



**DIRECCIÓN GENERAL DE
ARMAMENTO Y MATERIAL**

**SUBDIRECCIÓN GENERAL DE
TECNOLOGÍA Y CENTROS**

Nº 5. Cuarto Trimestre 2004

En este número

- **ACTUALIDAD OBSERVATORIOS**
- **ACTUALIDAD TECNOLÓGICA**
- **TECNOLOGÍAS EMERGENTES**
- **ENLACES DE INTERÉS**
- **EN PROFUNDIDAD**
- **AGENDA**

Contactar

Nodo Gestor

C.N. Ingº. Manuel Pereira Rueda
SDGTECEN C/ Arturo Soria 289
Madrid 28033
mpereirar@oc.mde.es

Observatorio de Electrónica

C.N. Ingº. Manuel Golmayo Fernández
mgolmayo@oc.mde.es

Observatorio de Óptica y Optrónica

C.N. Ingº Arturo Maira Rodríguez
arturomaira@oc.mde.es

Observatorio de Armas, Municiones, Balística y Protección

Col. CIP Carlos López Agudo
clagudo@oc.mde.es

Observatorio de Simulación, Mando y Control y Comunicaciones

Col. CIP Francisco Cucharero Pérez
fucper@oc.mde.es

Observatorio de NBQ

TCol. CIP Juan C. Fernández Fernández
jcfernandez@oc.mde.es

Observatorio de Materiales

Dr. José Maroto Sanchez
marotosj@inta.es

www.mde.es/dgam/observatec.htm

Boletín

de Observación Tecnológica en Defensa

Editado por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica

Un año de "boletín"



Al completarse el primer ciclo anual del Boletín de Observación Tecnológica en Defensa, supone para mí una gran satisfacción saludar desde esta tribuna a toda la comunidad tecnológica. Y no sólo a la directamente relacionada con Defensa, sino también al conjunto de la comunidad que contribuye al avance de la tecnología o, lo que es lo mismo, al progreso.

El Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica de la Defensa fue creado con el fin de mejorar la gestión en investigación y desarrollo, en la I+D; para dinamizar la comunidad tecnológica, y para superar viejos desencuentros. Sé que sus inicios no han sido fáciles. Pero sé también que los resultados nos permiten ser optimistas de cara al futuro.

Porque la función de recopilar y difundir el disperso conocimiento tecnológico por parte de esta organización aporta indudables beneficios: una mayor interacción y colaboración entre los agentes participantes y cierto grado de reconocimiento a los profesionales, en particular a los de las Fuerzas Armadas, que dedican su esfuerzo a actualizar constantemente sus conocimientos en tecnologías de aplicación en Defensa.

La organización de los Observatorios presenta un carácter muy innovador en el ámbito de la Administración, pues a la forma vertical y jerarquizada de la misma –en especial, de las Fuerzas Armadas-, se contraponen una estructura horizontal, casi matricial, en la cual los colaboradores participan por su propio interés en las tecnologías, independientemente de su ubicación jerárquica (Unidades Operativas, Estados Mayores, Mandos Logísticos, Industria, Universidad,...) Esto es, al margen de su complejidad, una de sus principales riquezas.

El éxito y el dinamismo de los Observatorios está asociado a alcanzar un nivel de confianza y de prestigio a muy corto plazo, lo cual exige un esfuerzo especial de los expertos colaboradores. Desde aquí, aprovecho para animar a todos los que se vayan acercando al sistema, para que colaboren con él. No quepa duda a estos hombres y mujeres que su esfuerzo se verá recompensado.

Espero que, durante el año que viene, asistamos a la consolidación progresiva de este sistema. Que pueda hacer frente a retos tan importantes como el desarrollo de los nuevos conceptos en sistemas y plataformas; la obtención de nuevos sistemas de armas; la lucha contra el terrorismo global, que incluye la prevención mediante la detección previa de explosivos y agresivos de todo tipo; las técnicas biométricas y muchos y apasionantes retos más.

Si este sistema se enfoca desde una perspectiva de anticipación y de racionalización de los esfuerzos, puedo atreverme a augurar el éxito de una iniciativa acorde con el progreso del siglo XXI. Vayan, pues, desde aquí mi apoyo y gratitud por este esfuerzo.

Francisco Pardo Piqueras
Secretario de Estado de Defensa



EDITORIAL

Ha pasado un año desde la publicación del primer número del Boletín, y aunque las principales funciones de los observatorios, vigilancia, seguimiento y prospectiva tecnológica, se orientan hacia el futuro, con el objeto de apoyar el planeamiento en investigación y tecnología, este parece un buen momento para mirar hacia atrás y reflexionar sobre el boletín y su aportación a la comunidad de defensa.

Analizando los contenidos que hemos ido presentando en el boletín queda claro que tenemos el futuro muy "presente": nanotecnologías, capacidades y conceptos de guerra en red (NEC), detección a distancia, computación óptica, UAVs,... serán realidades en un futuro próximo, aunque todavía alejadas de los sistemas y aplicaciones en servicio. Surgen en este punto una serie de preguntas: ¿tiene sentido este continuo mirar hacia delante?, ¿se convertirán en realidades las promesas presentes?, ¿no sería más lógico centrarse únicamente en las necesidades de tecnología actuales de nuestras fuerzas armadas? Es difícil dar una respuesta concluyente a todas estas preguntas. En realidad, es probable que algunas de las tecnologías más prometedoras a día de hoy, como la computación cuántica o los materiales inteligentes, no lleguen nunca a consolidarse como alternativas a tecnologías existentes, o que conceptos como guerra en red y superioridad de la información no sean tan decisivos como suponemos.

Sin embargo, en los observatorios estamos convencidos de que la tecnología no se improvisa, y que sólo con el seguimiento continuo de los avances tecnológicos, y una apuesta decidida, a día de hoy, por tecnologías emergentes o con un alto potencial de disrupción, estaremos preparados para cumplir la misión que nos ha sido encomendada: asesorar a nuestras fuerzas armadas para que los futuros sistemas y equipos de los que se doten sean tecnológicamente los más adecuados para el desempeño de sus misiones.

Simposio: ARMAS NO LETALES

El pasado 2 de diciembre se celebró en las instalaciones de la Escuela Politécnica Superior del Ejército, el simposio "Armas No Letales", organizado por el Observatorio Tecnológico de Armas, Municiones, Balística y Protección con el objetivo de dar a conocer las evoluciones y desarrollos en este área en España.

El simposio, inaugurado por el Subdirector General de Tecnología y Centros, se organizó en dos bloques diferenciados, en los que se abordó el estado del arte, tanto en España como en países de nuestro entorno, de las ANLs, su utilidad y las tecnologías aplicables y los posibles desarrollos relacionados con las mismas.



El primero de los bloques, "Necesidad, doctrina y aspectos operativos", incluyó cuestiones relativas al estado de la doctrina de la utilización de este tipo de armas en diferentes tipos de conflictos, así como de los posibles usos operativos para la infantería y aplicaciones en control de multitudes por parte de las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado.

El segundo bloque, denominado "Eficacia y sistemas en desarrollo en España", contó con la representación de grupos industriales con actividad en este campo y se trataron temas de interés respecto al desarrollo y fundamentos de operación de distintos tipos de ANLs.

La nutrida presencia de representantes de Armada, Ejército de Tierra, Infantería de Marina y Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, hace ver el marcado interés que el tema despierta y la necesidad de implantación de estos medios como respuesta a determinadas necesidades operativas, principalmente en misiones de paz, combate en entorno urbano o control de multitudes. Finalmente, se puso en relieve la necesidad de disponer de requisitos operativos que muestren a la industria el amplio abanico que cubren las ANLs.

Nuevo observatorio: MATERIALES

Durante el pasado trimestre ha iniciado su actividad el Observatorio de Materiales, orientado a tecnologías subyacentes en dicha área: materiales estructurales, materiales y estructuras inteligentes, materiales para blindajes y protección,... El Observatorio de Materiales comenzó su andadura a principios de noviembre y se coordina desde el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA).

Con el inicio de actividades de este nuevo observatorio son ya seis los observatorios en funcionamiento: Electrónica, Óptica - Optrónica, Armas, Municiones, Balística y Protección, Tecnologías de Simulación, Mando y Control y Comunicaciones, Protección NBQ y Materiales.

COMUNICACIONES ÓPTICAS Y APLICACIONES TÁCTICAS

Dentro del marco de la WEAG CEPA-8 (Optoelectrónica), tuvo lugar los días 15 y 16 de septiembre el "workshop" sobre "Free space optical communications for tactical networks". Los objetivos eran ofrecer una panorámica sobre las actividades de I+D de cada nación relacionadas con el asunto, intercambiar ideas sobre las comunicaciones ópticas, y discutir sobre potenciales desarrollos a impulsar por la CEPA 8 desde una perspectiva de aplicaciones a sistemas. Los países asistentes fueron: Alemania, Finlandia, Holanda, Reino Unido, Suecia y España.

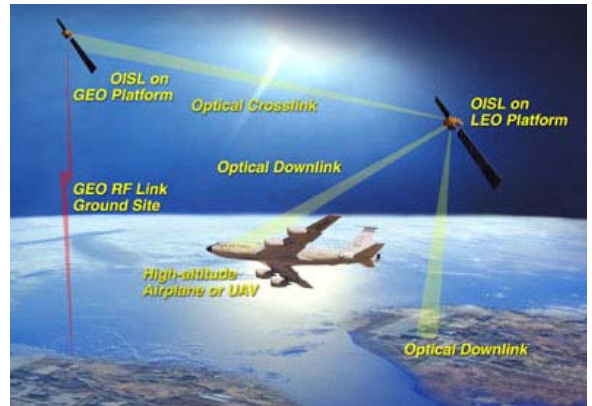
La reunión comenzó con una exposición por países sobre su experiencia en relación con el objeto del "workshop", principales retos tecnológicos, capacidades de mayor interés para desarrollo dentro de la CEPA y posibles aplicaciones militares de las comunicaciones ópticas sin cable. Los puntos principales a destacar en las exposiciones son los siguientes:

- El esfuerzo sueco por el aspecto de la retromodulación, que permite orientar y tratar haces de luz sin componentes mecánicos.
- El interés holandés en el desarrollo de procedimientos de comunicación naval en modo "silencio radio".
- Alemania centró su presentación en tratamiento de señal láser propagándose en la atmósfera.
- Finlandia mostró su interés en desarrollo de dispositivos de estado sólido fiables, tanto en emisión como en detección.
- Reino Unido centró su presentación en un tema poco avanzado al día de hoy como es la criptografía cuántica, de potencial interés para aspectos de seguridad de la información.
- España presentó su experiencia de desarrollo en tres campos: desarrollo de dispositivos y sistemas optoelectrónicos, tratamiento de señal y corrección en atmósfera y su contribución a un demostrador de enlace por láser (SILEX).

