

Boletín

DE OBSERVACIÓN TECNOLÓGICA EN DEFENSA



SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN
Boletín de Observación Tecnológica en Defensa n.º 61 • 2.º trimestre de 2019

IDEPAR, uso del radar pasivo para la detección de drones
Tecnologías LiDAR e Hiperespectral en medios aéreos no tripulados:
reconocimiento exhaustivo del terreno
SINCOMFAS. Un nuevo enfoque para la simulación de duelo





Edita:



NIPO en línea: 083-15-183-4
NIPO impresión bajo demanda: 083-15-182-9
ISSN edición electrónica: 2444-4839

Autor: Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT), Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación (SDGPLATIN) de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM), C/ Arturo Soria 289, 28033 Madrid; teléfonos: 91 395 46 18 (Dirección), 91 395 46 01 (Redacción); observatecno@oc.mde.es.

Director: TCol. Juan Manuel González del Campo Martínez.

Consejo Editorial: Óscar Jiménez Mateo, José Agrelo Llaverol, Cap. Carlos Calderón. Bgda. José María Martínez Benítez, Angel Nicolás Bellido Vivas.

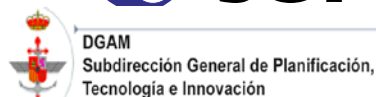
Asistencia Técnica de apoyo a la Redacción: Nodo Gestor: David García Dolla, Rosalía Vindel Román; Observatorio de Armamento (OT ARM): Óscar Rubio Gutiérrez; Observatorio de Electrónica (OT ELEC): Yolanda Benzi Rabazas; Observatorio de Energía y Propulsión (OT ENEP): Héctor Criado de Pastors; Observatorio de Materiales (OT MAT): Luis Miguel Requejo Morcillo; Observatorio de Defensa Nuclear, Biológica, Química y Radiológica (OT NBQR): Nuria Aboitiz Cantalapiedra; Observatorio de Óptica, Optrónica y Nanotecnología (OT OPTR): Pedro Carda Barrio; Observatorio de Plataformas Aéreas (OT PAER): Guillermo Carrera López; Observatorio de Plataformas Navales (OT PNAV): Cristina Mateos Fernández de Betoño, Jaime de la Parra Díaz; Observatorio de Plataformas Terrestres (OT PTER): Pablo Monasterio Albuerno; Observatorio de Satélites y Espacio (OT SATE): Ana Belén Lopezosa Ríos; Observatorio de Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación (OT TICS): Bernardo Martínez Reif, Isabel Iglesias Pallín.

Portada: Demostrador radar pasivo desarrollado en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alcalá (Fuente: Universidad de Alcalá - UAH).

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.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Presentacion/Paginas/SOPT.aspx>



CONTENIDOS

Editorial

Actualidad

- 4 ¿Dónde hemos estado?
- 7 STO: Celebración en España de la reunión de especialistas SET-265 y de la 43ª reunión plenaria del panel SET

Tecnologías emergentes

- 8 Tecnologías LiDAR e Hiperespectral en medios aéreos no tripulados: reconocimiento exhaustivo del terreno

En profundidad

- 11 IDEPAR, uso del radar pasivo para la detección de drones
- 16 SINCOMFAS. Un nuevo enfoque para la simulación de duelo

LÍNEAS DE I+D+i DE INTERÉS PARA DEFENSA

Disponer de una visión completa y actualizada sobre el conjunto de líneas de I+D+i de interés para el Ministerio de Defensa es una de las primeras actividades a abordar a la hora de iniciar los trabajos de revisión de la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa.

El concepto de línea de I+D+i de interés para el Ministerio de Defensa se entiende, en el ámbito que nos atañe, como la aplicación de una tecnología o conjunto de tecnologías a funcionalidades asociadas a una capacidad militar. En la definición de este concepto se incluye, como no podía ser de otra forma, el carácter finalista del I+D+i de Defensa, en el sentido de buscar el interés, no de la tecnología como un fin, sino como un medio para mejorar las capacidades militares. Y por tanto, los trabajos que se llevan a cabo internamente al objeto de identificar ese conjunto de líneas de I+D+i deben conjugar estas dos dimensiones, la visión tecnológica del problema y la visión de su aplicabilidad.

Para ello, y desde el punto de vista de la aplicabilidad, se parte de los documentos aprobados en el proceso de planeamiento de la Defensa, y más concretamente del Objetivo de capacidad militar, y del Objetivo de Fuerza a Largo Plazo, sin olvidar otros documentos que se elaboran en el ámbito del Estado Mayor de la Defensa, y los documentos de visiones específicas que se redactan en el entorno de los Ejércitos y la Armada.

