polimerasa) para finalmente cuantificar e identificar al patógeno por técnicas de quimioluminiscencia.

El resultado obtenido es un prototipo de laboratorio con unas dimensiones algo superiores a las inicialmente previstas en el proyecto, consecuen-

cia de restricciones físicas a la hora de integrar los diferentes módulos que componen el dispositivo, principalmente derivados del módulo de recogida de la muestra aérea.

Los ensayos realizados con el prototipo desarrollado han sido muy prometedores, si bien parecen ser necesarias mejoras en algunos de los módulos (como en el de la PCR) con objeto de mejorar la sensibilidad del sistema y por supuesto solventar los problemas que han supuesto un aumento del tamaño con respecto a lo esperado. Por tanto, es fácil pensar que a medio plazo sería posible disponer comercialmente de este tipo de *lab-on-a-chips*, capaces de muestrear el aire en busca de amenazas biológicas.



EUROPEAN
DEFENCE
AGENCY

Seminario sobre los resultados de proyectos JIP-FP y JIP-ICET de la EDA

Luis Miguel Requejo Morcillo, OT MAT

Los días 18 y 19 del pasado mes de junio, la Agencia Europea de Defensa (EDA) organizó en su sede en Bruselas un seminario para la difusión de los principales resultados obtenidos en los proyectos terminados de los *Joint Investment Programmes on Force Protection (JIP-FP)* y *on Innovative Concepts and Emerging Technologies (JIP-ICET)*. Las presentaciones de dichos resultados las llevaron a cabo representantes de cada uno de los consorcios que ejecutaron los proyectos.

El seminario estaba abierto a la participación de todos los expertos gubernamentales y no gubernamentales de los países miembros y de las *CapTechs* de la EDA, lo que permitió la presencia de todos los agentes relacionados (empresas, universidades, gobiernos, usuarios,...).

Durante los dos días que duró el seminario, los participantes tuvieron la oportunidad de discutir e

intercambiar ideas sobre los logros alcanzados en cada uno de los proyectos presentados. La información generada en los proyectos está a disposición de las organizaciones gubernamentales de las naciones participantes en cada uno de los JIPs.

Proyectos presentados

Los proyectos que se presentaron fueron los siguientes:

- **SNIPOD** y **MUSAS**: desarrollo de tecnologías para la detección de francotiradores.
- **AD-HELW**: elaboración de un *road-map* de sistemas C-RAM con tecnología láser desarrollada en Europa.
- **NICE**: desarrollo de técnicas no lineales para el control de aeronaves para la mejora de prestaciones y fiabilidad y la reducción de costes de desarrollo.
- **HECTOR** y **SESAMO**: desarrollo de diferentes técnicas de monitorización de daños estructurales.

● **SARINA**: sistema de navegación alternativo al GPS basado en SAR.

● **METAFOR** y **NANOTEX**: estudios prospectivos sobre el uso de metamateriales en aplicaciones radar para Defensa y sobre la integración de nanomateriales en textiles y su aplicación en Defensa, respectivamente.

● **WOLF**: desarrollo de nuevas soluciones para la mejora de las comunicaciones inalámbricas, localización y procesado de la información en entornos urbanos, aplicable a pequeñas unidades de infantería.

● **EPIDARM**: integración de funcionalidades de protección balística y NBQ en un mismo traje, con funciones de monitorización de la salud del combatiente.

● **PathoID-Chip**: desarrollo de un laboratorio portátil para detección de agentes biológicos.

Vigilancia tecnológica en seguridad: proyecto ETCETERA

Jesús López Pino, Isdefe

Dado que los sectores de la defensa y la seguridad están cada vez más próximos, se van a ir revisando diferentes iniciativas de seguridad, especialmente dentro del 7º Programa Marco de la Comisión Europea, en su convocatoria de seguridad.

La primera de estas iniciativas es el proyecto ETCETERA ("Evaluation of critical and emerging technologies for the elaboration of a security research agenda"), financiado a través de la tercera convocatoria de seguridad del mencionado programa, y que comenzó sus actividades en octubre de 2011. El proyecto, liderado por el Fraunhofer Institute for Technological Trend Analysis INT (Alemania), cuenta con la participación de socios de otros seis países europeos, entre los que se encuentran la Fundación Tecnalia e Isdefe, como socios españoles.

El proyecto ETCETERA analiza la influencia de tecnologías críticas y emergentes en el entorno de seguridad europeo, además de desarrollar recomendaciones para la próxima agenda estratégica de investigación en seguridad de la Unión Europea (ESTRA, *Emerging Security Technology Research Agenda*).

Los objetivos que se persiguen son:

- Obtener listas cualificadas de tecnologías críticas y emergentes, además de planes equilibrados de investigación para poder afrontar con éxito las necesidades actuales y futuras del sector.



- Desarrollar y aplicar nuevos enfoques y métodos para la evaluación de tecnologías críticas y emergentes y para el planeamiento estratégico de la investigación en seguridad.

Para lograr estos objetivos, el proyecto se ha estructurado en dos líneas de trabajo, una dedicada al estudio de tecnologías críticas para seguridad y otra a las tecnologías emergentes con posible impacto en el futuro en esta área. Aunque las líneas de trabajo son diferentes, están interrelacionadas, tal y como se puede ver en la figura.

Línea 1: Tecnologías críticas

La primera tarea de investigación a llevar a cabo se plantea como un ejercicio de exploración y filtrado, en el que se parte de todo el espectro de tecnologías para llegar a seleccionar solo aquellas consideradas indispensables para la seguridad europea, ahora y en un futuro cercano. Esta identificación de tecnologías se ha realizado a través de una campaña de consultas a expertos europeos y a través de un proceso de realimentación para la validación de sus resultados.

Una vez obtenida la lista de tecnologías críticas, se identifican las dependencias críticas relacionadas con ellas. Estas dependencias críticas afectarán al grado de autosuficiencia de la industria europea a la hora de proveer estas tecnologías, sistemas y/o capacidades a los usuarios finales. Estas dependencias pueden tener su origen en derechos de pro-

iedad intelectual en manos de terceros países, restricciones académicas y comerciales derivadas de la dualidad de dichas tecnologías, retos económicos, etc.

Por último, se pondrán soluciones alternativas que disminuyan las dependencias críticas identificadas. En el caso de soluciones tecnológicas, se desarrollarán además las medidas de implementación, incluyendo agendas de investigación.

Línea 2: Tecnologías emergentes

Esta línea se inicia con una identificación y revisión de tecnologías emergentes con implicaciones en seguridad en un periodo de entre 10 y 20 años. Esta actividad se llevará a cabo a través de tres metodologías diferentes, ejecutadas en paralelo, basadas en la aplicación de técnicas de bibliometría, en el uso de metodologías de prospectiva tecnológica en defensa y en el trabajo estructurado de grupos de expertos en diferentes áreas tecnológicas. Los resultados obtenidos de los tres métodos se compararon, con el objetivo de identificar las mejores prácticas de cada uno de ellos e implementarlas en una nueva metodología para este tipo de vigilancia y análisis tecnológico.

Las tecnologías identificadas como más relevantes en seguridad se analizarán en profundidad, a través de estudios específicos y de *workshops* en los que se simularán operaciones para evaluar su uso.

Los resultados del proyecto se tendrán en cuenta a la hora de elaborar recomendaciones para la Agenda de investigación en tecnologías emergentes en seguridad (ESTRA). Estas recomendaciones se pondrán teniendo en cuenta su compatibilidad con las estrategias de investigación europeas y nacionales, aspectos económicos y éticos.

Para más información:

<http://www.etcetera-project.eu/>

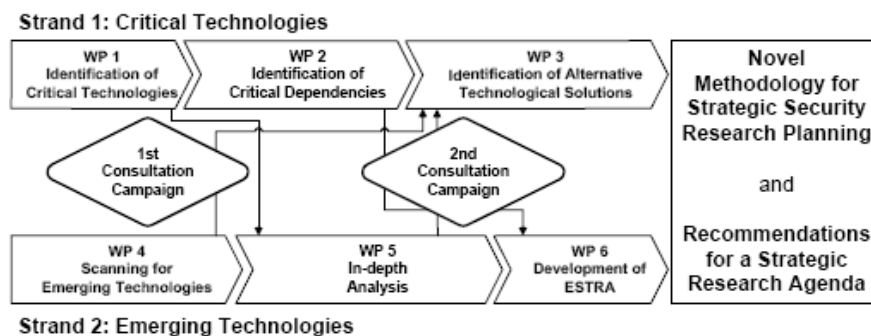


Fig. 1. Esquema de trabajo del proyecto ETCETERA.