El SILEX fue un proyecto de la ESA de demostración de enlace por láser entre satélites, por un lado, y entre éstos y su estación en tierra o OGS (Optical Ground Station) emplazada en las instalaciones del IAC (Instituto Astrofísico de Canarias). El proyecto demostró, en el 2001, un enlace a 50 Mbit/s y una tasa de error menor de $1e-9$. El proyecto ha conseguido asegurar, a través de un enlace óptico, la gestión de información entre las instalaciones del OGS diseminadas en el archipiélago canario. La contribución española (Grupo de ingeniería electromagnética y fotónica de la Universidad Politécnica de Cataluña e IAC), se basó en identificar e implantar los modelos de tratamiento de señal para controlar la influencia de la atmósfera en el haz de luz láser, optimizando así los errores de información basados en distorsiones de la señal portadora.

Tras las presentaciones nacionales, se procedió a un ejercicio de prospección de las potenciales aplicaciones de enlaces ópticos en unidades tácticas, así

como los principales retos tecnológicos a abordar para su implantación práctica. Los sistemas identificados fueron UAV (helicóptero) - Tierra, UAV-Plataforma aérea, UAV (helicóptero) - Plataforma naval, Plataforma terrestre - Plataforma terrestre y Soldado-Soldado.



- Escenificación de un escenario estratégico donde la red de comunicación es óptica (cf. FOI) -

Como conclusión de la reunión, los representantes de los países asistentes expresaron su interés en la preparación de un TA (technical agreement). Dicho TA tendría una duración de un año y tras su firma se formaría un grupo de trabajo que elaboraría un informe respondiendo a los siguientes objetivos:

- Identificar potenciales sistemas donde demostrar la validez de las comunicaciones ópticas sin cable.
- Identificar el valor añadido de las comunicaciones ópticas frente a otras alternativas tecnológicas existentes en dichos sistemas.
- Identificar las lagunas tecnológicas existentes para el desarrollo de tales demostradores.
- Promover un intercambio de información óptimo entre los países participantes.
- Garantizar la uniformidad de criterios y estrategias entre los países participantes.
- Permitir una visión integral de las actividades de I+D relacionadas de cada país participante.

En definitiva, la WEAG-CEPA 8 explora la viabilidad del desarrollo de "links ópticos sin cable" en aplicaciones militares, de modo análogo como DARPA lo lleva haciendo desde la década de los noventa, y cuya contribución al desarrollo del concepto de "common network" empieza a dar sus frutos.

¿QUIERE COLABORAR EN EL BOLETÍN?

Envíe sus sugerencias al **Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica** y contactaremos con usted. Puede proponer temas que considere de interés o sobre los que le gustaría ampliar conocimientos, colaborar preparando artículos en temas de su experiencia,...

Contacto: CN Ingº Manuel Pereira Rueda
 Tlf. 913954654 mpereirar@oc.mde.es

TESIS DOCTORAL

El pasado 30 de septiembre tuvo lugar en el salón de grados de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación (ETSIT) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) el acto público de lectura y defensa de la tesis doctoral "Nuevas Técnicas de Localización, Clasificación e Identificación para Radares de Vigilancia Superficial y Alta Resolución en escenarios LPI", por su autor D. Javier Antonio García Fominaya, recibiendo por unanimidad del tribunal la calificación de Sobresaliente Cum Laude.

El director de la tesis ha sido D. Félix Pérez Martínez, Doctor Ingeniero de Telecomunicación, Catedrático y Director del Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones de la ETSIT de la UPM.

La tesis presenta un nuevo algoritmo, denominado de Retardo y Convolución, que se aplica tanto a la localización de los blancos como a su clasificación e identificación mediante la determinación precisa de sus "puntos calientes", a partir de la información suministrada por los Radares de Alta Resolución (HRR: High Resolution Radar). Esta nueva técnica permite dotar a los mencionados sistemas de nuevas capacidades en la localización e identificación de blancos que están abriendo nuevos campos de aplicación hasta ahora reservados a los sensores electroópticos, aportando su característica fundamental de operación "todo tiempo", tanto diurna como nocturna y en cualquier condición meteorológica.

El algoritmo, una modificación de otro que ya se está utilizando con éxito en la sincronización de receptores para comunicaciones digitales de espectro ensanchado, se ha caracterizado completamente mediante estudios analíticos, simulación y numerosos experimentos en campo. Los estudios realizados incluyen su comportamiento en condiciones LPI (Low Probability of Intercept), en las que para ocultar la presencia del sensor, éste emite muy poca potencia, lo que se traduce en que su receptor debe trabajar con relaciones señal a ruido muy bajas.

- Javier A. García Fominaya es Ingeniero de Telecomunicación y responsable de los programas EUCLID en la SDG TECEN -

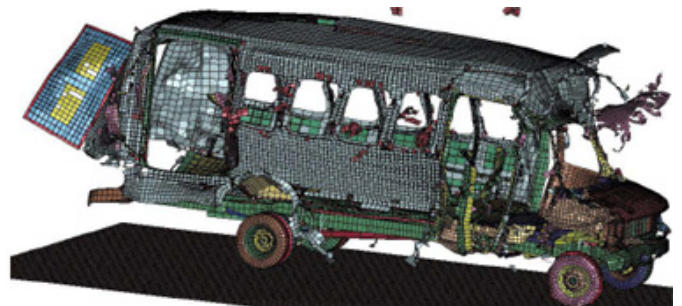
Simposio: COUNTERING IMPROVISED EXPLOSIVE DEVICES

La organización, durante el 18 y 19 de octubre, de un simposio en el área de la lucha contra la amenaza de los dispositivos explosivos de fabricación no industrial (IED Improvised Explosive Device / artefactos explosivos improvisados), representa la primera acción realizada por la DGAM en su iniciativa de liderar el área 5 (Countering Improvised Explosive Devices) del programa OTAN de Defensa contra el terrorismo (DAT, Defence Against Terrorism). El simposio se convirtió en un excelente foro para que expertos de las naciones OTAN intercambiaran información sobre las amenazas actuales y futuras de los IEDs, así como los métodos, doctrinas y tecnologías para hacer frente a estas amenazas.

Esto fue posible gracias a la participación de alrededor de 300 personas entre asistentes, conferenciantes, exhibidores e incluso demostraciones in vivo de algunas de las tecnologías. Esta respuesta por parte de la industria, organizaciones gubernamentales, fuerzas armadas, fuerzas de seguridad y comunidad investigadora y académica, indica por un lado, el creciente interés por este tema, y por otro, la conveniencia de afrontar esta amenaza con una visión integrada que tenga en cuenta los múltiples aspectos del problema.

Así, durante el desarrollo del simposio, se describieron las características de la amenaza y las lecciones aprendidas por los operativos, se explicaron las políticas e iniciativas gubernamentales para contrarrestar los IEDs y se expusieron y demostraron las tecnologías más relevantes y emergentes contra los IEDs.

Estas tecnologías no sólo se centraron en la detección de IEDs y/o los explosivos que contienen, sino también en tecnologías para la mitigación de la onda de choque y de sus efectos en estructuras civiles, para la inhibición de la detonación y/o destrucción de los detonadores mediante contramedidas electrónicas, o en la descripción de nuevos tipos explosivos con baja probabilidad de detección, entre otras muchas tecnologías.



Entre las tecnologías presentadas y/o demostradas durante el simposio destacan:

- El uso de cañones de agua a alta presión para la destrucción y/o inhabilitación de IEDs.
- Inhibidores y/o disruptores de los mecanismos electrónicos de detonación mediante el uso de HPM (High Power Microwaves) basados en técnicas de UWB (Ultra Wide Band).
- Para la detección de IEDs y/o explosivos el uso de técnicas/tecnologías:
 - Electromagnéticas: como la NQR (Nuclear Quadrupole Resonance), Terahercios, y LIBS (Laser Induced Breakthrough Spectroscopy).
 - De detección por trazas: biosensores, absorción óptica y fluorescencia.
 - Nucleares: basados en neutrones, rayos X tipo Backscatter, y rayos gamma.

Desafortunadamente, a pesar de las buenas prestaciones de algunas de estas tecnologías y el potencial de otras tecnologías emergentes, la lucha contra los IEDs, sobre todo en el campo de la detección, presenta un gran desafío tecnológico para obtener soluciones completas que operen bajo el amplio abanico de escenarios y requisitos operativos.

VIDEOJUEGOS Y APLICACIONES MILITARES

El NMSG (NATO Modelling & Simulation Group, dependiente de la agencia RTA de la OTAN) ha organizado durante los pasados días 20 y 21 de octubre una serie de conferencias bajo el título "Explotación de los videojuegos comerciales para su uso militar". Las conferencias, desarrolladas en las instalaciones de TNO en La Haya, se centraron en el aprovechamiento de las tecnologías asociadas a los videojuegos comerciales en el entrenamiento militar.