La dimensión tecnológica se obtiene como resultado del análisis de la previsible evolución de las tecnologías, sean éstas ya consolidadas o emergentes, y su aplicabilidad a los procesos o sistemas que conforman una capacidad militar.

Sin embargo, si nos quedáramos en estas dos dimensiones, estaríamos obviando un factor fundamental de la ecuación, remarcado en uno de los objetivos de la política de I+D+i del Departamento, que es que las líneas de I+D+i de interés para el Ministerio de Defensa deben satisfacerse coadyuvando al desarrollo de nuestra base tecnológica e industrial nacional. Por tanto, es importante conocer su capacitación tecnológica, para poder valorar lo que es realista y alcanzable en el escenario temporal de implantación de la estrategia, que coincidirá con los seis años de desarrollo de la fase de ejecución del ciclo de planeamiento de la Defensa, alineándose de esta forma ambos procesos, contribuyendo la estrategia al cumplimiento de los objetivos definidos en cada ciclo.

Conseguir definir el conjunto de líneas de I+D+i a considerar en cada estrategia no es fruto de un trabajo puntual, sino que es el resultado de la labor continuada de observación y vigilancia que el Ministerio de Defensa realiza, a través de su Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT).

En resumen, determinar las líneas de I+D+i de interés para defensa, entendidas como una función dependiente de las tres variables mencionadas: capacidad militar, tecnología, y base tecnológica e industrial nacional, es una de las actividades vehiculares que sustentará la construcción de una nueva estrategia y cuyo resultado será fundamental para la determinación de los objetivos tecnológicos que finalmente se incluyan en ella.

Actualidad

¿Dónde hemos estado?

20 y 22 de marzo

● **Presentación de sistemas no tripulados (INDRA)**

Durante los días 20, 21 y 22 de marzo personal de la SDG PLATIN asistió a la presentación de las actividades de desarrollo en materia de sistemas no tripulados que la empresa INDRA está llevando a cabo dentro de la iniciativa Civil UAVs, lanzada por la Xunta de Galicia. Durante las tres jornadas se presenciaron las demostraciones de la plataforma TARGUS, plataforma aérea OPV (*Optional Piloted Vehicle*) y el USV (*Unmanned Surface Vehicle*) desarrollado por la empresa viguesa Seadrone en colaboración con INDRA. Junto a estas demostraciones se visitaron las instalaciones del aeródromo de Rozas.



26 de abril

● **Oportunidades de financiación de I+D en tecnología espacial (CDTI)**

El 26 de abril de 2019, en el Salón de Actos del CDTI, se dieron cita empresas españolas destacadas del sector aeroespacial nacional, así como distintos representantes de la SDG PLATIN, para atender a una jornada sobre las oportunidades de financiación de I+D en tecnología espacial, sobre todo para los sistemas de claro ámbito dual.

En dicha jornada se trataron asuntos como una visión general sobre la próxima reunión ministerial SPACE19+, oportunidades en actividades tecnológicas en la ESA, objetivos de EUSST y de S3T, Horizonte 2020 o nuevas oportunidades de financiación de tecnologías duales: consideraciones estratégicas, colaboración CDTI-MINISDEF, fases de PADR. EDI-DP, y EDF. También se hizo mención a las Líneas de Ayuda al I+D+i de CDTI.



7 de mayo

● **Presentación iniciativa SESAR en Defensa**

El día 7 de mayo, en la Escuela de Guerra Aérea del Cuartel General del Ejército del Aire, se hizo una presentación sobre EUROCONTROL *Civil-Military CNS/ATM Interoperability Roadmap*. El objetivo de este roadmap es proporcionar información técnica para determinar la forma más rentable y eficiente de mejorar la convergencia e interoperabilidad civil militar en materia de gestión de tráfico aéreo. Para ello propone diferentes recomendaciones de interoperabilidad, basadas en objetivos de rendimiento y reutilización de las capacidades militares existentes con el fin de reducir los costos de implementación.



... entre otros eventos

¿Dónde hemos estado?