Compra pública innovadora: Radar 3D móvil desplegable

Javier Antonio García Fominaya, SDGTECIN

El pasado día 31 de mayo de 2012, el DIGAM, en nombre y representación del Ministerio de Defensa (MDE), firmó el contrato administrativo de servicios (TRLCSP) del programa "Radar 3D Móvil Desplegable" con la empresa INDRA SISTEMAS, S.A y cuyo objeto es el diseño, desarrollo y fabricación de un prototipo de radar 3D móvil desplegable para el Grupo Móvil de Control Aéreo (GRUMOCA) del Ejército del Aire (EA). El importe del expediente es de 7,5 MEuros y el plazo de ejecución es hasta el 15 de diciembre de 2015.

Dicho programa fue propuesto por el MDE como "candidato piloto" para la realización de un contrato en el ámbito de la denominada "Compra Pública Innovadora" (CPI), en su modalidad de "Compra Pública de Tecnología Innovadora" (CPTI), siendo el resultado de la colaboración iniciada en 2011 con el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), entidad pública empresarial adscrita hasta hace poco al Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN). Dicha modalidad consiste en la compra de un producto que requiere una fase previa de I+D, susceptible de ser financiada por el CDTI a la empresa licitadora.

La CPI es una actuación administrati-

va –iniciativa del MICINN– que tiene como objetivos la mejora de los servicios públicos mediante la incorporación de bienes o servicios innovadores, el fomento de la innovación empresarial y el impulso de la internacionalización de la innovación utilizando al mercado público como cliente de lanzamiento o referencia.

Tras diversos contactos entre el CDTI, INDRA y el MDE, se comprobó que la viabilidad técnico-contractual del programa se podía corresponder con una iniciativa de CPI. Dicha viabilidad se materializó en la firma de un Protocolo de colaboración CDTI-MDE (DGAM), un acuerdo de financiación entre el CDTI y la industria INDRA de dicha fase previa de I+D y el contrato administrativo de servicios recién formalizado entre el MDE (DGAM) y dicha industria. Destacar que, a la fecha de su firma, dicho contrato es el primero realizado en el marco de la CPI dentro de la Administración General del Estado.

Este nuevo radar es una evolución de la familia de radares de vigilancia 3D LANZA realizados por la empresa INDRA y basados en antenas activas del tipo "array plano de barrido en fase" (*planar phased array*), con exploración mecánica en acimut y electrónica en elevación, tecnología de estado sólido y procesado digital avanzado. Esta versión móvil y desplegable "completaría" la familia LANZA actual en sus versiones aérea y naval, con configuraciones fija y transportable. De acuerdo con el área de actuación funcional ISTAR de la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID) de la DGAM, este radar está directamente relacio-

nado con la meta tecnológica MT 2.1.1, potenciando la capacidad tecnológica nacional de desarrollo de radares de defensa aérea en el estado del arte.

Siguiendo la denominación comercial que ha dado INDRA a su producto, el sistema radar LTR25 (*Long Range Tactical Radar*) será un radar de vigilancia aérea de largo alcance, tridimensional, de última generación, transportable y con capacidad de despliegue rápido en asentamientos no preparados, tanto dentro como fuera del territorio nacional. El radar será capaz de operar de manera autónoma, en local o en remoto, integrado en el Sistema de Mando y Control Aéreo (SIMCA), y en un futuro lo será en el ACCS (*Air and Command and Control System*) de la OTAN.

El sistema está compuesto por un radar primario, integrado con un radar secundario (modos civil y militar) y un shelter de operación. El diseño mecánico del sistema está considerado como uno de los elementos clave de desarrollo, pues la antena del primario, compuesta por una serie de antenas fila, será plegable para facilitar su transporte, con un segmento central fijo y dos segmentos en los extremos abatibles sobre dicho segmento central.

INDRA destaca que el programa permitirá dotar al EA de un producto innovador con unas prestaciones superiores a las actuales en el mercado, relativas a alcance, precisión, medidas anti-clutter y anti-ECM, adaptabilidad, fiabilidad, mantenibilidad y facilidad de operación.

Por último, INDRA considera esta contratación nacional como una referencia imprescindible para posicionar internacionalmente (mercado OTAN y otros) su producto frente a la competencia, el cual, considera a su vez muy demandado por el mercado. Se cumpliría así uno de los objetivos de la CPI, como es el de internacionalizar la innovación.

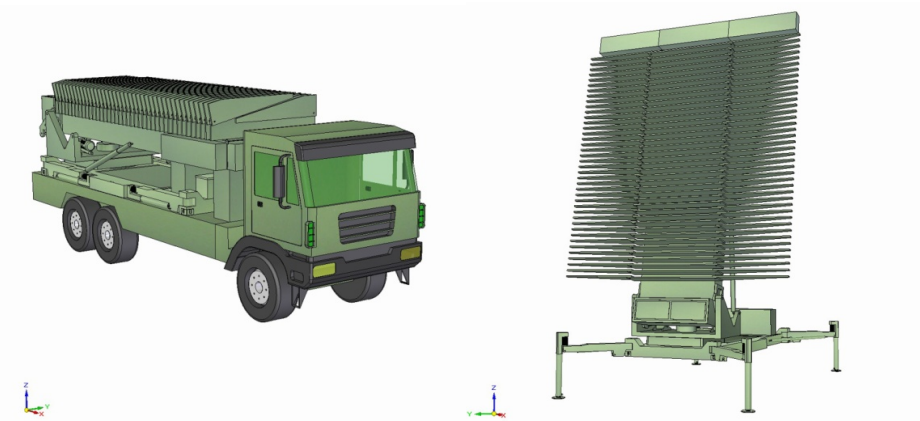


Fig.1. Esquema del futuro Radar 3D móvil montado en vehículo (camión) y desplegado en tierra. (Fuente: INDRA).

BIOPLAT: Visión sobre biorrefinerías

Héctor Criado de Pastors, OT ENEP

En los últimos meses, el OT ENEP ha acudido a dos convocatorias de BIOPLAT (Plataforma Tecnológica Española de Biomasa), como parte de las actividades que el SOPT realiza en colaboración con las Plataformas Tecnológicas Españolas (para más información véase Boletín nº34). En estas convocatorias se han tratado algunos asuntos de actualidad sobre el desarrollo de futuros biocombustibles. Los biocombustibles están considerados como un tema de interés en la ETID en el ámbito de las MT 3.3.3 y 3.3.4, que tratan sobre la introducción de combustibles alternativos al petróleo y de la disminución de la dependencia de combustibles fósiles en bases y campamentos respectivamente.

La primera convocatoria fue una reunión del subgrupo de trabajo de algas, en la que se analizaron algunas de las barreras legislativas existentes actualmente para el desarrollo a nivel industrial del sector, mientras que la



segunda fue una reunión conjunta entre BIOPLAT y SUSCHEM (Plataforma Tecnológica Española de Química Sostenible), con el fin de estudiar la creación un grupo de trabajo conjunto sobre biorrefinerías, dada la importancia estratégica del tema a nivel nacional y europeo.

En ambos eventos se destacó que la tendencia principal a nivel europeo es, tanto en los programas de investigación como en los desarrollos industriales, el desarrollo del concepto de biorrefinería. En estas plantas la producción de biocombustibles es un elemento fundamental, pero además permiten aprovechar todos los elementos de la biomasa, incluyendo proteínas para piensos animales o incluso consumo humano, monómeros para la producción de bioplásticos, productos de valor añadido para la industria farmacéutica, etc.

biotecnología. Para ello se contó con la participación de expertos procedentes de Alemania, Francia, España y Suecia.

Los temas analizados fueron:

- Ingeniería de proteínas, realizada por el Fraunhofer Institute INT (Alemania). El objetivo de esta tecnología es el diseño de proteínas para aplicaciones como la descontaminación biológica.
- Biorrefinerías de agentes nerviosos mediante encimas hipertermoestables, a cargo de la Universidad de Marsella (Francia).
- *Antifouling*, materiales antiincrustantes, realizada por el Fraunhofer Institute INT (Alemania). El objetivo de esta tecnología es el diseño de nuevos recubrimientos para los cascos de los barcos que eviten la adhesión de moluscos, algas, etc.
- Visión artificial y mejorada, a través de la implantación de sensores para lograr visión en rangos de frecuencias más allá del espectro vi-

Como consecuencia de esta última reunión, se ha establecido un grupo de trabajo interplataformas que preparará un documento de diagnóstico y plan estratégico sobre la situación y el diseño del desarrollo requerido de las biorrefinerías en España.

Desde el punto de vista de Defensa, la sustitución de las plantas de biocombustibles actuales por el concepto de biorrefinerías supone un cambio altamente interesante, ya que permiten una mayor flexibilidad tanto en el origen de la materia prima como en el desarrollo de un mayor abanico de productos. Por tanto, es de esperar que estas plantas puedan producir combustibles adaptados a las necesidades de las plataformas militares, cuyas exigencias técnicas son mayores que los biocombustibles existentes actualmente en el mercado civil.

sible, presentada por el FOI Swedish Defence Research Agency (Suecia).

- Biocombustibles basados en la producción de algas, y que cumplan los requisitos de los combustibles militares, a cargo de la DGA (Francia).
- Biología sintética, realizada por un experto del FOI sueco, que combina principios de la ingeniería y las tecnologías de la información para crear componentes y sistemas biológicos.