Las tasas de crecimiento continuadas de la industria del videojuego, con un mercado que ya supera el de la industria cinematográfica, han contribuido enormemente al avance de determinadas tecnologías como pueden ser la informática gráfica, la inteligencia artificial, la modelización del entorno físico y dinámico o el conocimiento sobre el aprendizaje. Este empuje tecnológico se ha reflejado también en la simulación militar, siendo su mayor exponente las mejoras en los procesadores gráficos y el aumento de la capacidad de proceso. Así, las prestaciones de los equipos comerciales de bajo coste existentes en el mercado actual superan con creces a los equipos específicos de alto coste que se usaban hace escasos años en los simuladores militares, todo ello debido al abaratamiento de los costes de desarrollo. También se han producido avances a la hora de establecer puentes entre los protocolos particulares que utilizan los juegos con estándares como HLA (High Level Architecture), de amplio uso en entornos militares.

Adicionalmente, el nivel de realismo que ya alcanzan la gran mayoría de los videojuegos y su coste reducido, los convierten en una valiosa herramienta de apoyo a la formación y entrenamiento militar. En este contexto, las conferencias han revisado la actual utilización de los videojuegos en el área de defensa con el objetivo de compartir las experiencias de las naciones participantes en la utilización de videojuegos y tecnologías asociadas a los mismos, identificar buenas prácticas en el uso de estas tecnologías (lecciones aprendidas, barreras para la explotación de las técnicas, posibles áreas de colaboración,...) y establecer relaciones internacionales entre los usuarios y actores de estas tecnologías (I+D, militares, internacionales).

Así, las conferencias trataron sobre las prácticas relacionadas con simuladores de vuelo, entrenadores de infantería (soldados a pie), vehículos blindados, juegos de guerra y la doctrina que se ha empezado a desarrollar para incluir estos sistemas en la instrucción del personal militar.

Como principal conclusión de las sesiones destacar que el uso de videojuegos en el entrenamiento militar es una realidad en desarrollo con un campo de aplicación muy amplio, ya sea como simuladores a nivel de plataforma (soldado e infantería, aviones, helicópteros, vehículos acorazados,...), tácticos, estratégicos y operacionales. El empleo de estas tecnologías no implica la sustitución de los actuales métodos de adiestramiento militar, sino que suponen un añadido que permite elevar el nivel de aprendizaje y mejorar determinadas habilidades personales y colectivas. Todo ello con un coste reducido al utilizar directamente tecnologías procedentes del mundo civil.

Tecnologías disruptivas: TERAHERCIOS

Como ya se apuntó en el boletín N°4, a principios del cuarto trimestre de 2004, tuvo lugar en Edimburgo el tercer seminario del grupo de trabajo de la LOI centrado en el área de tecnologías disruptivas. Este tercer seminario estuvo orientado a las tecnologías y aplicaciones de las ondas en el rango de los terahercios. Los objetivos del seminario fueron realizar una introducción a la tecnología de terahercios, profundizando en los puntos débiles y fuertes de la tecnología y analizando el panorama académico, investigador e industrial sobre terahercios, y a continuación, analizar y debatir el potencial impacto de estas tecnologías en la defensa, y si este impacto es disruptivo.

De las exposiciones, se puede deducir la gran actividad investigadora existente en el Reino Unido sobre este tema. El gran reto existente es el de la generación de radiación en terahercios con las potencias deseadas, así como con sistemas que sean menos costosos y voluminosos, y además fácilmente reproducibles de manera industrial.

Se identificó que existe potencialidad de aplicación en defensa y seguridad en las siguientes áreas: detección a distancia (y a corta distancia) de suicidas con explosivos, detección a distancia (y a corta distancia) de armas (metálicas o no) escondidas en personas o equipaje, comunicaciones seguras con alto ancho de banda, detección a corta distancia de agentes químicos, y finalmente inspección no destructiva de paquetes y componentes electrónicos. Aunque para que muchas de estas aplicaciones puedan ser realizables, las fuentes generadoras de radiación en terahercios necesitan aumentar al menos dos órdenes de magnitud su potencia de salida respecto a la que se obtiene actualmente.

Como resultado final, se concluyó que las tecnologías basadas en terahercios no presentan, por el momento, un marcado carácter disruptivo, ya que el estado del arte de la tecnología presenta importantes desafíos tecnológicos, y además en la mayoría de las áreas de aplicación identificadas, existen técnicas y tecnologías competidoras con coste menor y/o un nivel de madurez mayor.

Nuevos retos: DETECCION A DISTANCIA DE AGENTES BIOLÓGICOS

La comunidad científica ha ido desarrollando, a lo largo de las últimas décadas, distintos métodos de identificación de agentes biológicos, sirviéndose de técnicas inmunológicas, bioquímicas y moleculares que ya permiten realizar *in situ* dicha identificación. Debido a acontecimientos recientes, existe un enorme interés en la detección e identificación de agentes infecciosos, susceptibles de ser utilizados en ataques bioterroristas. Ante la posibilidad de que dichos agentes sean dispersados deliberadamente en forma de aerosoles, los esfuerzos no sólo van dirigidos a técnicas de detección *in situ*, sino también al desarrollo de tecnologías a distancia (stand-off), que permitan conocer con anticipación la amenaza y de esta forma faciliten la adopción de las medidas de prevención más adecuadas. En este sentido se orientan los actuales desarrollos, principalmente basados en sensores electro-ópticos, que deben ser capaces de detectar a distancia una nube con contaminación biológica.

Desde la creación de los primeros láseres remotos, se han ido desarrollando diversas tecnologías y sistemas de detección a distancia. Entre éstos se encuentran los de detección pasiva, en los que se analizan los espectros de autofluorescencia de los agentes a detectar, y los sistemas de detección activos en los que se analizan las propiedades atmosféricas mediante el impacto en la atmósfera de un láser remoto. El problema se centra actualmente en la capacidad de los equipos para discriminar material biológico natural, como el polen o bacterias presentes en el aire, de las verdaderas amenazas biológicas.

Entre los equipos de *detección a distancia pasiva* cabe mencionar sistemas como el CATSI (Compact Atmospheric Sounding Interferometer), el IMSS (Image Multi-Spectral Sensing), el AIRIS (Adaptive Infrared Imaging Spectrometer) y el FLAPS (Fluorescent Aerodynamic Particle Sizer). Este último incluye un láser con longitud de onda azul o ultravioleta, diseñado para medir el tamaño de las partículas biológicas y la fluorescencia intrínseca de éstas.

Por su parte, entre los sistemas más novedosos de *detección activa*, destacan, en el análisis de dispersión a largo alcance, los basados en tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging) en banda infrarroja: IR-LIDAR, o en tecnología LIF (Laser Induced Fluorescence) en banda ultravioleta. Este último tipo es más efectivo durante operaciones nocturnas, en las que hay una baja intensidad de luz. Para analizar la dispersión a corto alcance se utilizan principalmente equipos LIDAR en banda ultravioleta: UV-LIDAR.

Tanto los sistemas de detección activos como pasivos continúan en la actualidad en fase de prototipos, siendo aún necesario realizar la valoración de

diversos parámetros, tales como el ruido de fondo obtenido durante las horas de luz, la longitud de excitación óptima, la potencia del láser, el ancho de banda de detección,..., parámetros que deben ser completados con información de velocidad y dirección del viento. Actualmente, los equipos de detección activa basados en IR-LIDAR, son incapaces de discriminar entre aerosoles biológicos y no biológicos, dando mejores resultados los UV-LIDAR y LIF. Mencionar también que utilizando sistemas de detección pasivos basados en luz IR es posible visualizar bio-aerosoles inmediatamente después de su diseminación, sin embargo, la señal obtenida se pierde rápidamente haciéndose invisible para el equipo.

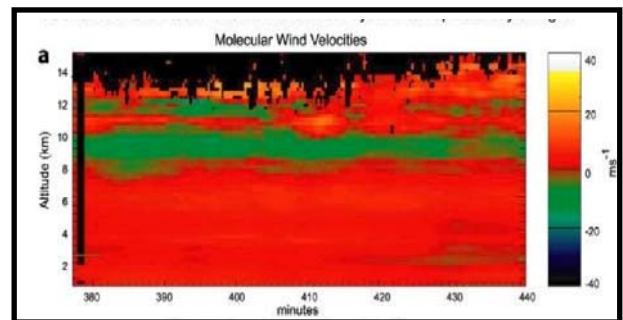


Figura: Datos del viento obtenidos de LIDAR
www.soest.hawaii.edu/MET/Faculty/businger/poster/SPIE/

Entre las tecnologías de detección a distancia más novedosas, está la Espectroscopía de Absorción Terahertz, que utiliza frecuencias de 0,01 a 10 THz, en las que la atmósfera es bastante transparente. Se utiliza para la detección e identificación remota de macromoléculas, y ha sido probada bajo condiciones de laboratorio controladas. Se basa en analizar características relacionadas con la vibración de los fonones (partículas virtuales de vibración) de los ácidos nucleicos (ADN) y de células bacterianas completas. De igual modo, se analizan las características de otros mecanismos físicos debidos a la interacción entre la radiación y el material biológico. Se ha demostrado que la frecuencia de resonancia en el ADN presenta una fuerte relación con los puentes de hidrógeno de la doble hélice de esta molécula. Este hecho parece ser prometedor en cuanto se refiere a la detección biológica a nivel específico de especie.

En conclusión, los sistemas de detección a distancia de agentes biológicos son todavía un reto pendiente, en el que compiten distintos enfoques y tecnologías. Grupos de investigación civiles y militares trabajan de forma continuada para cumplir este nuevo reto. En el marco de la OTAN - RTO, existen varios grupos de trabajo en esta área, destacando los originados alrededor del SET-082 "Stand-off detection of biological agents", en el cual está participando España. Paralelamente, las industrias, a través del NIAG, participan en estudios de viabilidad para el desarrollo de prototipos.

- Este artículo ha sido preparado por la Dra. Ricela E. Sellek Cano, investigadora del departamento NBQ de la FNM y colaboradora del observatorio de protección NBQ -

Aspectos de tecnologías disruptivas: NANOSENSORES

Durante la última década hemos asistido al inicio de una revolución científica basada en la capacidad de medir, manipular y organizar la materia en la escala del nanómetro (dominar objetos del orden de 1 a 100 diámetros atómicos). En esta escala, la física, la química, la ciencia de materiales, la simulación con ordenador y la ingeniería convergen hacia los mismos principios teóricos y técnicas experimentales. En sentido amplio, la nanociencia (o el término mucho más extendido 'nanotecnología') es el conjunto de saberes y metodologías dirigidos a estudiar, fabricar y caracterizar estructuras funcionales con dimensiones inferiores a unas pocas decenas de nanómetros.