7 y 8
de mayo

- **1ª Jornada de la Comunidad de Usuarios en Seguridad en España (CoU España) con Industria y Academia.**

La CoU España organizó en el Centro Tecnológico de Seguridad (CETSE) de El Pardo (Madrid) su primera jornada de trabajo, que reunió a la industria y academia con usuarios finales para el intercambio de información entre los responsables políticos, la investigación, la industria, los profesionales y el público en general. La jornada tomó como base el Programa H2020 “Sociedades seguras: protección de la libertad y la seguridad en Europa y sus ciudadanos”, con el fin de estimular la creación de redes y consorcios alrededor de dicha temática. El primer día estuvo dedicado a academia, fundaciones y centros de investigación y el segundo se centró en la industria.



8 y 9
de mayo

- **Global Robot Expo**

Los días 8 y 9 de mayo se celebró en IFEMA la feria internacional *Global Robot Expo*. Se trata de la feria sobre robótica más importante que se celebra a nivel nacional, caracterizada por su carácter multidisciplinar, y en la que se muestran los últimos avances en inteligencia artificial, industria, robótica de servicio, logística, drones y tecnologías aeroespaciales, entre otros sectores.



29, 30 y 31
de mayo

- **FEINDEF**

Durante los días 29, 30 y 31 de mayo celebró en IFEMA (Madrid) la Feria Internacional de Defensa y Seguridad (FEINDEF), feria dedicada a tecnologías y material para la Defensa y aplicaciones Duales. En este encuentro se dieron cita empresas, universidades, centros de investigación y Fuerzas Armadas y Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado, con el fin de mostrar nuevos desarrollos, capacidades y tecnologías en el ámbito de la defensa y seguridad, tendencias del mercado, así como permitir el encuentro con delegaciones oficiales nacionales e internacionales que generen oportunidades de negocio en nuevos mercados.

La SDG PLATIN estuvo presente dentro del stand del Ministerio de Defensa, dando visibilidad a las actividades y publicaciones que dicha Subdirección realiza.



... entre otros eventos

¿Dónde hemos estado?

6 de junio

- **Demostración / ensayo del sistema DDCE de la empresa DINNTECO.**

La empresa Dinnteco Spain, a través de la Fundación Círculo de Tecnología para la Defensa y la Seguridad, realizó unas pruebas de laboratorio en el LCOE (Laboratorio Central oficial de Electrotecnia) de Tecnoetafe para mostrar el funcionamiento de su producto DDCE.

El DDCE (Dispositivo Compensador de Campos Eléctricos Variables) es un Sistema de Protección contra Descargas Atmosféricas y Protector Electromagnético que evita el impacto del rayo sobre la estructura que protege.



12 y 13 de junio

- **4ª Conferencia del CF SEDSS – Fase II**

Durante los días 29, 30 y 31 de mayo celebró en Bucarest (Rumanía) la cuarta y última conferencia de la 2ª fase del Foro Consultivo para la Energía Sostenible, iniciativa de la Comisión Europea gestionada por la EDA, en la que participaron más de 130 expertos de 27 países. Durante la segunda fase se han recopilado más de 30 ideas de proyecto, de las cuales 18 han sido desarrolladas como propuestas, analizándose las distintas fuentes de financiación comunitarias disponibles. De ellas, tres han sido apoyadas por la EDA para su presentación durante 2019. EDA y DG ENER están preparando la Fase III que se lanzará en 2020.



Toda la información sobre estos y otros eventos puede consultarse en el Portal de Tecnología e Innovación del Ministerio de Defensa: www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es

... entre otros eventos

STO: Celebración en España de la reunión de especialistas SET-265 y de la 43ª reunión plenaria del panel SET

Autor: Fernando Íñigo Villacorta, Asistencia Técnica en el Área de Cooperación Internacional en I+T (SDG PLATIN).

Palabras clave: Sensores, radar, EO/IR, Compressive Sensing, STO, OTAN.

Metas Tecnológicas relacionadas: MT 2.2.3; LAF 2.5.

Introducción

La semana del 6 al 10 de mayo de 2019 la Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación de la DGAM, en colaboración con la Universidad de Salamanca, organizó en el Colegio Arzobispo Fonseca de dicha ciudad dos importantes eventos de la Organización de Ciencia y Tecnología de la OTAN (STO), eventos en los que participaron expertos científicos y técnicos de más de 20 países del ámbito de la OTAN. En este artículo se describe brevemente cómo se desarrollaron ambos eventos.

SET-265 Specialists' Meeting on Compressive Sensing applications for Radar/ESM and EO/IR imaging

Esta reunión se celebró los días 6 y 7 de mayo, y fue inaugurada por el Vicerrector de Política Académica y Participación Social de la Universidad de Salamanca, Dr. Enrique Cabero Morán.