Como conclusión del *workshop* cabe destacar que, para las tecnologías analizadas, se identificó que el empuje de la investigación era en todos los casos eminentemente civil y que su grado de madurez es relativamente bajo. Y se consideró oportuno continuar el estudio del potencial de disrupción en defensa de la descontaminación biológica y química mediante proteínas, de las amenazas provenientes de la visión mejorada, de los biocombustibles y sobre bioingeniería.

LoI Workshop sobre biotecnologías disruptivas

6+1 DTG

Patricia López Vicente, Nodo Gestor

Las tecnologías disruptivas son de gran interés para Defensa y por este motivo el Ministerio de Defensa viene participando desde 2004 en diversas iniciativas en este ámbito. Una de ellas es el Grupo de Tecnologías Disruptivas de la LoI¹⁾, encargado de la identificación de tecnologías emergentes con potencial de disrupción en las capacidades de defensa.

Aprovechando la reunión semestral de este grupo, celebrada en la Subdirección General de Tecnología e Innovación los pasados días 18 y 19 de septiembre, se organizó un *workshop* sobre biotecnología.

El objetivo del *workshop* fue identificar tecnologías emergentes de interés para defensa en el área de la

¹⁾ Más información en los Boletines de Observación Tecnológica en Defensa nº 25 y nº 34.

Investigación en Seguridad y Defensa en la URJC

Luisa E. Reyes Recio, URJC

Durante los pasados 24, 27 y 28 de septiembre tuvieron lugar los tribunales encargados de evaluar los Trabajos de Investigación Fin de Máster de la tercera promoción del Máster en Administración de los Sistemas de Seguridad y Defensa y del Máster en Logística de los Sistemas de Seguridad y Defensa de la Universidad Rey Juan Carlos (URJC). Dichos tribunales formados por las directoras de los Másteres Dra. Dña. Luisa Eugenia Reyes Recio y Dra. Dña. María Luz Martín Peña, contaron también con el Dr. D. Manuel Fernández - Villacañas Marín y el Dr. D. José María Riola.

Durante la lectura y defensa de los trabajos de investigación se presentaron un total de 31 proyectos de investigación, 19 en el ámbito de la Administración de los Sistemas de Seguridad y Defensa y 12 en el ámbito de la Logística. En cuanto al Máster en Administración de los Sistemas de Seguridad y Defensa, cabe destacar los trabajos relativos al análisis estratégico de la industria de la defensa, al análisis de los presupuestos públicos: fase de ejecución y su problemática, al estudio de la interoperabilidad cívico militar en seguridad y defensa, los estudios en financiación de operaciones internacionales de mantenimiento de la paz, al análisis de la determinación de necesidades y capacidades para la vigilancia de las fronteras marítimas exteriores de la UE, el estudio de la correlación entre el gasto e inversión en defensa y el retorno en variables macroeconómicas y por último dos proyectos de investigación relativos a la I+D+i. El primero de ellos analiza futuras oportunidades para el I+D público en Defensa y Seguridad, y el segundo analiza la I+D en Defensa y Seguridad, estudiando la financiación y sus resultados para concluir con una propuesta de modelo de análisis. Este último fue el trabajo con máxima calificación "matricula de honor" y premio al mejor trabajo fin de máster. Desarrollado por Dña. Patricia López Vicente y dirigido por la profesora Luisa Eugenia Reyes Recio, el trabajo plantea un modelo de análisis de la I+D+i subvencionada con fon-



dos públicos cuyos indicadores responden a un modelo integral de valoración en el que los resultados de I+D+i se evalúan no sólo en respuesta a la consecución del objetivo tecnológico, sino en los ejes de la cooperación y competitividad empresarial e industrial.

En lo que respecta al Máster de Logística de los Sistemas de Seguridad y Defensa, cabe destacar los trabajos relativos a los sistemas de información logística, metodologías para la toma de decisiones, aplicación de la ingeniería de sistemas, a los procesos de adquisición de los servicios de mantenimiento, concepción de la disponibilidad operativa, modelos de cooperación industrial y aplicación de la logística inversa en las FAS. El premio al mejor trabajo fin de máster ha sido otorgado a D. Felipe López Merenciano, por el trabajo dirigido por el Col. D. Andrés Dolón Payán "Desmilitarización en la Armada. Análisis de riesgos". El trabajo plantea que los ejércitos necesitan tener munición y no toda se consume antes de que termine su ciclo vida, como consecuencia pueden llegar a tener un volumen muy importante de munición "caducada" almacenada en polvori- nes. Por lo general el presupuesto que se dedica a la labor de eliminar esta munición es menor del necesario y los departamentos técnicos y logísticos se ven en la obligación de priorizar qué munición debe eliminarse en primer lugar, de aquí que sea necesario realizar un buen y exhaustivo análisis de riesgos con objeto de tomar las mejores decisiones.

Ambos másteres son oficiales, adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior. La colaboración entre la Universidad, las Fuerzas Armadas y la Industria han sido el eje fundamental en su diseño e implantación. Cuentan con tres promociones de

egresados, con un total de 48 alumnos en Administración y 52 en Logística. A lo largo de estos tres años, se han defendido un total de 96 trabajos de investigación fin de máster, desarrollando temáticas muy interesantes y diversas en los ámbitos de la administración y de la logística. Algunos de estos trabajos han tenido su continuidad en el Programa de Doctorado en Administración y Logística de los Sistemas de Seguridad y Defensa de la URJC, en el que se encuentran inscritos hasta la fecha once proyectos de tesis doctoral y han visto la luz tres tesis. Proyectos a los que habrá sumar los de alumnos de la tercera promoción que deseen continuar su formación universitaria con la obtención del grado de doctor.

Los másteres en Administración y en Logística para los Sistemas de Seguridad y Defensa, nacieron como respuesta a la tramitación parlamentaria de la nueva Ley Reguladora de la Carrera Militar, en cuyo proyecto se definió un nuevo modelo de enseñanza militar de orientación universitaria y en cooperación con la universidad, lo que permitió concebir tanto al Máster Universitario en Administración como al Máster Universitario en Logística para los Sistemas de Seguridad y Defensa planteados, como las primeras iniciativas que se desarrollaron en régimen de colaboración entre la universidad, y en concreto la URJC y el Ministerio de Defensa, de las cuales se pueden obtener experiencias generalizables de cara al modelo general a implantar. El máster en Administración se concibe como el MBA en Seguridad y Defensa dentro del catálogo formativo en Másteres Universitarios Oficiales adaptados al Espacio Europeo de Educación Superior y el Máster en Logística se concibe como el Máster de referencia en Dirección Logística de la Producción y de los Servicios en este sector.



Fig. 1. Tribunal trabajos fin de Máster: M. Fdez-Villacañas, L.E. Reyes y J.M. Riola.

Tecnologías Emergentes

Programa ESSOR. La radio *software* europea ya está aquí

Jorge Jarauta, Área de Gestión de Programas, SDGTECIN

ESSOR¹ (*European Secure Software-defined Radio*) es un programa internacional de demostración tecnológica que pretende sentar las bases para el desarrollo y la producción europea de equipos militares de «radio definida por *software* (SDR)» en el horizonte temporal 2015-2016.

ESSOR comenzó su andadura en enero de 2009 con la participación de seis empresas pertenecientes a cada uno de los países participantes: Thales (Francia), Selex (Italia), SAAB (Suecia), Elektrobit (Finlandia), Radmor (Polonia) e Indra (España). Las dos líneas de actividad de investigación y desarrollo que articulan el programa son:

1. *Arquitectura ESSOR*: se trata de una arquitectura *software* para equipos militares SDR, que de la misma manera que el sistema operativo en un ordenador personal, pro-

porciona una capa de abstracción del conjunto *hardware* de la radio y permite la ejecución de aplicaciones *software* sobre ella. Esta arquitectura se basa en la arquitectura de comunicaciones *software* (SCA) desarrollada en el programa JTRS (*Joint Tactical Radio System*) norteamericano, y la complementa en aquellas partes que no se hallan disponibles al público, y que mayoritariamente constituyen el subsistema de seguridad de la arquitectura.

2. *Forma de onda de alta capacidad (HDR WF)*: consiste en una aplicación *software* que implementa una pila de protocolos, desde el nivel de red hasta el de capa física según el modelo OSI (*Open Systems Interconnection*), para comunicaciones militares tácticas en despliegues terrestres, y que se ejecutará sobre equipos SDR que implementen la arquitectura ESSOR. Esta forma de onda permite establecer una red IP (*Internet Protocol*) inalámbrica y segura de banda ancha, con capacidad de auto-organización y operación en movimiento (MANET '*Mobile Ad-Hoc Network*'), permitiendo establecer una *internet* táctica para operaciones en coalición.