Partiendo de la idea identificada y aceptada de que el uso de la nanotecnología en los futuros desarrollos de sistemas sensores implicará la capacitación de la industria, se exploran a continuación las aplicaciones que pueden tener las Micro/Nano-Tecnologías (MNT) en el área de sensores de interés para Defensa. Dos son los aspectos donde el desarrollo de sensores evolucionará drásticamente con la nanotecnología: los nuevos mecanismos de transducción y las mejoras en aspectos colaterales: miniaturización, bajo consumo, compatibilidad biológica, proceso y almacenamiento de información, intercomunicabilidad, etc.



-SnifferSTAR: nanosensor químico integrado en un UAV. Fuente: Sandia National Labs, Albuquerque NM y Kockhee Martin Corp-

Apoyándose en la aplicación de los sensores y en el beneficio concreto esperado con la nanotecnología en el desarrollo de los mismos, se presentan todos los sensores de aplicación en Defensa en los siguientes seis grupos o categorías:

"Augmented reality". La modernización del combatiente individual pasa por el imperativo de una disminución del número de efectivos. En términos tácticos, esto implica que para abarcar una misma área debe aumentar la distancia de despliegue. Por otra parte, el escenario urbano, combates puerta a puerta, contra unidades mínimas y muy móviles de amenazas implica nuevos conceptos de defensa donde el soldado individual tendrá un papel relevante. "Augmented reality" designa una situación o estado en el cual el combatiente percibe su entorno de forma óptima. Se alcanza gracias a una serie de sensores

que integrados en el combatiente (entendido éste como "sistema") que elevan al extremo sus capacidades sensoriales naturales. Por ejemplo, la visión extendida en UV o IR, la detección multispectral, el aumento de capacidad acústica, la discriminación de vibraciones, la identificación amigo o enemigo, los sensores de iluminación (amenazas láser), etc.

Los sensores de visión aumentarán el espectro de barrido abarcando desde UV hasta IR lejano, con mayor sensibilidad y rapidez que los actuales. Las áreas donde la nanotecnología aportará avances significativos son: desarrollo de matrices FPAs multispectrales "uncooled" de alta densidad e integración con electrónica de control ROICs. Esto llevará a una reducción de costes que, junto a una mayor autonomía y fiabilidad, permitirá su uso generalizado en aplicaciones duales ya existentes (mantenimiento industrial, medicina, control medioambiental, etc.).

Los avances en nanotecnología permitirán el aumento de sensores acústicos para el desarrollo de redes intercomunicadas de fácil despliegue en el área de interés, con especial atención a combates urbanos, donde se obtendrá información detallada sobre objetivos o amenazas con exposición mínima de personal. Para ambientes navales, este concepto de redes de detección con nanosistemas puede ser aplicable también para detección de movimientos en cualquier clase de condición marina.

Sensores fisiológicos. Existe una tendencia de monitorizar "in situ" al combatiente para anticiparse a posibles carencias fisiológicas, anímicas, detección precoz de patologías o evaluación de lesiones. Se va hacia la miniaturización, la medida de múltiples variables, el preprocesado de información, la autonomía, la mínima invasividad y la capacidad de transmitir información a unidades intermedias para su retransmisión a centros avanzados de mando. Ya existen desarrollos donde el soldado tiene controladas su presión sanguínea, nivel de oxígeno, ritmo respiratorio, hidratación y detección NBQ.

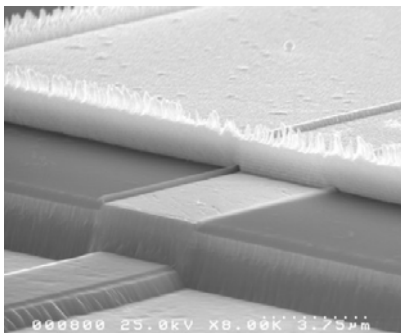
Vigilancia del entorno. Este grupo abarca todos aquellos sensores que permiten monitorizar el entorno, excluyendo los que pudieran considerarse en el concepto de "augmented reality" para combatiente individual. Una posible clasificación de los sensores de este grupo sería según la naturaleza de la perturbación a detectar. Por un lado estarían los que detectan perturbaciones electromagnéticas (UV, visible, IR, microondas -radar-, RF). Por otro lado, los sensibles a perturbaciones mecánicas (sensores sísmicos, sonar...). La optimización del tratamiento y selección de señales y la optimización de la relación señal-ruido representan los grandes desafíos de este tipo de sensores. Finalmente, encontraríamos los que detectan las distorsiones del campo magnético terrestre ante objetos de naturaleza ferromagnética. Las magnetorresistencias gigantes y los microSQUID son los ejemplos de micro y nano dispositivos actualmente en desarrollo. El uso dual de este tipo de sensores se basa en monitorización medio-ambiental, instrumentación geológica, seguridad civil.



CBRE – Detección de amenazas químicas, biológicas, radiológicas y de explosivos. El desarrollo de nanosensores permitirá mejoras sustanciales en la capacidad de detección y de reacción contra agentes CBRE gracias a las mejoras que se podrán obtener en los siguientes parámetros: sensibilidad y tiempo de respuesta, selectividad e integración con acciones profilácticas e incluso terapéuticas con el menor retardo de tiempo posible.

Ejemplo de la importancia que el desarrollo e investigación en esta línea ha adquirido en EEUU son las actividades del ISN (Insitute for Soldier Nanotechnologies) en el que dos de sus siete líneas de actuación se dedican a la detección precoz de agentes CBRE. Igualmente, la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) identifica la protección CBRE como uno de sus “grandes retos”, no descartando en este área la colaboración con Europa y países asiáticos, vista la necesidad acuciante de nuestra sociedad frente a la amenaza actual.

Sensores inerciales. La combinación de tres microacelerómetros con tres microgiróscopos permite en la actualidad desarrollar unidades de medida inercial (IMU) en un volumen de menos de 3 pulgadas cúbicas que den servicio en las espoletas para guiado inercial de munición. La generalización de su uso para navegación inercial viene limitada por la deriva de los microgiróscopos actuales, que no logran rebajar la barrera de 1 – 0,1 %/h (para los volúmenes que comentamos). La tendencia es a dotar a las IMU de un GPS, y su conjunto constituye lo que se denomina una Unidad de Navegación Inercial.



-Fotografía SEM de un nanosensor en proceso tecnológico-

Integridad y control de plataformas. Este último grupo de sensores aglutina a todos aquellos que, integrados en una plataforma, controlan diversos aspectos de su estructura, control y funcionalidad. Desde los medidores tradicionales de presión, temperatura o tensión, a los cinturones de presión MEMS para optimizar los perfiles aerodinámicos, microsensores de flujo para las toberas, y un largo etcétera. Un ejemplo típico, que además ilustra su carácter dual, serían los neumáticos inteligentes, donde el conductor posee en su salpicadero información del estado y presión de cada neumático. Desarrollos similares de este concepto se exploran en la marina de EEUU para un control integral y en tiempo real del estado de buques. Las estructuras de los mismos llevan inmersos una serie de RF-MEMs para el control de temperatura, corrosión, vibraciones, etc.

Finalmente, y como conclusión, queremos exponer nuestra visión de por donde vendrá la disrupción en los nanosensores. La interdisciplinariedad inherente a la nanotecnología junto con la miniaturización de los nanosensores permitirá la concepción del “sistema ser humano” como receptor e integrador de sistemas de sensores. Este será el aspecto, a nuestro juicio, verdaderamente disruptivo de los nanosensores.

- Este artículo es un extracto de la contribución española al grupo de tecnologías disruptivas de la Lol, en el área de nanotecnología, y ha sido preparado por J.J. Sánchez y H. Guerrero -

SENSORES EMBEBIDOS

El aumento continuado del tráfico aéreo, tanto civil como militar, ha ocasionado una creciente demanda en la industria aeroespacial para construir aeronaves a costes menores, asegurando productos eficientes que mantengan los criterios operativos de cargas útiles, que cumplan adecuadamente los sistemas de seguridad y que reduzcan significativamente los costes directos de operación y mantenimiento.

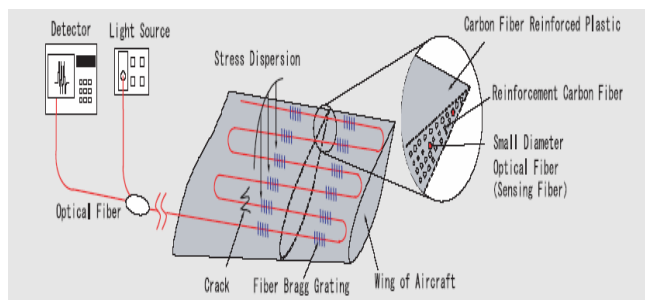
La aplicación de métodos tradicionales de Ensayos No Destructivos (NDE) para inspecciones en tierra de aeronaves ha contribuido enormemente a su seguridad y durabilidad. Sin embargo, dichas inspecciones periódicas incrementan considerablemente los costes de operación al perder las compañías un número importante de horas de vuelo en revisiones. Asimismo, la necesidad de montar y desmontar componentes estructurales para su inspección puede ocasionar daños estructurales o a sistemas auxiliares. Por tanto, el desarrollo de una tecnología que permita conocer en tiempo real el estado de las aeroestructuras y la posible presencia de daños o defectos originaría un considerable ahorro en operaciones de mantenimiento y una mejora en la seguridad. El desarrollo de sistemas de monitorización de salud estructural (SHM) es uno de los campos de investigación con mayor actividad en los últimos años en el área de materiales y estructuras aeronáuticas.