“Compressive Sensing” (CS) es una tecnología emergente relacionada con la adquisición y procesado de señales que ofrece la posibilidad de reducir de manera drástica el volumen de datos a procesar, manteniendo las prestaciones que se obtienen con los sistemas de procesado convencionales. Aplicadas a diversos tipos de sensores utilizados en defensa (radar, ESM, EO/IR...), las técnicas de CS podrían hacer posible la obtención de mayor cantidad de información a distancias más lejanas, facilitando que el combatiente pueda reaccionar más rápido a las amenazas y ganar así una ventaja táctica.

A pesar de que CS es una tecnología relativamente joven (los primeros artículos aparecieron en 2006), se han obtenido en años recientes resultados interesantes que podrían ser ya implementados y probados en escenarios operativos. Por otro lado, es importante identificar los desafíos aún por resolver en la aplicación de las tecnologías CS a defensa, para poder orientar la investigación futura en este ámbito. El objetivo de la reunión de especialistas SET-265 era precisamente tratar de congrega a los mayores expertos de la OTAN en las tecnologías CS y en sus potenciales aplicaciones para tratar todas estas cuestiones.

La reunión contó con la asistencia de más de 60 expertos internacionales, y se impartieron más de 24 ponencias repartidas en seis sesiones, abordando las ventajas y problemáticas de las aplicaciones de CS en los ámbitos EO/IR, radar (tanto de apertura real como sintética (SAR), incluyendo además otras técnicas de formación de imagen radar como ISAR) y de guerra electrónica (EPM y ESM). Estas ponencias se pueden descargar desde la sección de publicaciones de la página web de la STO (www.sto.nato.int).

43rd SET Panel Business Meeting

La 43ª reunión plenaria del panel SET (*Sensors and Electronics Technology*) se celebró del 8 al 10 de mayo y fue inaugurada por el Subdirector General de Planificación, Tecnología e Innovación de la DGAM, el General de División José Luis Murga Martínez, en su calidad de representante nacional principal en la Junta Directiva de la STO. El panel SET es uno de los siete comités científico-técnicos en los que la STO estructura su actividad, y tiene como misión

promover el avance tecnológico para mejorar las prestaciones de los sensores de aplicación a defensa. En las actividades del panel tienen un especial protagonismo los sensores electroópticos, infrarrojos y de radiofrecuencia (radar), dada su ubicuidad y criticidad en multitud de sistemas de defensa.

Las reuniones plenarias del panel SET congregan dos veces al año a los representantes de las naciones OTAN en dicho panel, todos reconocidos expertos en el ámbito de las tecnologías de sensores de aplicación a defensa. Durante la reunión plenaria de Salamanca, estos expertos trabajaron intensamente para definir y poner en marcha nuevas actividades de investigación en el ámbito de sensores, revisando también los avances y resultados de las actividades actualmente en marcha. El panel SET es uno de los más activos de la STO, y cuenta actualmente con casi cuarenta actividades activas, tratando desde tecnologías avanzadas para todo tipo de sensores (principalmente radar y electro-ópticos, pero también acústicos, magnéticos, etc.) hasta la fenomenología asociada con dichos sensores (firmas de los objetivos, propagación de las señales, etc.)

Como conclusión, indicar que las dos reuniones de la STO celebradas en Salamanca fueron valoradas muy positivamente por los asistentes, resultando un éxito tanto desde el punto de vista técnico como organizativo. Estos eventos han demostrado una vez más que tanto las reuniones del panel SET como del resto de comités científico-técnicos de la STO constituyen foros esenciales para promover el intercambio de conocimiento y el avance científico en beneficio de la defensa y seguridad de las naciones OTAN y de sus aliados.



Fig. 1. Asistentes a la reunión plenaria del panel SET. (Fuente: Ministerio de Defensa).

Tecnologías emergentes

Tecnologías LiDAR e Hiperespectral en medios aéreos no tripulados: reconocimiento exhaustivo del terreno

Autor: Sergio García Fernández, Grupo Álava.

Palabras clave: Sistemas Hiperespectrales, LIDAR, RPAS, Defensa.

Metas Tecnológicas relacionadas: MT 2.3.2.

Introducción

“Es un pequeño paso para el Hombre, pero un gran paso para la Humanidad”. La célebre frase de 1969 no sólo comparte el ámbito de la ingeniería aeroespacial y la ciencia, también refleja perfectamente el cambio al que se enfrenta la sociedad con la llegada de los drones.