Hasta la fecha se han completado con éxito varios hitos del programa. En diciembre de 2010 concluyó la especificación conjunta de la arquitectura ESSOR, la cual posteriormente ha sido implementada en los diferentes terminales SDR de las seis naciones participantes. En el caso español, la implementación se llevó a cabo sobre el demostrador SDR español TERSO, resultado de dos proyectos previos surgidos al amparo del Programa COINCIDENTE. La implementación española de la arquitectura ESSOR finalizó en enero de 2012, siendo Indra la primera empresa del consorcio en concluir la citada tarea.

En lo que respecta a la forma de onda HDR WF, se ha completado satisfactoriamente la especificación y el diseño detallado de la misma, encontrándose ahora todo el consorcio inmerso en las actividades de desarrollo *software*. Cabe destacar la reciente superación, en julio de 2012, de un hito intermedio de revisión de las prestaciones de la HDR WF. Dicha revisión ha venido apoyada por una extensa campaña de simulaciones de alta fiabilidad, cuyos prometedores resultados sitúan a la HDR WF a la altura de las formas de onda

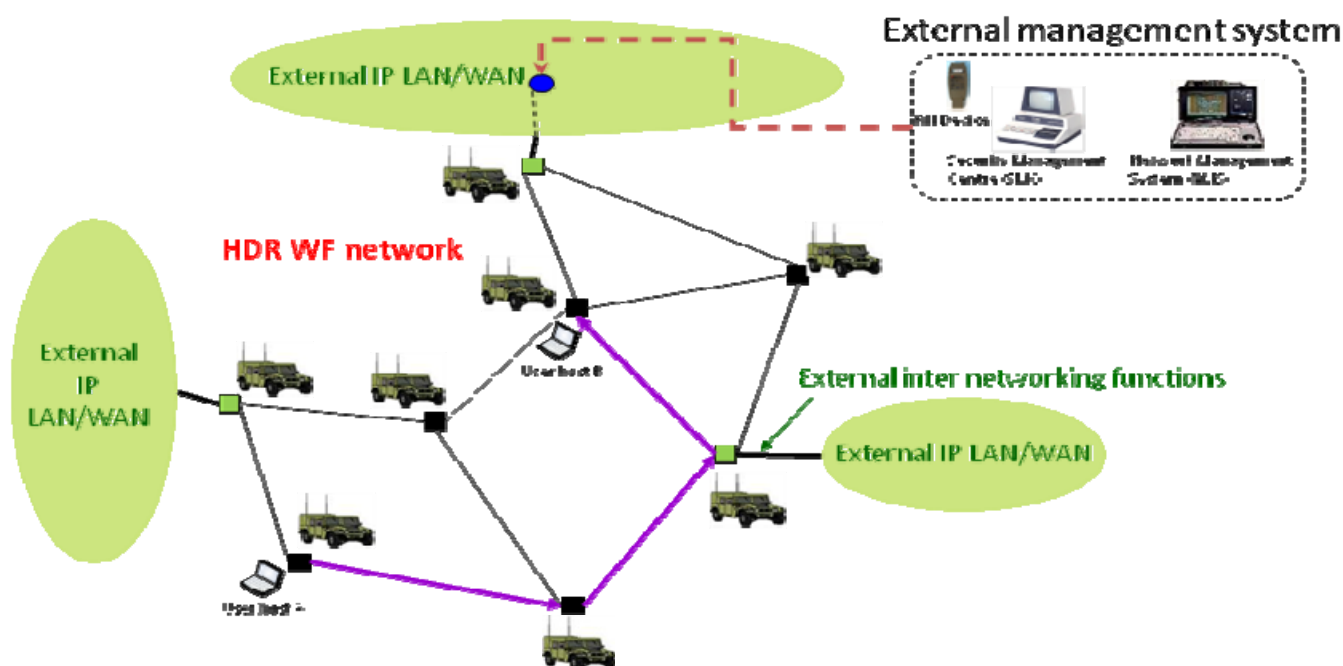


Fig. 1. Ejemplo de comunicación multi-salto haciendo uso de la HDR WF entre un nodo A y un nodo B.

más innovadoras del programa JTRS americano.

Una vez concluya el desarrollo *software* de la HDR WF, ésta será adaptada nacionalmente a los diferentes terminales SDR de los países participantes, con la previsión de finalizar dicha tarea en abril de 2014 en el caso español. Posteriormente se llevarán a cabo pruebas de interoperabilidad, ejecutando la HDR WF en los terminales SDR de las diferentes naciones. Dichas pruebas significarán la primera experiencia de interoperabilidad real con una forma de onda de coalición ejecutada en terminales SDR de diferentes fabricantes.

Los resultados del Programa ESSOR son directamente aprovechables nacionalmente para el logro de soberanía e independencia en materia de radiocomunicaciones militares. De una parte, la arquitectura ESSOR es la herramienta que permitiría contar con control nacional sobre un terminal operativo SDR, que bien podría ser un producto COTS de fabricación foránea. La arquitectura ESSOR proporcionarí­a la capa de abstracción

necesaria para poder desarrollar nacionalmente (o en cooperación) formas de onda que serían ejecutadas sobre el citado terminal SDR. Si a este control sobre la arquitectura *software* interna de la radio, además añadimos la inserción de un subsistema criptográfico nacional, como resultado se obtendría un control total sobre la criptografía y los protocolos de comunicaciones (formas de onda).

Por otra parte, la HDR WF adaptada para su ejecución en un terminal SDR operativo bajo control nacional, permitiría contar con una forma de onda para operaciones en coalición o para uso nacional, ya que la criptografía asociada es fácilmente reemplazable. De esta forma se podría transmitir información clasificada nacional sin necesidad de recurrir a un elemento criptológico externo a la radio.

ESSOR contempla actividades futuras más allá del contrato actual, las cuales estarán orientadas a desplegar las capacidades adquiridas en campo, y también a obtener otras nuevas. En el caso de España, la participación en esta nueva fase pasa de forma in-

eludible por la puesta en marcha de un programa que permita contar con una terminal SDR bajo control nacional. Todas estas actividades están contempladas en la meta tecnológica 6.2.1 de la Estrategia en Tecnología e Innovación para la Defensa.

¹. El programa ESSOR se inició en enero de 2009 pero comenzó a gestarse mucho antes, tal como se describe en el artículo del Boletín nº 16 del tercer trimestre de 2007.

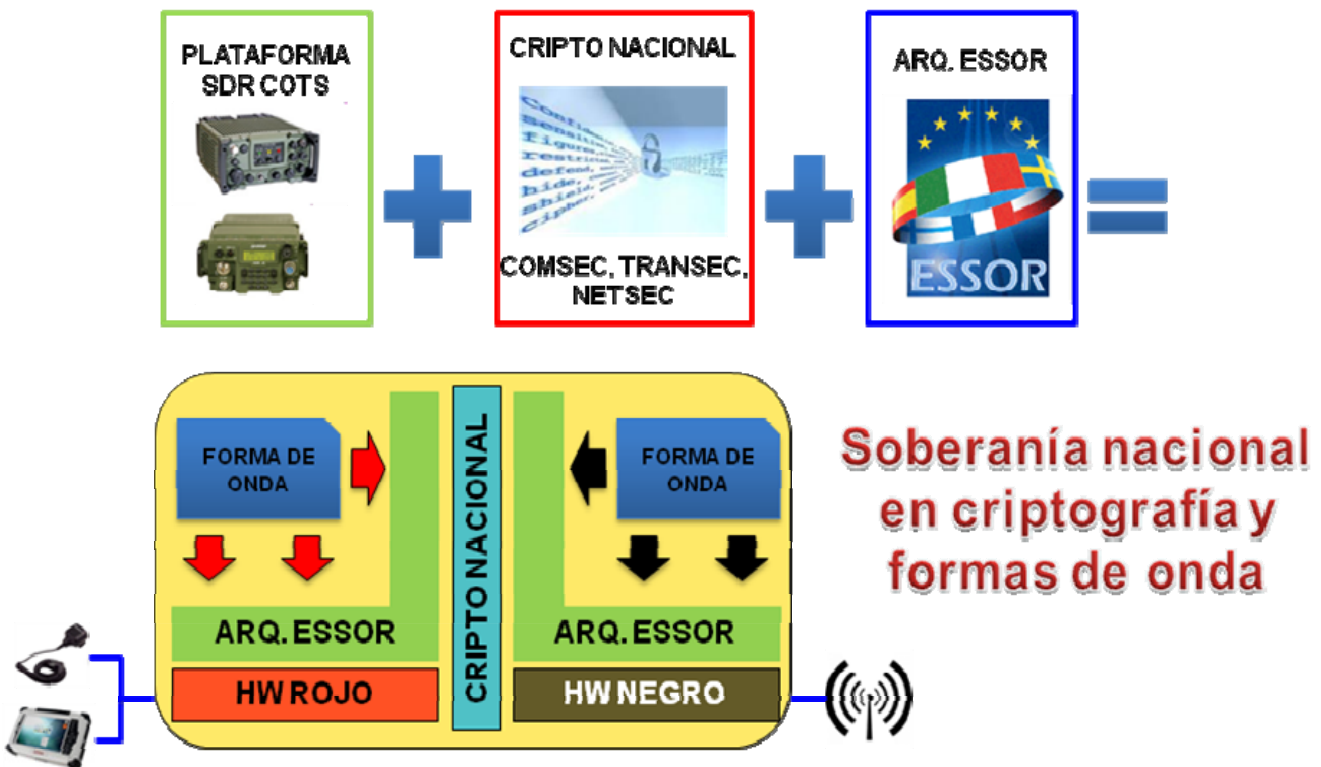


Figura 2. Uso de la Arquitectura ESSOR para control interno de un terminal SDR.