La idea básica del SHM es la construcción de un sistema de sensores embebidos en la estructura de la aeronave que, en caso de daño, proporcionen información en tiempo real de su localización y las acciones necesarias a emprender. Existen diferentes tecnologías con diferentes campos de aplicación para uso en sistemas de SHM, como se aprecia en la Tabla1, cada una de ellas tiene su propio campo de actuación y complementa a las otras.

Una de las tecnologías más prometedoras y que más proyección de futuro presenta, es la basada en sensores de fibra óptica de redes de Bragg, debido a su pequeño tamaño, flexibilidad, ligereza, inmunidad a las interferencias electromagnéticas y bajo coste, lo que permite que sean integrados en composites reforzados con fibras durante su procesado, sin apenas afectar a las propiedades mecánicas en servicio. Si bien pueden ser embebidas en estructuras metálicas, debido a sus propiedades físicas su campo de aplicación más importante y con mayor futuro para

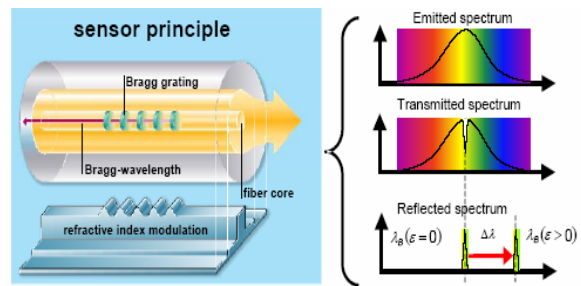
estructuras aeronáuticas es el de los materiales compuestos reforzados con fibras continuas (CFRP).

Los sensores se fabrican haciendo uso de la fotosensibilidad de las fibras de vidrio, creando un patrón de interferencias en el núcleo de la fibra óptica mediante radiación UV. El resultado es la modulación espacial periódica del índice de refracción del núcleo de la fibra, causada por modificaciones microestructurales en la red cristalina. La fibra modificada actúa como un espejo selector de longitudes de onda: la luz que viaja a través suyo es parcialmente reflejada en cada una de estas pequeñas variaciones de índice, pero las reflexiones interfieren destructivamente para la mayoría de longitudes de onda, y la luz continúa propagándose ininterrumpidamente a través de la fibra.



Sin embargo, en un estrecho rango de longitudes de onda, se produce interferencia constructiva y la luz es reflejada, con un máximo en la llamada longitud de onda de Bragg, λ_B . Existe una relación lineal entre el cambio de longitud de onda de la luz reflejada y la deformación en la fibra causada por cargas externas o expansión térmica, lo que permite su utilización como sensores SHM. De este modo, se pueden conocer en tiempo real los esfuerzos a los que está sometida una estructura y su estado, sin necesidad de costosas operaciones de inspección. Otra de las

ventajas es la capacidad de multiplexión, para poder operar múltiples sensores a lo largo de una única fibra óptica, lo que mejora considerablemente la eficiencia.



España colabora activamente en distintos proyectos, fundamentalmente a través del INTA, EADS-CASA y departamentos universitarios, dentro de los programas AHMOS (*Structural Health Monitoring Systems for Military Platforms Requirements, Design and Demonstration*), ya finalizado, y AHMOS II (*Prototype Demonstration of Modular Structural Health Monitoring System for Military Platforms*) ambos englobados en el marco de la WEAO/PANEL II/CEPA 3 (*Advanced Materials and Structures*). La agencia americana DARPA desarrolla en la actualidad los programas Prognosis y Smart Materials and Structures Demonstrations en colaboración con importantes empresas del sector aeroespacial.

Las posibles aplicaciones futuras de estas tecnologías son muy amplias, y ya se trabaja en temas como la monitorización en tiempo real del curado de piezas de resinas termoestables, los ensayos en turbinas de gas o el análisis de la integridad estructural de las uniones adhesivas, y se avanza hacia nuevas visiones de la arquitectura de la red de sensores, mejores algoritmos de interpretación de datos, sistemas de comunicaciones wireless, sistemas de interacción sensor-actuador,...

Tabla1. Campos de aplicación para uso en sistemas de SHM:

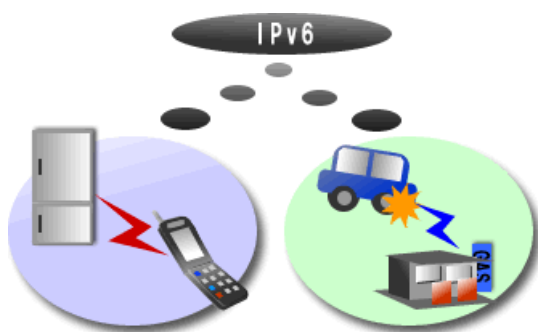
Tecnología	Principio físico	Tipos de daños detectables	Área de detección	Materiales
Fibra Óptica con redes de Bragg (FBG)	Modificaciones en las redes del núcleo de la fibra causadas por cambios de temperatura o de deformaciones.	Cargas, impactos, delaminaciones	Local	Metales y composites
Acusto-ultrasonica (AU)	Ondas acústicas a través del material. Arrays de sensores localizan cambios en el comportamiento local del material	Delaminaciones, grietas	Global	Metales y composites
Monitorización de comparación de vacío (CVM)	Monitorización de la caída de presión originada al formarse una grieta abierta	Grietas, corrosión	Local	Metales y composites
Emisión acústica (AE)	Ondas acústicas generadas por impactos, iniciación y crecimiento de grietas, delaminaciones...	Impactos, grietas, delaminaciones	Global	Metales y composites
Recubrimientos sensitivos (SC)	Recubrimientos con elementos piezo y ferro-eléctricos integrados	Grietas, corrosión	Global	Metales y composites
Monitorización de degradación ambiental EDMS	Sensores multifuncionales de monitorización de temperatura, humedad, pH...	Corrosión	Local	Metales y composites
Sensores de microondas (μW)	Obtención de imágenes de contenido en agua mediante microondas que recorren el material	Captación de agua	Local	Composites sandwich
Imágenes ultrasónicas (IU)	Clásicas imágenes 2D de ultrasonidos generadas por medio de redes de sensores integrados y miniaturizados	Todos los daños visibles por métodos ultrasónicos	Local	Metales y composites
Sensores de corrientes Eddy	Corrientes Eddy generadas en el interior de la estructura	Grietas, corrosión	Local	Metales

IPv6: INTERNET PROTOCOL VERSION 6

IPv6 (Internet Protocol Version 6) constituye el protocolo de nueva generación, diseñado por la IETF (Internet Engineering Task Force, <http://www.ietf.org>) para reemplazar la versión 4 del protocolo IPv4 actualmente en uso.

El protocolo IP es el más utilizado para transportar datos dentro y entre redes de comunicaciones y se caracteriza por ofrecer un servicio no orientado a conexión. Su funcionamiento se parece más al envío de una carta postal por correo que a un sistema telefónico en el que es necesario establecer y mantener la conexión mientras se intercambia información entre los usuarios. Cuando un nodo envía un mensaje, sencillamente manda paquetes (aprox. 4000 bits), adecuadamente direccionados. Cada trama en la que se divide un paquete se trata independientemente, de forma que pueden ser enviadas por caminos distintos e incluso llegar desordenadas. Por medio de protocolos que funcionan por encima de IP, como TCP (Transmission Control Protocol), es posible desarrollar operaciones orientadas a la conexión, además de introducir fiabilidad. Las aplicaciones que corren sobre TCP/IP no necesitan conocer las características físicas de la red en la que se encuentran, con lo que se evitan modificaciones en función del tipo de red. La combinación TCP/IP constituye la base de la comunicación actual en Internet.

La evolución de IP comenzó a estudiarse en 1991 en vista del crecimiento de Internet y sus usuarios. Ya se preveía que Internet podía crecer enormemente, pero nadie podía prever que la interconexión mediante IP rebasaría el ámbito de los ordenadores para extenderse a dispositivos móviles (teléfonos, equipos domésticos, PDAs, ...)



Dado que cada host de Internet utiliza una dirección IP fija, es muy posible una escasez de direcciones IP a corto plazo. Aunque los 32 bits actuales son en teoría suficientes para soportar más de 4.000 millones de hosts (2^{32}), la necesidad de asignar direcciones de forma jerárquica, con objeto de simplificar tablas y algoritmos de enrutamiento, reduce considerablemente su disponibilidad. Para solventar este problema, se han desarrollado métodos para compartir direcciones IP, como el NAT (Natural Address Translation), que multiplica el número de direcciones dentro de una red. No obstante, se trata de soluciones que básicamente retrasan el problema e introducen problemas de seguridad y una elevada complejidad en las redes.

Con IPv6 se expande a 128 bits el espacio asignado a direcciones, que serán del orden de 3×10^{38} ($\approx 2^{128}$) con un amplio margen para el futuro, a pesar de las limitaciones de la asignación jerárquica. Las direcciones IP actuales (127.0.0.1) serán más complejas (fe80:0:00:000:2a0:d2ff:fea5:e9f5), aunque se contemplan simplificaciones para facilitar su uso. No obstante, IPv6 es mucho más que IPv4 con un espacio de direcciones ampliado. Supone un ejercicio de reflexión sobre lo que se espera del protocolo en el futuro. En líneas generales, las mejoras se centran en aspectos de seguridad, eficiencia y movilidad:

- IPv6 mejora la seguridad, punto crítico de Internet en la actualidad, incluyendo mecanismos de seguridad, IPSec, obligatorios en el protocolo base.
- IPv6 aporta mecanismos de apoyo a la movilidad. Destacan la mayor facilidad de configuración de las redes, fuente actual de numerosos problemas para administradores y usuarios, y el soporte a la conexión de dispositivos móviles como PDAs o teléfonos (a través de GPRS / UMTS), enviando notificaciones globales de conexión y desconexión. IPv6 se diseña para que el propio host averigüe automáticamente la información necesaria para conectarse a Internet de forma similar a los dispositivos Plug&Play.
- IPv6 introduce mejoras en el enrutamiento de los datos. Por un lado, el tamaño fijo de las cabeceras permite optimizar el funcionamiento de los routers. A su vez, los mecanismos de extensibilidad aseguran la flexibilidad ante cambios futuros. También se han agregado mecanismos, como asignación de prioridades a los paquetes, para asegurar la calidad en servicio (QoS), fundamental en aplicaciones que requieren cierto control sobre el flujo de información (aplicaciones multimedia o próximas a tiempo real).
- IPv6 asegura la compatibilidad con IPv4 de forma que durante un periodo de transición podrán coexistir ambos protocolos.