Día tras día, la tecnología que permite el uso de plataformas aéreas no tripuladas en todo tipo de entornos y situaciones avanza de forma frenética. De la misma forma, los sensores y cargas de pago que incorporan ofrecen soluciones que mejoran y superan las limitaciones humanas, lo que en conjunto consigue minimizar riesgos de forma notable.

Por poner un ejemplo, los helicópteros de extinción de incendios que operan en España todos los veranos en entornos muy peligrosos - tanto para los aparatos como para los pilotos - se encuentran limitados por múltiples factores de importancia: las partículas en suspensión que pueden afectar a las partes móviles o bloquear las salidas de gases, los periodos de descanso de los pilotos, la falta de visibilidad, el desconocimiento de la orografía del terreno, etc.

Para tratar de mitigar estos riesgos, la tecnología LiDAR aerotransportada en medios aéreos no tripulados y la explotación de los datos geoespaciales que proporciona está demostrando ser una de sus mejores aliadas.

Gracias a este binomio, tanto la disponibilidad como la accesibilidad de esta información se ven notablemente incrementadas.

¿Qué es LiDAR?

LiDAR es el acrónimo de “*Light Detection and Ranging*” y se trata de una tecnología de medición óptica activa.

La mayoría de sistemas LiDAR funcionan según la técnica “tiempo de vuelo” o “*time of flight*” y necesariamente incorporan un transceptor (transmisor + receptor) óptico. Este dispositivo es el encargado de emitir un pulso infrarrojo (invisible al ojo humano) mediante un láser y de recibir el pulso reflejado provocado por los objetos y superficies que se vaya encontrando en su camino. La electrónica asociada, mediante una serie de relojes internos con precisiones muy elevadas y resoluciones de décimas de nanosegundo, calcula el tiempo de retraso o *delay* entre la emisión y la recepción del reflejo. Puesto que la velocidad de la luz es conocida, es

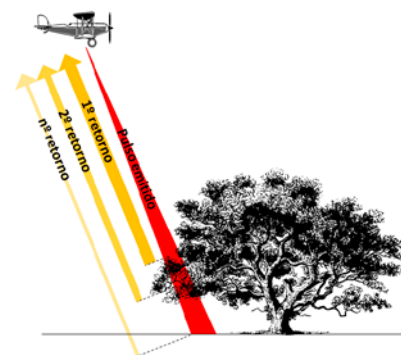


Fig. 1. Esquema funcionamiento LiDAR. (Fuente: Grupo Álava).

posible calcular la distancia lineal a la que se encuentran esos objetos y además ofrecer precisiones del orden de milímetros.

Junto con sistemas de posicionamiento global y unidades de medición inercial, los datos se convierten en verdaderos mapas tridimensionales perfectamente geolocalizados.

La nube de puntos 3D que se obtiene mediante el sistema LIDAR se procesa para eliminar valores atípicos y artefactos creados por partículas de arena en suspensión o lluvia. Una vez filtrada, el diagrama de dispersión resultante creará el modelo digital de superficie o *digital surface model*, que se define

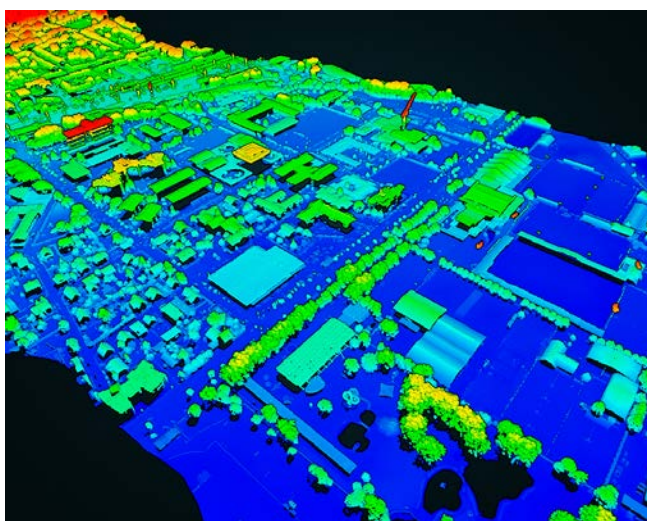


Fig. 2. Nube de puntos 3D con colorización por altura. (Fuente: RIEGL Laser Measurement Systems GmbH).