En Profundidad

Criterios de estabilidad en averías

CF. Dr. D. José María Riola Rodríguez,
Jefe de la Unidad de Observatorios
Tecnológicos

Las Armadas de todos los países procuran alcanzar un equilibrio entre la operatividad de sus buques y la protección de la tripulación, ante un posible daño en el casco y la superestructura del buque, garantizándose que todas las acciones sean acometidas con un aceptable nivel de seguridad. Pese a las diferencias, el nivel aceptable de seguridad para las Armadas está siendo equivalente, cada vez más, a los buques construidos bajo legislación civil. Para profundizar en esta materia las Armadas están recurriendo a las Sociedades de Clasificación (SS.CC.), cuyos reglamentos para los buques mercantes están fijados dentro de la Organización Marítima Internacional (OMI) y particularmente en la Convención Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS).

La estabilidad en averías es fundamental para la conservación de cualquier buque, ya que cuanto más tiempo permanezca a flote, más eficaz será la evacuación, y en su caso, las operaciones de búsqueda y rescate. Tanto la experiencia como los estudios realizados demuestran que lo más peligroso para los buques de carga rodada, y sus homólogos militares (buques anfibios y portaaviones), es el efecto de acumulación de agua en su interior. Los cálculos han puesto de manifiesto que el francobordo residual del buque y la altura de las olas en una zona específica, influyen de forma muy significativa en la cantidad de agua que puede acumularse tras una avería por colisión o el impacto de un arma. Cuando se inunda un compartimento se produce una pérdida de flotabilidad, acompañada de una variación de asiento y de una escora que modifican las alturas metacéntricas transversal y longitudinal, provocando una nueva flotación de equilibrio. Además, el estado

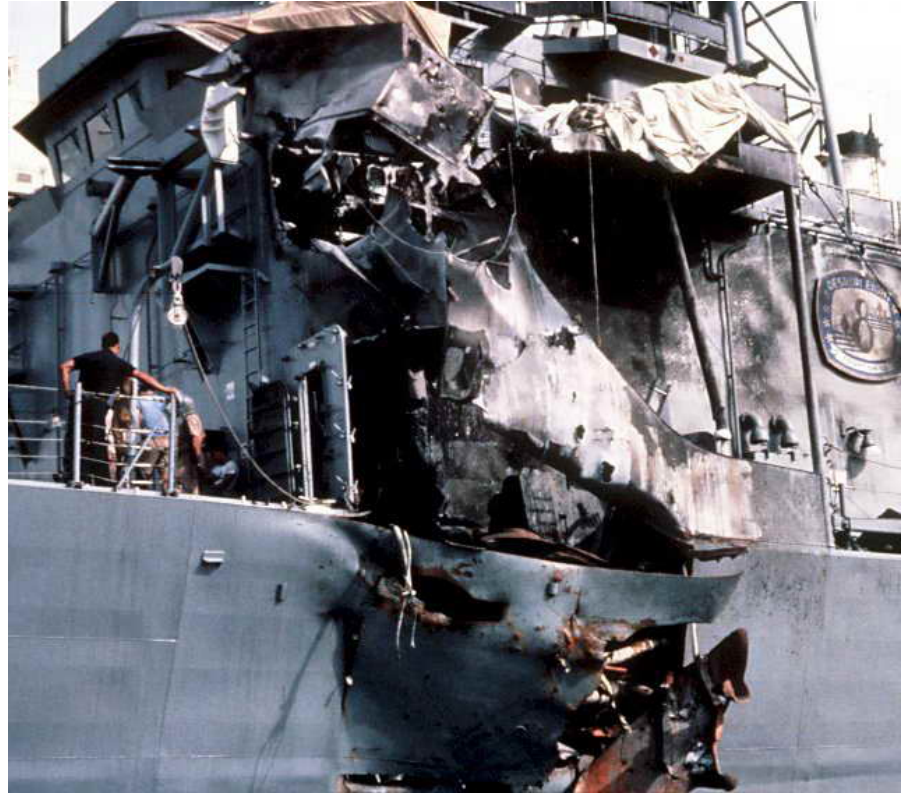


Imagen. 1. Ejemplo visible de la extensión del daño en el USS Stark. (Fuente: <http://www.dodmedia.osd.mil/>, Service Depicted– US Navy, Public Domain).

de la mar en el momento de la avería, puede incrementar la entrada dinámica de agua por encima de esa flotación de equilibrio con la consiguiente pérdida de estabilidad.

Existen diferentes normativas de estabilidad después de averías, tanto en el campo militar como en el civil, cuyos criterios son los más utilizados en la actualidad. Las principales son la *Design Data Sheet* (DDS) americana, el *Naval Ship Code* (NSC) promulgado por la OTAN, y dentro del SOLAS, el Acuerdo de Estocolmo, en donde se considera el agua en cubierta.

Safety of Life at Sea (SOLAS)

De todas las convenciones internacionales sobre seguridad en la mar, la más importante es el SOLAS. Es una de las más antiguas, habiéndose adoptado su primera versión en Londres en 1914. En lo que nos concierne, el apartado fundamental es el Capítulo II-1 donde estipula que la división de los buques en compartimentos estancos ha de estar concebida

de modo que, después de una supuesta avería en el casco, el barco permanezca a flote en equilibrio. Hace hincapié en las prescripciones relativas a la integridad de estanquidad, la disposición del circuito de achique y el grado de compartimentación, medido por la distancia máxima permisible entre dos mamparos adyacentes, en función de la eslora y el servicio para el que esté destinado.

En 1994 la OMI creó un panel de expertos a raíz del siniestro del *MV Estonia* en el que perdieron la vida más de ochocientos cincuenta personas. El *MV Estonia*, al igual que el *MS Herald of Free Enterprise* siete años antes, se hundió debido a que se había acumulado tanta agua en las cubiertas de carga que resultó afectada su estabilidad. El panel propuso que a la exigencia de la estabilidad con uno o dos compartimentos inundados, debería añadirse la de cierta cantidad de agua en las cubiertas

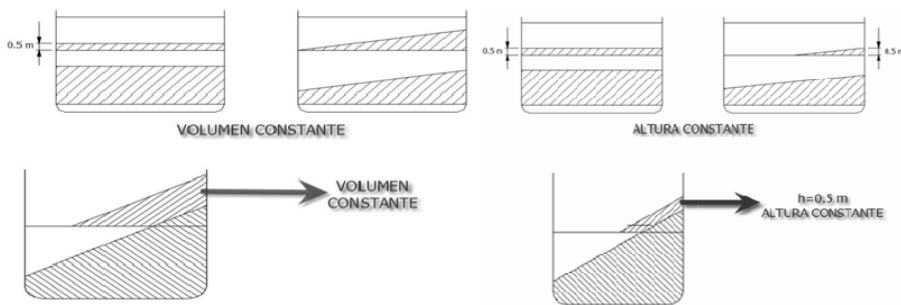


Fig. 1. Métodos de volumen constante y de altura constante.

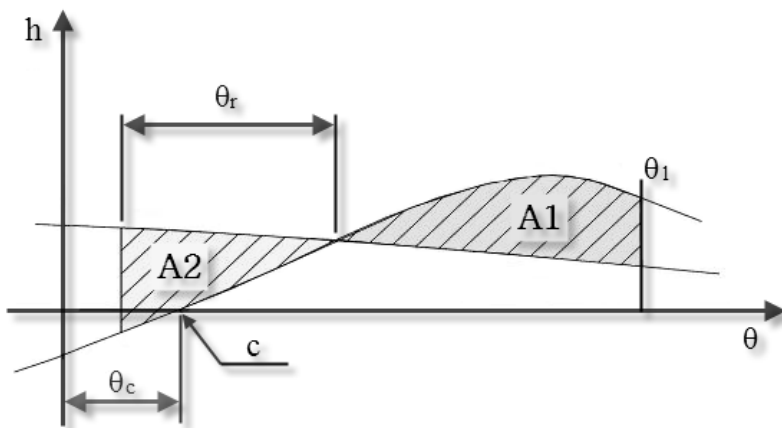


Fig. 2. Criterio de estabilidad después de averías según la "DDS 079".