A pesar de las ventajas descritas, existen dificultades que pueden retrasar la adopción de IPv6: usuarios que no ven la necesidad de cambio, fabricantes de sistemas operativos que no son capaces de adaptarse, migración de aplicaciones, problemas de seguridad en los nuevos desarrollos... A su vez, los routers que operan la infraestructura de base de Internet (backbone) implementan IPv4 mediante hardware y no es posible enrutar IPv6 empleando dicho hardware. La alternativa de enrutamiento software puede reducir la velocidad de operación de forma considerable, mientras que la sustitución de millones de routers será muy costosa.

En el ámbito militar, el hecho más significativo es la iniciativa del DoD estadounidense que plantea en el 2008 el IPv6 como estándar de comunicaciones digitales en la transmisión de información a través del "Global Information Grid", infraestructura habilitadora de NCW (Network Centric Warfare). La orientación de NCW hacia la comunicación en red y la utilización masiva de dispositivos móviles motiva la apuesta por IP como protocolo base de comunicación. Por su parte, la SDG TECEN ha participado recientemente en un proyecto EUCLID (RTP 6.19 - ITEM), que ha estudiado el interés militar del nuevo protocolo.

ARMAS ELECTROMAGNETICAS

Bajo esta denominación y otras también encontradas en la literatura al respecto como "Radio Frequency Weapons" y "High Power Microwave Weapons" (HPM) se agrupa una serie de armamento no letal (ANLs) consistente en la generación y radiación de un pulso electromagnético de muy elevada potencia que impide el uso, degrada o incluso destruye los sistemas y equipos eléctricos y electrónicos.

El efecto es ya conocido desde los años 50 y se puso de manifiesto a partir de las pruebas nucleares realizadas por los Estados Unidos en el Pacífico al comprobar la degradación de los sistemas eléctricos y electrónicos en un muy amplio radio a partir del punto de detonación de una explosión nuclear. Como resultado indirecto de la detonación se producía un impulso electromagnético (EMP) de enorme energía que se acoplaba en forma de tensiones y corrientes inducidas a cualquier elemento metálico, línea de conducción o cables y a través de ellos se introducía a los equipos electrónicos conectados, causando la degradación momentánea y/o permanente de los dispositivos y circuitos, inhabilitando los sistemas de utilización militar básica tales como sensores, sistemas de navegación, comunicaciones y armas.

El interés militar de posibles armas de éste tipo, aunque no basadas en detonaciones nucleares, es evidente y con el desarrollo de las tecnologías de generación de potencia, sobre todo en los márgenes de frecuencia de microondas, se ha generado una preocupación creciente en el ámbito militar por el uso operativo de tales armas que explotan la vulnerabilidad de los sistemas electrónicos, piedra angular de la guerra moderna en el actual siglo XXI.

Las armas HPM empiezan, en algunos casos y para algunas naciones, a ser una incipiente realidad, si bien, al tratarse de un ámbito restringido no se dispone de información detallada del tipo de desarrollos que se están llevando a cabo. Así, la mayoría de los países avanzados mantienen líneas de investigación y programas de tecnología encaminados a desarrollar y hacer operativas este tipo de armas. Los intereses son diversos: integración de medios HPM con armamento convencional, protección de componentes y sensores, sistemas para neutralización de minas o inmovilización de vehículos, medidas de robustez y fiabilidad de componentes frente a este tipo de radiación,... Resumiendo, las líneas de investigación apuntan a tres direcciones:

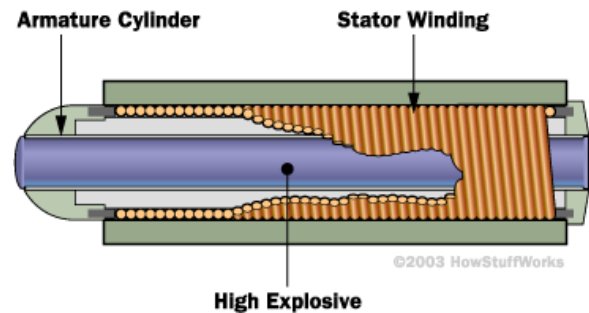
- Desarrollo de las tecnologías que provean medios ofensivos efectivos y operacionales (bombas electromagnéticas)
- Análisis de vulnerabilidades y medidas de protección contra los efectos producidos por estas armas.
- Procedimientos de utilización y doctrina de empleo.

Las tres principales actividades técnicas que deben ser coordinadas e integradas en el desarrollo de los sistemas de armas de microondas son la generación

de alta potencia de microondas y las antenas necesarias para su radiación, las pruebas de sus efectos de letalidad y el consiguiente robustecimiento del equipamiento para mitigarlas, y el desarrollo de aplicaciones específicas para su empleo.

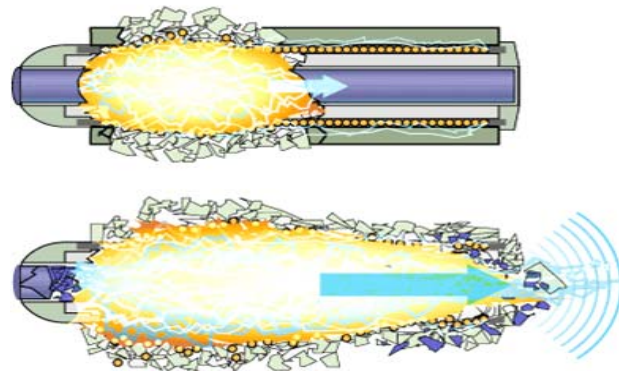
Se dan a continuación algunos ejemplos de principios e implementaciones de bombas electromagnéticas, que están descritas y se pueden encontrar en literatura especializada y desclasificada con objeto de hacerse una idea del fundamento técnico de este tipo de armas.

Una bomba electromagnética basada en el generador de compresión de flujo (FCG) se sustenta en los principios básicos del electromagnetismo postulados en las ecuaciones de Maxwell. El FCG consiste, como se puede observar en la figura, en un cilindro de cobre (armadura) que contiene un alto explosivo. Este cilindro se rodea de un grueso devanado (bobina) por el que circulará una elevada corriente. Un banco de condensadores proveerá la energía suficiente para generar la corriente en la bobina.



- Esquema básico de un FCG -

Al circular la corriente eléctrica por la bobina se genera un campo magnético. Una espoleta inicia la explosión que genera una onda de choque que viaja a través del cilindro. El cortocircuito causado al romperse la bobina comprime el campo magnético generándose un pulso electromagnético.

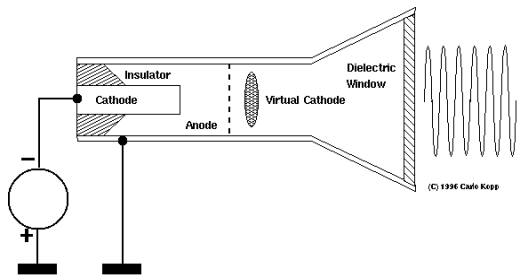


- Explosión y generación de pulso EM en un FCG -

El dispositivo es capaz de producir energías del orden de decenas de Megajulios en decenas a cientos de microsegundos en tiempo, en un conjunto relativamente compacto, lo que equivaldría a una potencia cientos de veces más grande que la producida por un rayo.

El FCG no es en si mismo un arma HPM, ya que el EMP generado no excede en sus componentes frecuenciales de 1MHz. Muchos tipos de blancos serían difíciles de atacar aun cuando consiguiéramos generar suficiente potencia a estas frecuencias. Adicionalmente, focalizar la energía de salida de estos dispositivos resulta problemática.

Para resolver ambos problemas se ha investigado evaluando dispositivos de generación de potencia en el margen de las microondas basados en tubos como los utilizados en aplicaciones de generación de RF en radares y guerra de electrónica pero de mucha más alta potencia. Uno de los dispositivos a partir del cual se han conseguido resultados más espectaculares en generación HPM es el Vircator.



El interés del Vircator (“Virtual Cathode Oscillator”) radica en que es un dispositivo capaz de producir un EMP de elevada potencia, todavía relativamente simple desde el punto de vista mecánico, pequeño y robusto y que puede operar sobre un amplio ancho de banda de frecuencias de microondas. La idea fundamental del Vircator es la de acelerar un haz de electrones de elevada corriente y hacerlos chocar contra una lámina (ánodo). Muchos de los electrones pasarán a través del ánodo formando una burbuja de espacio de carga detrás del ánodo denominado cátodo virtual.

Bajo apropiadas condiciones ésta región del espacio de carga oscilará a las frecuencias de microondas. Si

ésta región se coloca dentro de una cavidad resonante, apropiadamente sintonizada, se pueden generar muy altas potencias de pico. Las potencias conseguidas con Vircators experimentales van desde los 170 KW a los 40 GW sobre bandas de frecuencia entre 3 y 30 GHz.

Los equipos y circuitos pueden sufrir daños, ya sean permanentes o semipermanentes, debido a las corrientes y tensiones inducidas en los conductores expuestos al campo electromagnético. Estos daños, cuando se producen por sobretensiones o sobrecorrientes que inutilizan permanentemente el circuito o dispositivo, son muy difíciles evaluar y cuantificar, tanto desde el punto de vista de la efectividad del ataque como de la fiabilidad de los equipos que han sufrido dicho ataque.