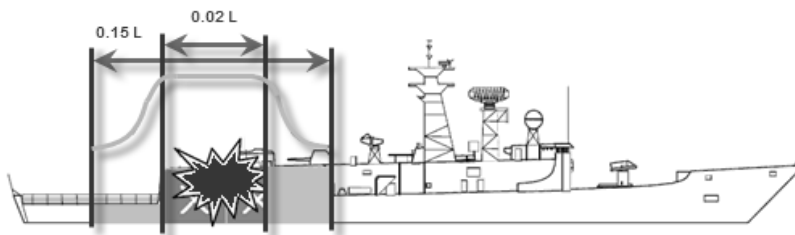


Fig. 3. Perfil de la extensión del daño en un buque militar [1] [2].

en función de la altura significativa de la ola según la mar en la que navega y del francobordo residual después de la avería por colisión. Pero, según este criterio, el volumen de agua en las cubiertas se mantiene constante para el cálculo de la curva de brazos adrizantes GZ después de la avería (figura 1, izquierda).

Como esta hipótesis es muy onerosa para el cumplimiento de los requisitos de estabilidad, se aprobó el Acuerdo de Estocolmo, que mantiene constante la altura de agua sobre las cubiertas en el costado del garaje, con lo que el volumen disminuye a medida que el ángulo va cambiando (figura 1, derecha). Este Acuerdo de Estocolmo es de obligado cumplimiento en las aguas de todos los paí-

ses pertenecientes a la Unión Europea, desde Finisterre hacia el Norte.

Design Data Sheet (DDS)

En nuestra Armada, el criterio para evaluar la estabilidad después de averías se basa en la DDS 079-1 americana y se esquematiza en la figura 2. Una reducción del brazo adrizante igual a $0.05 \cdot \cos \theta$ está incluida en la curva para tener en cuenta la inundación asimétrica desconocida o el movimiento transversal producido por desplazamientos o pérdidas de peso. La curva del brazo escorante debida al viento de costado se calcula con el mismo método usado para modelar la estabilidad intacta, pero considerando una velocidad viento entre 32 y 33 nudos. La estabilidad después de averías se considera sa-

tisfactoria si el ángulo de equilibrio estático de la escora, θ_c , el punto C de la figura, sin efectos del balance debido al viento, no excede de 15 grados.

La estabilidad dinámica disponible para contrarrestar las fuerzas de escora provocadas por la mar gruesa en combinación con el viento de costado es una medida de la adecuación de la estabilidad después de averías. El ángulo límite θ_1 de la curva del brazo adrizante es 45 grados, o el que se produzca con inundaciones sin restricciones si es menor. θ_1 es el ángulo esperado de balance por un viento y un estado de la mar asumidos, y debe ser verificado por la experiencia o mediante un modelo a escala. El criterio se cumple si la reserva de estabilidad dinámica A_1 no es menor que $1.4 \cdot A_2$, donde A_2 se extiende desde θ_r hacia barlovento.

Los rangos a estudiar de los posibles daños de los buques pueden ser el resultado de análisis de datos reales o fórmulas empíricas que utilizan longitudes de daños (figura 3) definidos en reglamentos deterministas.

Naval Ship Code (NSC)

En 2003, el *Nato Naval Group 6*, actualmente *Maritime Capability Group (MCG-6)*, creó un equipo de especialistas entre los países de la OTAN, *Partners for Peace* y *SS.CC.*, con objeto de promover la colaboración de la OTAN con las *SS.CC.* para la elaboración del NSC, coloquialmente conocido como Naval SOLAS. Este NSC o ANEP-77 (*Allied Naval Engineering Publication*) nació para ser el referente en materia de seguridad para construir y operar los buques de guerra, del mismo modo que el SOLAS lo es para los buques mercantes. El NSC no es determinístico, sino que adopta la metodología denominada *Goal Based Standards* (GBS, estándares basados en objetivos). Esta metodología, empleada por la OMI para la elaboración de parte de sus normas, se caracteriza por definir qué debe cumplirse por encima de cómo hacerlo. Para facilitar la aplicación del NSC se confeccionó una guía explicativa: "the guide to NSC". Algunos ejemplos de esta normativa innovadora son la obligatoriedad del estudio de las explosiones internas considerando un daño de forma esférica, la avería provocada por una vía de agua abierta en el doble fondo debido a una varada o el estudio de

en profundidad

una serie de fenómenos hidrodinámicos como la excitación dinámica o *broaching*. Nuestra Armada participó, con un ingeniero naval, en la elaboración de este capítulo tercero junto con especialistas de Australia, Canadá, Holanda e Italia.

Las categorías de los daños se basan en las formas definidas en la figura 4: *esfera*, para las explosiones interiores o la mitad de la esfera en explosiones contra la parte exterior del casco; *cubo*, para volúmenes afectados por el fuego y que cambian de forma para encajar el comparti-

mento; *prisma horizontal*, para los daños al varar o encallar; y *prisma vertical*, para averías por colisión de la proa del otro buque o impacto mecánico.

Los peores daños a estudiar durante el diseño de un portaaviones son los clasificados como categoría C y están definidos por una esfera de 10 metros de radio, un cubo de 20 metros de lado, un prisma horizontal de 40 metros de longitud y base cuadrangular de 5 metros de lado y por un prisma vertical de 40 metros de altura y base cuadrangular de 5 metros

de lado. Una avería es considerada de categoría C si se produce un deterioro del 50% tanto de la resistencia estructural como de sus elementos estructurales.

A modo de resumen

Los reglamentos de los buques mercantes están establecidos dentro del marco de la legislación internacional inspeccionada por la OMI. En algunos casos sus convenios no son apropiados para los buques de guerra, pues la misión que se les encomienda demanda soluciones de diseño y operación que no son siempre compatibles con dicha filosofía OMI y sus soluciones. Por ello la OTAN, junto con la *Naval Ship Classification Association* (NSCA), han creado un equipo de especialistas que desarrollaron el NSC, publicación que proporciona la referencia para que los buques de las Armadas tengan unos niveles aceptables de seguridad.

Referencias

[1] Riola, J.M. y Pérez Fernández, R. (2009). Estudio comparativo entre los criterios de estabilidad de la Armada Norteamericana, Británica y del SOLAS. *Revista Ingeniería Naval*. Julio-Agosto, pp. 815-832.

[2] Riola, J.M. y Pérez Fernández, R. (2009). *Estudio comparativo entre los criterios de estabilidad de la Armada Norteamericana, Británica y del SOLAS*. Primer premio en el 48º Congreso de ingeniería naval e industria marítima. Vigo. 25 y 26 de junio.

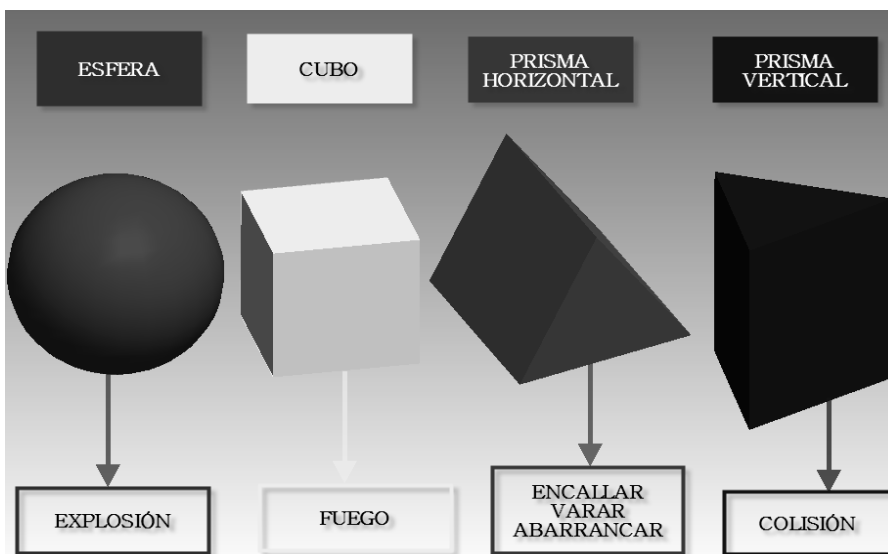


Fig. 4. Formas de daños según el "NSC".



Imagen 2. USS Cole tras el impacto. (Fuente: <http://www.reuters.com/article/2007/03/15/us-usa-sudan-cole-idUSN1430168820070315>. Credit: Reuters/U.S. Marine Corps Photo by Sgt. Don L).

Propiedades y aplicaciones del grafeno en defensa

Luis Miguel Requejo Morcillo, OT MAT

El grafeno es un material de tan solo un átomo de grosor, que está formado por una capa de átomos de carbono densamente empaquetados en una red cristalina bidimensional en forma de hexágonos (ver fig. 1). Fue descubierto en el año 2004 por dos científicos de la Universidad de Manchester (Reino Unido), Andre Geim (Rusia, 1958) y Konstantin Novoselov (Rusia, 1974), que tan sólo 6 años después, en el año 2010, recibieron el Premio Nobel de Física por el descubrimiento de las propiedades extraordinarias que mostraba este material.

El grafeno, por las características que se describen a continuación, es sin duda un material muy interesante para el desarrollo de diversos sistemas no sólo de aplicación civil, sino también para la Defensa.

Propiedades

Desde un punto de vista estructural, el grafeno es el material más delgado jamás obtenido: una lámina de grafeno tiene un espesor de 3.35 Å (es decir, $3.35 \cdot 10^{-10}$ m). Una lámina de grafeno sería en torno a 100.000 veces más delgado que el cabello más fino.

Además, se trata de un material muy ligero: tiene una densidad de, únicamente, 0.77 mg/m^2 . Así, se calcula que una capa de grafeno capaz de cubrir un estadio de fútbol pesaría del orden de 1 gramo.

La característica más interesante del

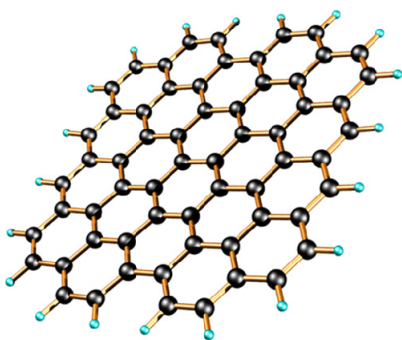


Fig. 1. Esquema de la estructura del grafeno. (Fuente: <http://astroparticulas.blogspot.com>).

grafeno tiene que ver con la conductividad eléctrica. El grafeno conduce la electricidad tan bien como el cobre: su conductividad eléctrica es $0.96 \cdot 10^6 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$, mientras que la del cobre es $0.60 \cdot 10^6 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$ y la del silicio de $100 \cdot 10^6 (\Omega \cdot \text{m})^{-1}$. Por tanto, el grafeno conduce la electricidad mejor que el cobre y, asombrosamente, 100 veces mejor que el silicio. Se ha podido medir la velocidad de los electrones en la estructura del grafeno arrojando unos resultados sorprendentes: se mueven a alrededor de 1000 km/s, tan sólo 300 veces inferior a la velocidad de la luz en el vacío.

La industria de los semiconductores tiene la intención de construir ordenadores mucho más rápidos que los actuales mediante el desarrollo de microprocesadores con transistores de grafeno. La velocidad con la que los electrones pueden pasar a través de estos dispositivos es muy importante, y el grafeno (que permite a los electrones una movilidad hasta 200 veces mayor que el silicio) parece ser el material elegido para construirlos.

Se está trabajando en la implementación del grafeno en transistores de efecto de campo (Field Effect Transistor, FET) con una velocidad de conmutación muy elevada (algunos prototipos ya han alcanzado los 100 GHz, es decir, más del doble de rápido que un transistor de silicio de dimensiones comparables, aunque se cree que podrían alcanzar velocidades de 1.000 GHz.).

Investigadores de IBM han logrado desarrollar un circuito integrado que está construido sobre una oblea de carburo de silicio y se compone de transistores FET hechos de grafeno. Este tipo de transistores podría per-

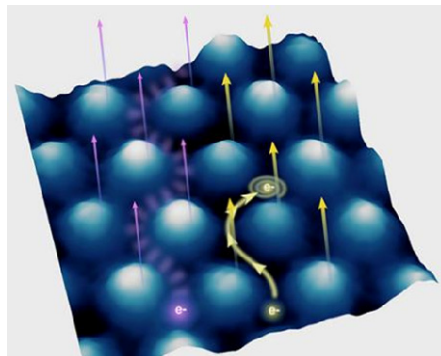


Fig. 2. La velocidad a la que circulan los electrones es aproximadamente 300 veces inferior a la velocidad de la luz. (Fuente: www.nanotech-now.com).

mitir el desarrollo de chips más compactos para enviar y recibir señales inalámbricas. Unos chips que utilizaran menos transistores, manteniendo las mismas funciones podrían ser más baratos, consumir menos energía, y liberar espacio en el interior de dispositivos electrónicos portátiles como los teléfonos de tipo smartphone, donde el espacio es reducido. El Departamento de Defensa de EE.UU., ya ha presentado un chip de grafeno un 55% más potente que una versión anterior y que, de momento, es para aplicaciones militares de identificación por RFID.

Como conductor de calor, el grafeno "supera a todos los materiales conocidos". La conductividad térmica del grafeno se ha medido, y se encuentra en un valor de aproximadamente $5000 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. El cobre presenta un valor de $400 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ a temperatura ambiente. Por tanto, el grafeno conduce 100 veces mejor el calor que el cobre. La gran conductividad térmica del grafeno es probablemente resultado de la relativa facilidad que tienen los átomos de carbono para moverse en el grafeno, comparada con otros materiales.

El grafeno es el material más resistente desde un punto de vista mecánico. Tiene una resistencia mecánica de 42 N/m (tensión a rotura), lo que es 100 veces más resistente que el más resistente de los aceros. Tal es la fuerza del grafeno, por ejemplo, que de acuerdo con el comité del Premio Nobel, una hipotética hamaca de un metro cuadrado de grafeno perfecto podría soportar a un gato de 4 kilos. La hamaca pesaría 0,77 miligramos – menos del peso de un bigote de gato – y sería virtualmente invisible. Además se trata de un material muy flexible, pudiéndose estirar hasta un 10% de su tamaño normal de forma reversible.

Debido a esta combinación de flexibilidad y resistencia, el grafeno ofrece un increíble potencial para su aplicación en Defensa, en la fabricación de materiales para el desarrollo de sistemas de protección pasiva ligeros, flexibles y mucho más efectivos que los actuales. En la Universidad de Wollongong (UOW) en Australia ya han desarrollado un nuevo material compuesto elaborado en base a una mezcla de igual proporción entre grafeno y nanotubos de carbono, que

en profundidad

produce las fibras más duras que se han fabricado hasta ahora. Afirman que su resistencia supera 6 veces a la del hilo de una araña y 12 veces al Kevlar y que el nuevo material podría resultar más barato y más fácil de hacer (por un método de hilatura en húmedo).

Esta propiedades son también muy interesantes en un gran número de industrias como la del automóvil y la aeronáutica, ya que permite el desarrollo de materiales más ligeros y resistentes, dando lugar a plataformas menos pesadas, más seguras, y que utilizan menos combustible.

Otras propiedades del grafeno que merece la pena destacar por su interés para el desarrollo de nuevas aplicaciones son las siguientes:

Capacidad aislante: se ha demostrado que las membranas hechas de grafeno son impermeables a todos los gases y líquidos, debido a que se trata de un material con una densidad atómica muy alta (50 millones de átomos por centímetro). Ni siquiera el helio, el átomo de gas más pequeño, lo puede atravesar. Esta propiedad podría tener un impacto muy importante en el desarrollo de nuevos equipos de protección individual para la protección NBQ.

Por otro lado, investigadores del MIT han logrado purificar el agua de manera más eficiente que los métodos actuales (ósmosis inversa) mediante el uso de láminas de grafeno perforadas con agujeros de tamaño preciso, a la que se le añadieron otros elementos provocando que los bordes de estas minúsculas aperturas inter-

actuasen químicamente con las moléculas de agua (repeliéndolas o atrayéndolas).

La clave de este proceso es el preciso control del tamaño de los agujeros en la lámina de grafeno, evitando los poros demasiado grandes por donde puede pasar la sal y los demasiado pequeños donde quedarían bloqueadas las moléculas de agua. Precisamente en este punto se encuentra el mayor inconveniente de esta aplicación, ya que actualmente, los métodos actuales no permiten fabricar las estructuras tan precisas de los poros a gran escala.

Se trata de una aplicación muy interesante, tanto para el ámbito civil como para el militar. La disponibilidad de agua potable es cada vez más escasa en muchas partes del mundo, y más en muchas de las regiones donde existen conflictos armados. Una fuente prometedora de agua potable es el virtualmente ilimitado suministro de agua de mar del mundo, pero hasta el momento las tecnologías de desalinización son demasiado caras para un uso masivo.

Propiedades ópticas: las propiedades ópticas del grafeno también le auguran un esperanzador futuro en un gran número de aplicaciones. El grafeno es un material casi completamente transparente, ya que absorbe casi 2.3% de la intensidad de la luz blanca que llega a su superficie (transmitancia aprox. 97.7%). Esta propiedad, unida a la flexibilidad, ha abierto la posibilidad de fabricar circuitos flexibles y transparentes.

Dada su transparencia y buena con-

ductividad, el grafeno se puede emplear en la fabricación de pantallas táctiles flexibles de dispositivos electrónicos con una vida útil casi ilimitada y a bajo costo. Actualmente, los investigadores deben demostrar que las hojas fabricadas con este material tienen una excelente calidad, aunque han surgido problemas de fracturas o discontinuidades que afectan su rendimiento.