Además, los transitorios de éstas magnitudes inducidas afectan principalmente a los circuitos integrados de semiconductores, bastando unas pocas decenas de voltios, o incluso con una cantidad menor, para dañar el circuito si el nivel de integración del chip es muy elevado. También se pueden producir cambios de estado semipermanentes en puertas lógicas de silicio debido a pequeños transitorios, que pueden llegar a inutilizar el equipo durante horas; o se puede llevar a niveles de saturación a amplificadores, mediante transitorios superpuestos a la señal.

El advenimiento de nuevos componentes basados en tecnología de arseniuro de galio, que tienden a ser más tolerantes a la radiación que los dispositivos de silicio, podría mitigar algo ésta situación. Sin embargo, la utilización cada vez más extendida en el campo de las aplicaciones militares de equipos y componentes comerciales (COTS) en comunicaciones y sistemas de información, que raramente están robustecidos, fabricados y probados de acuerdo con especificaciones militares, hacen los equipos más vulnerables a efectos tales como el EMP.

ENLACES DE INTERÉS

NATO Science, Technology and Research Network (STARNET)

Nueva sección de la RTA (Research & Technology Agency) de la OTAN que facilita el acceso a información relacionada con ciencia, tecnología e investigación a nivel mundial. Concebida como una red de información incluye interesantes referencias a numerosas páginas web sugeridas por los usuarios.



<http://starnet.rta.nato.int/>

Defence Diversification Agency (DDA) del Reino Unido

Sitio asociado a la agencia DDA, nacida para promover el intercambio tecnológico entre el sector de la defensa y la industria del Reino Unido. Además de distintas iniciativas en este ámbito, las páginas incluyen la taxonomía tecnológica utilizada por el MoD y la WEAG con una breve descripción de áreas, subareas y tecnologías.



<http://www.dda.gov.uk/>

OPTI: Fundación de Prospectiva Tecnológica Industrial

Portal de referencia en prospectiva tecnológica civil en el que se pueden consultar tanto proyectos regionales, nacionales e internacionales en curso, como acceder a informes de prospectiva y boletines de vigilancia. Interesante mapa europeo de enlaces a los organismos relacionados con la I+D de cada país.



<http://www.opti.org/>

ARMAS NO LETALES

La evolución de los conflictos, el incremento de las misiones de mantenimiento de paz, así como diferentes consideraciones morales y legales, han impulsado en los últimos años el desarrollo de las llamadas Armas No Letales (ANLs) (Non Lethal Weapons – NLWs en inglés), que buscan conseguir un efecto en el objetivo sin buscar un daño permanente en el mismo y minimizando los daños colaterales. Existe, por tanto, una clara necesidad operativa de este tipo de sistemas, ya sea en combates urbanos, situaciones de enfrentamiento en las que cada vez es más difícil distinguir entre población civil y potenciales adversarios y fundamentalmente en operaciones no bélicas (por ejemplo en control de multitudes).

Estas nuevas situaciones y sistemas de armas implican la definición de una doctrina operativa por parte de los organismos pertinentes, tanto para operaciones bélicas como no bélicas, así como de las limitaciones en su uso. En España, en el concepto derivado sobre ANLs publicado por el Mando de Adiestramiento y Doctrina (MADOC) del ET, se definen las ANLs como *“aquellas que están específicamente diseñadas y preparadas para ser empleadas con la finalidad de incapacitar al personal y material, minimizando las probabilidades de que se produzcan muertes, daños a las propiedades y el medio ambiente, buscándose, en lo posible, la reversibilidad de sus efectos”*. Otras definiciones, como la estadounidense, no incluyen esta referencia a la reversibilidad de efectos, e incluso se plantean discusiones sobre si es más correcto referirse a este tipo de armas como armas menos letales (*Less lethal*) o menos que letales (*Less than lethal weapons*). Estos matices sobre reversibilidad, que a priori no tienen mayor trascendencia, pueden suponer una fuente de controversia en operaciones multinacionales en las que unos y otros consideren como no letal distinto tipo de armamento y lo empleen con distintas reglas.

Desde el punto de vista tecnológico, el desarrollo de de ANLs abarca múltiples áreas técnicas. Aunque no existe una clasificación académica, se suelen agrupar en base al tipo de energía que produce el efecto buscado (tabla 1), si bien existen otros enfoques orientados al objetivo, ya sea personal o material. Así, se dividen las tecnologías para ANLs en tecnologías antipersonal, destinadas a incapacitar

individuos, y tecnologías antimaterial, que son aquellas que buscan dañar, destruir o inhabilitar el funcionamiento de armas, vehículos, sensores u otro tipo de material. Las tecnologías de guerra electrónica podrían considerarse incluidas en esta clasificación pero dado su nivel de desarrollo y la entidad de las mismas constituyen en sí mismas toda un área tecnológica. Existen también innovaciones que, aunque no están directamente relacionadas con las ANLs favorecerán su desarrollo y empleo como son los UAVs, utilizados como vector de proyección de las mismas.

Energía cinética

Las armas de energía cinética tienen el mayor historial de uso por policía y fuerzas militares, y se pueden considerar las primeras ANLs desarrolladas. Desde las primeras municiones de madera, y las conocidas “pelotas de goma”, comprenden los diversos tipos de proyectiles no penetrantes. Se comercializan en multitud de calibres y formas: 9 y 40 mm, calibre 12, granadas de mano, etc. Muchos de ellos han sido diseñados para su uso con armas convencionales, aunque otros requieren de dispositivos especiales.



Granada 40 mm no letal Cartucho de bolas

También se consideran ANLs basadas en tecnologías mecano-cinéticas a las armas incapacitantes manuales, dentro de las que se incluyen los clásicos bastones de uso policial, que aúnan el efecto físico que producen con un importante efecto psicológico ante su visión. Los cañones de agua, tanto para uso personal como integrados en vehículos, son usados desde hace tiempo en operaciones de control de multitudes, y en caso de necesidad se pueden añadir irritantes químicos al chorro para un mayor efecto. En este ejemplo y en muchos otros tiene lugar la combinación de diversas tecnologías en un mismo sistema, así, la combinación de proyectiles de energía cinética con compuestos químicos está ampliamente extendida.

ELECTRO MAGNÉTICAS	QUÍMICAS	ACÚSTICAS	MECÁNICAS/CINÉTICAS	MARCADORES
ELÉCTRICAS Corriente directa / Corriente pulsada RADIOFRECUENCIA EMP / Banda ancha MICROONDAS HPM ONDAS MILIMÉTRICAS INFRARROJO Láseres/(COIL)/CO2/HF/DF/Estado Sólido VISIBLE Láser / Luz ULTRAVIOLETA Láser RAYOS X	ESPUMAS ANTI-TRACCIÓN Lubricantes Surfactantes OSCURECEDORES REACTIVAS CONTROL MULTITUDES SUSTANCIAS MALOLIENTES TERMOBÁRICAS NANOPARTÍCULAS	SONORAS (20Hz-20kHz) SONORAS/ÓPTICAS Flash-Bangs ULTRASONIDOS (>20 kHz)	BARRERAS REDES DISPOSITIVOS DE IMPACTO Proyectiles Cañón de agua	MARCADORES Pinturas Tintes Fluorescentes Identificadores MICROENCAPSULACIÓN

TABLA 1: Tecnologías de las Armas No Letales

Eléctricas

Son aquellas basadas en la aplicación de una descarga eléctrica, que puede ser de intensidad regulable, sobre el atacante. Este tipo de armas son una realidad desde los años 80 y tecnológicamente hablando se han producido pocos avances, en su mayor parte orientados a incrementar la distancia de utilización respecto al objetivo y a garantizar la reversibilidad. Entre las más utilizadas se incluyen bastones, porras, y escudos electrificados, redes y cañones de agua electrificada, pistolas, ... entre las que destacan las pistolas Taser.

La pistola Taser es un arma parecida a una pistola convencional que proyecta dos electrodos contra el objetivo. Los electrodos se mantienen unidos a la pistola por unos filamentos a través de los cuales se produce la descarga eléctrica, que puede ser controlada por el usuario (hasta 50 kV). Su último modelo dispone de una nueva tecnología que aporta una mayor proporción de energía al objetivo frente a la que se pierde en atravesar barreras como la ropa. Su alcance máximo ronda los siete metros (los electrodos se impulsan mediante nitrógeno comprimido) y necesita sustituir el cartucho después de cada disparo. Los posibles retos de este tipo de armas podrían venir de la regulación de la intensidad a aplicar en cada caso, y de la posibilidad de realizar varios disparos seguidos.



Pistola Taser

Estas tecnologías se pueden considerar bastante maduras y los sistemas disponibles ya son utilizados por fuerzas de seguridad y unidades específicas de los ejércitos de distintos países, como Reino Unido o EEUU. Son un alternativa razonable para el control de individuos peligrosos aislados, pero de utilidad limitada en un entorno de conflicto.

Energía Dirigida

Existen diversos tipos de armas de energía dirigida desarrollándose para su uso como ANL que emplean diferentes tipos de radiación electromagnética: ondas milimétricas, microondas de alta potencia, para aplicaciones contramaterial y contrapersonal; y diodos láser de baja potencia o láseres químicos de alta energía para aplicaciones antipersonal.

En el área de milimétricas y microondas, la mayoría de estos dispositivos están aún en fase de desarrollo, pero las fuerzas militares de EEUU han usado ya en el conflicto de Irak armas de Microondas de Alta Potencia (HPM¹ en sus siglas en inglés). Dichas armas proporcionan un corto pulso de radiación electromagnética de alta potencia, que puede ser letal para los dispositivos electrónicos sin afectar a seres humanos. Otro sistema en desarrollo es el ADS (Active Denial System) consistente en un generador

de ondas que actúan sobre los terminales nerviosos subcutáneos y produce, en las personas expuestas a su haz, una sensación de quemazón en la piel que puede llegar a ser insoportable.



Active Denial System

Todavía son necesarios muchos esfuerzos en este campo, tanto en el desarrollo de fuentes, condensadores y focalización de la energía, como en las áreas de protección del equipamiento propio frente a este tipo de ataques, escalabilidad de efectos y direccionalidad. También es necesario afrontar otros retos como la minimización de efectos secundarios sobre los sistemas electrónicos civiles, como equipamiento hospitalario o marcapasos. En Europa se están realizando esfuerzos en armas de microondas de alta potencia para su aplicación en la protección de convoyes frente a artefactos explosivos.

Basados en tecnologías láser se encuentran los iluminadores o "dazzlers" como el Saber 203, el sistema HALT o el Laser Disuader. El Dazzler, muy usado por fuerzas de seguridad en EEUU, dispara destellos verdes intermitentes que ciegan temporalmente al individuo. Existen dudas, sin embargo, sobre su inocuidad, y están sujetos a limitaciones técnicas y legales. Un arma en estado de desarrollo en la actualidad es el "Pulsed Energy Projectile" (PEP), que utiliza un láser de para producir un pulso de plasma en la superficie objetivo creando una onda de presión que puede alcanzar el cuerpo, estimulando los nervios cutáneos en la piel y produciendo dolor e induciendo parálisis temporales. El prototipo actual pesa unos 250 Kg. y se espera que el PEP esté disponible en 2006.

¹ Para más información sobre HPM véase el artículo "Armas Electromagnéticas" en la sección de tecnologías emergentes de este Boletín.

Acústicas

Estas tecnologías son en la actualidad unas de las que más interés despiertan para su uso como ANLs, y están basadas en la incapacitación que puede ocasionar la energía acústica, aunque la propagación y los efectos producidos son muy diferentes según la frecuencia a la que trabajen. Los efectos para el organismo son muy diversos e incluyen mareos, náuseas o desorientación. Respecto a los sistemas actualmente operativos, están muy generalizadas las granadas flash-bang, que combinan efecto acústico y luminoso (el estampido y el destello que producen causan desorientación y aturdimiento temporal).



Granada flash-bang

También destaca el “Long Range Acoustic Device” (LRAD), en pruebas en Irak, que emite por medio de un conjunto de transductores montados sobre un panel plano, y transmite señales de alerta y voz direccionales, aunque en distancias cortas es incapacitante, produciendo 120 dB a 60 m. También existen otras iniciativas y propuestas como “The Shout”, un dispositivo desarrollado por Israel, que va montado sobre un vehículo todoterreno.

Una tecnología acústica que está recibiendo una atención considerable en I+D es la generación de vórtices, que tienen aplicaciones potenciales como “proyectiles” acústicos no letales para control de multitudes. El principio es el de proyectar un vórtice de aire a gran velocidad que impacta sobre el objetivo.

Tecnología de redes y similares

Los dispositivos de confinamiento, como redes y mallas, se utilizan tanto para tender trampas como para detener vehículos o personas. Pueden ser lanzados desde vehículos o desde armas como pistolas lanzarredes.



Redes

El “Portable Vehicle Arresting Barrier (PVAB)”, desarrollado por General Dynamics, puede detener un vehículo de 3.000 kg viajando a más de 60 km/h. Existen también dispositivos para detención de embarcaciones que actúan enredándose en la hélice y llegando a paralizar.

Otro tipo de armas son las llamadas “bombas de grafito” que, lanzadas desde el aire, diseminan filamentos de grafito que crean cortocircuitos, por ejemplo en subestaciones eléctricas, privando de energía al adversario.

Químicas

Existen una gran cantidad de dispositivos que podríamos englobar dentro de las armas no letales basadas en tecnologías químicas. En primer lugar se encuentran los agentes odoríferos, que son familias de sustancia de olor intenso y desagradable que pueden provocar reducción del volumen respiratorio, náuseas y vómitos, con especial interés en control de multitudes. También son muy utilizados por las

fuerzas de seguridad de muchos países los compuestos incapacitantes, siendo los más conocidos los basados en los compuestos “oleoresin capsicum” o gas de pimienta (OC), gas lacrimógeno CN o gases CS o CR. Pueden ser aplicados mediante difusores, aunque en los últimos desarrollos se utilizan más en proyectiles frangibles, como en las armas PepperBall o el fusil FN303, o incluso en granadas de mano.

Existen también agentes depresores del sistema nervioso central, como anestésicos, relajantes, sedantes, etc, aunque sucesos como el rescate del teatro de Moscú, hacen recelar de la seguridad de uso de estos compuestos. El uso de armas químicas está legalmente limitado en operaciones bélicas, si bien su uso como ANLs está permitido en operaciones no bélicas y policiales.



Espuma - pegamento

También se consideran ANLs químicas aquellas antimaterial, como ciertos compuestos fragilizantes o corrosivos, y pegamentos o sustancias antitracción., Estas últimas pueden ser utilizadas contra vehículos o personas. Se trata únicamente de un gel extremadamente resbaladizo que se dispersa en una superficie impidiendo que exista agarre sobre ella. En este caso, el principal reto no es el compuesto en sí, sino los mecanismos de aplicación a distancia en la extensión adecuada y su posible impacto ambiental.

En algunos países la policía está probando también el arma A3P3 (*Aerosol Arresting Agent/Pulse Projected Pluma*), que combina diversas tecnologías no letales, shock eléctrico, spray de pimienta y tecnología de video-vigilancia, en un único sistema de armas. Utiliza sensores para determinar la distancia al atacante antes de suministrar la dosis “correcta” de spray de pimienta. Adicionalmente, si el usuario está siendo atacado, puede transferir carga eléctrica a la ropa protectora de dicho usuario. También dispone de minúsculas videocámaras que transmiten en tiempo real las imágenes al centro de control policial.

Otros compuestos químicos que se utilizan generalmente en proyectiles no letales son los marcadores: familia de sustancias utilizadas para marcar al personal e identificarlo posteriormente. Pueden ser delebles, indelebles, visibles o invisibles, y ser utilizadas tanto desde vehículos como manualmente, usados como munición en armas convencionales, o en armas desarrolladas para uso con proyectiles de este tipo, como los citados PepperBall o FN303.



La introducción del Armamento No Letal trae consigo otros desafíos, además del tecnológico, como son la definición de las situaciones y reglas de empleo, la realización de pruebas, medida de efectividad, evaluación de riesgos, identificación de efectos secundarios no deseados y su limitación. Los efectos biomédicos relacionados con el uso de ANLs no están, en la mayoría de los casos, convenientemente determinados y esta situación provoca que un uso inadecuado de estas armas pueda dar lugar a efectos letales o potencialmente peligrosos. Para resolver estos problemas de medida de efectividad, existen distintos grupos trabajando en los efectos de las ANLs en seres humanos, como son el Human Effects Advisory Panel bajo contrato del JNLWD (Joint Non-Lethal Weapons Directorate) de los EEUU o el NATO-SAS-040 en la RTO de la OTAN. Del mismo modo, es importante la adecuada determinación de los marcos legales de actuación de este tipo de armas, así como un correcto adiestramiento en su uso. De especial interés es el caso de las ANLs químicas, como el gas pimienta y derivados, prohibidas para uso en operaciones bélicas pero permitidas en control de multitudes, y operaciones policiales y no bélicas en general.

En relación a las tecnologías más prometedoras, el JNLWD de los EEUU, se plantea obtener en un futuro armas de gran precisión, de acción en línea de visión directa, que produzcan efectos determinados y causen daños colaterales mínimos. Para ello, se decantan por las tecnologías de energía dirigida que incluyen ondas milimétricas (p.ej. el sistema en

desarrollo ADS "Active Denial System"), microondas de alta potencia, láseres (contrapersonal y contramaterial) y, respecto a los sistemas químicos, agentes avanzados de control de multitudes y materiales antitracción. Sus esfuerzos de desarrollo actualmente se pueden dividir según su horizonte temporal. Así, a corto plazo (1 año) se orientan hacia sistemas de energía cinética (cartuchos y granadas diversos), lanzagranadas vehiculares y barreras de detención de vehículos. A medio plazo (1 a 5 años), en sistemas de dispersión de compuestos químicos, compuestos antitracción, granadas flash-bang y barreras de detención de embarcaciones, mientras que a largo plazo (más de 5 años) se esperan desarrollos en tecnologías de energía dirigida.

Como se puede apreciar, existe una gran diversidad de tecnologías susceptibles de utilizarse en sistemas no letales, algunas suficientemente maduras y otras en un incipiente estado de desarrollo. El interés y potencial de este campo motiva la participación española en esfuerzos internacionales dentro del marco OTAN-RTO (SAS-060 Non lethal Weapons Effectiveness Assessment Development and Verification Study). Sin embargo, es imprescindible un conocimiento preciso de las necesidades y una correcta definición de requisitos por parte de las FAS para que la industria española aproveche esta área tan prometedora y sea capaz de proporcionar desarrollos propios.

AGENDA

DGI 2005: The Inaugural European Defence Geo-Spatial Intelligence Conference

Londres, 25-27 enero 2005.

<http://www.wbr.co.uk/defence.asp>

UNDWATER BATTLESPACE 2005: Defence IQ Third Annual Conference.

Londres, 24-26 enero 2005

www.iqpc-defence.com/2337a

DEFENCE, LOGISTICS AND TRANSFORMATION 2005: The 5th Annual Military Procurement & Logistics Forum.

Londres, 7-10 febrero 2005

www.wbr.co.uk/defence.asp

INTEROPERABLE INFORMATION EXCHANGE IN MILITARY OPERATIONS:

Smi's Annual Conference.

Londres, 2-3 febrero 2005

www.smi-online.co.uk/interop.asp

NATO-OTAN RTO: Symposium on the New Directions for Improving Audio Effectiveness.

Holanda, 11-13 abril 2005

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

NATO-OTAN: Symposium on Military Communications

Italia, 18-19 abril 2005

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

NATO-OTAN RTO: Symposium on Advanced Sensor Payloads for UAV

Portugal, 2-4 mayo 2005

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

3rd EUROPEAN SYMPOSIUM ON NON-LETHAL WEAPONS

Organizado por el Fraunhofer ICT.

Pfinztal, Alemania

10-12 mayo 2005

<http://www.non-lethal-weapons.com/sy03index.htm>

Boletín de Observación Tecnológica en Defensa en Internet

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