Recientemente, investigadores del Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO) han desarrollado un dispositivo electrónico flexible y ultrasensible a la luz, que supone un nuevo paso hacia la obtención de móviles flexibles y ordenadores que se puedan enrollar como una revista. Este mismo dispositivo, debido a su alta sensibilidad a la luz, abre la vía a crear también innovadores e interesantes productos de fotodetección, como pueden ser las cámaras de visión nocturna que podrán hacer buenas fotos y filmar buenos vídeos incluso sin luz.

Capacidad para la formación de nuevos materiales: el grafeno puede reaccionar químicamente con otras sustancias para formar nuevos compuestos químicos con diferentes propiedades. Este hecho dota a este material de un gran potencial de desarrollo y de hecho, es una de las líneas de investigación que mayor interés despierta dentro de la comunidad científica.

Soporta la radiación ionizante: el grafeno soporta la radiación ionizante, lo que le permite resistir la radiación de alta energía.



Fig. 3. El grafeno es el material más resistente, desde un punto de vista mecánico. (Fuente: www.nobelprice.org).

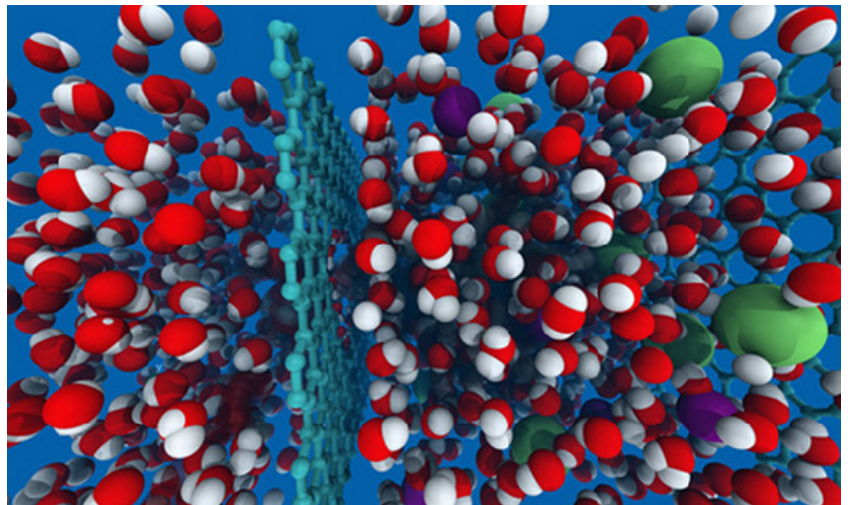


Fig. 4. Proceso de desalinización mediante grafeno. (Fuente: www.grafeno.com)

Generación y almacenamiento de energía

Se prevé que el desarrollo del grafeno tenga un gran impacto en el sector energético, para la obtención de nuevos condensadores, baterías y celdas solares de alta eficacia tanto para la generación como para el almacenamiento de energía eléctrica.

Supercondensadores: Un condensador puede almacenar carga eléctrica de forma "viva" y no gracias a reacciones químicas. Tiene la ventaja de una carga inmediata y de aguantar un número de ciclos de carga ilimitado, aunque a igualdad de peso, éstos sólo almacenan entre un 5 y un 10% de energía que las baterías (en comparación a las de hidruro metálico de níquel). Esto podría cambiar a raíz de fabricar condensadores basados en el grafeno. La capacidad de un condensador depende en gran medida del área de las placas que lo conforman, de modo que la relación superficie/peso tiene que ser lo más alta posible para mejorar dicha capacidad (el aumento de la superficie de un electrodo supercondensador aumenta la capacidad de almacenamiento debido a que una mayor cantidad de los iones en el electrolito líquido tienen acceso a él). Una capa de grafeno ocupa una superficie de 2675 m²/g.

Se han desarrollado en UCLA unos electrodos supercondensadores que pueden almacenar casi tanta energía como los electrodos utilizados actualmente en las baterías para vehículos híbridos. Éstos almacenarían entre 21 y 43 Wh/kg en un ultra condensador completo, que es comparable a la capacidad ed almacenamiento de las baterías de hidruros de níquel, que está entre 40 y 100 Wh/kg. A pesar de que aún almacenan menos energía, permite su carga en segun-

dos o minutos y su capacidad de aprovecha mejor. Teléfonos, tablets, ordenadores, coches eléctricos, etc. podrían aprovecharse de esta tecnología, pudiéndose cargar todos estos dispositivos en minutos.

Baterías: la gran área superficial del grafeno y su gran conductividad lo postulan como posible sucesor del grafito en la fabricación de ánodos de baterías de ión litio. Existen diversos grupos de investigación que han logrado importantes mejoras en la obtención de nuevas baterías. Un equipo de ingenieros de la universidad de Northwestern han creado un electrodo para las baterías de ión de litio que permite que las baterías conserven la carga hasta diez veces más que las actuales y que se puedan cargar diez veces más rápido que las actuales (duraría más de una semana y se cargaría en apenas 15 minutos).

Células solares: El grafeno también puede aportar un enfoque prometedor para la fabricación de células solares ligeras, flexibles y baratas. El mayor obstáculo para la obtención de energía eléctrica a partir de la luz con grafeno es su transparencia: absorbe solo el 3% de la energía de la luz y de esta manera la mayor parte de las ondas de luz pasa a través del grafeno sin participar en la generación de corriente eléctrica.

Recientemente, un equipo de investigación de la Universidad de Florida, ha logrado alcanzar una eficiencia del 8,6 por ciento con una nueva célula solar, gracias a un tratamiento químico en el que se dopa al grafeno con TFSA. Se estima que si las células solares con grafeno alcanzaran eficiencias de conversión de un 10%, podrían ser un claro competidor en el mercado de los paneles solares, siempre y cuando sus costes de pro-

ducción sean mantenidos en un nivel lo bastante bajo.

Conclusiones

Aunque los investigadores han pasado más de 25 años estudiando las buenas propiedades de las formas alotrópicas del carbono como son los fullerenos, nanotubos de carbono y el grafeno, etc. siempre ha existido la dificultad de su comercialización, ya que ésta ni es rápida, ni es fácil. Parece ser que tanto la comunidad científica como la industrial es bastante más optimista con respecto al grafeno (los procesos de fabricación de grafeno de alta calidad dan menos problemas con la variedad incontrolable entre lotes que la síntesis de nanotubos, y las láminas planas resultantes son mayores y más fáciles de manejar que los nanotubos), y prueba de ello es el rápido desarrollo de ciertas aplicaciones y la colaboración existente en numerosos proyectos entre los centros de investigación y grandes empresas.

Las excepcionales propiedades electrónicas, térmicas, mecánicas, aislantes tratadas anteriormente hacen del grafeno una tecnología potencialmente disruptiva para muchas industrias. Sectores como el de la electrónica (tecnología de semiconductores), el energético y el de la obtención de nuevos materiales para el transporte son los mayores consumidores de grafeno en la actualidad. Según algunos estudios de mercado realizados (BCC Research "Graphene: Technologies, Applications, and Markets" y Research and Markets "Global Graphene Market-Analyst View"), se espera que las primeras ventas significantes desde un punto de vista comercial de productos de grafeno tengan lugar antes de 2015, cuando la cuota global del mercado alcance los 48 millones €. Según dichos estudios, será a partir de entonces cuando este mercado sufra un gran crecimiento, pudiendo llegar a crecer hasta los 480 millones € para el año 2020 (más de un 50% de crecimiento anual entre 2015 y 2020).

Sectores como el de la defensa muy posiblemente aumentarán su porcentaje en los próximos años, aprovechándose de los desarrollos generados en los sectores mencionados anteriormente y una vez que la tecnología del grafeno adquiera mayor madurez.

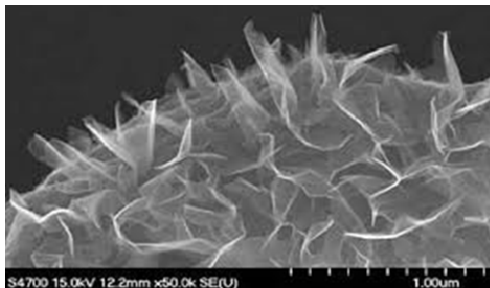


Fig. 5. La elevada relación superficie/peso del grafeno permitiría la fabricación de condensadores con gran capacidad de almacenamiento de energía. (Fuente: www.spectrum.ieee.org).

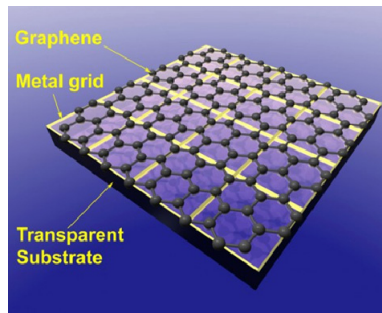


Fig. 6. Esquema de un celda solar fabricada con grafeno. (Fuente: www.gizmag.com).

Boletín de Observación Tecnológica en Defensa

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



 **SOPT**
SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y
PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