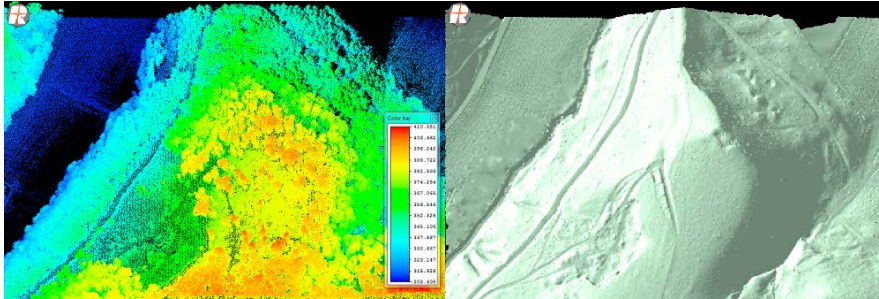


Fig. 3. Nube de puntos y el correspondiente MDE – Modelo Digital de Elevación. (Fuente: RIEGL Laser Measurement Systems GmbH).

como el conjunto de elementos que permite una descripción topográfica de la superficie de la Tierra. Mediante el filtrado de los elementos constructivos y naturales es posible obtener el modelo digital del terreno o *digital terrain model*. Puesto que se trata de una tecnología activa que emite un pulso láser, ofrece una interesante capacidad para detectar objetos bajo un dosel vegetal y redes de camuflaje.

Aunque es posible integrar esta tecnología en vehículos terrestres, desde un punto de vista de eficiencia cualquier plataforma aerotransportada (aviones, helicópteros, drones) resulta mucho más apropiada para mapear tridimensionalmente grandes áreas geográficas.

¿Qué es la tecnología hiperespectral?

La tecnología hiperespectral es aquella que reproduce la figura de un objeto o superficie en función de la longitud de onda que está reflejando (o emitiendo) el objeto en cuestión. Dicho de otro modo, es un set de imágenes del mismo objeto representadas cada una de ellas con diferentes longitudes de onda.

Una imagen hiperespectral está formada por todas las longitudes de onda en las que el sistema capte radiación y estas siempre son contiguas, por lo que se obtiene un espectro continuo o firma espectral del objeto de análisis.

Por tanto, en cada imagen o fotograma tomado por el sensor existirá una dimensión espacial (X) y otra espectral (λ), siendo necesario realizar un barrido de la escena tomando *frames* consecutivos para formar la tercera dimensión del hiper cubo. La caracterización espectral línea

a línea aumenta tanto la eficiencia del sistema de iluminación como la resolución espectral y espacial, obteniendo una mejor relación SNR (*Signal to Noise Ratio*), una mayor frecuencia de adquisición y un registro adecuado de cada uno de los píxeles.

¿Qué puede aportar a Defensa el LiDAR?

Ya sea para producir mapas tridimensionales o para ayudar en la toma de decisiones, el uso de modelos digitales de superficie y del terreno de alta resolución y precisión proporciona un valor añadido real, facilitando el despliegue de medios tácticos en el terreno, así como la definición de planes de acción. Algunos ejemplos de estudios y análisis que aprovechan los modelos digitales de elevación LiDAR son:

- Estudio de ruta
- Estudio de visibilidad (línea de vista)
- Análisis detallado geométrico (altura

de las paredes, número de pisos, aperturas, etc...)

- Detección de cambios, evaluación de daños, análisis volumétrico
- Detección de actividad bajo cubierta vegetal / red de camuflaje
- Análisis de accesibilidad y pendientes (peatonal / vehículos)
- Determinación de zonas potenciales de aterrizaje para aeronaves
- Detección de obstáculos

Tanto las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado como las Fuerzas Armadas en sus misiones en territorio nacional e internacional, se enfrentan a situaciones en las que el reconocimiento previo detallado del terreno les proporcionaría información vital para el normal desarrollo de las mismas.

Un ejemplo del uso de estos sistemas no tripulados es el proyecto ICARUS. Después de los terremotos en L'Aquila, Haití y Japón, la Comisión Europea confirmó que existe una gran discrepancia entre la tecnología (robótica) desarrollada en laboratorio y el uso de dicha tecnología en el terreno para operaciones de búsqueda y salvamento (SAR) y gestión de emergencias.

Proyecto ICARUS

El proyecto ICARUS nace precisamente con el objetivo de mejorar la gestión de una emergencia real y con ello reducir el riesgo y su impacto en la población. Para ello, se establece como principal vía de actuación el uso de dispositivos de búsqueda y salvamento no tripulados (terrestres, acuáticos y aéreos). Dichos

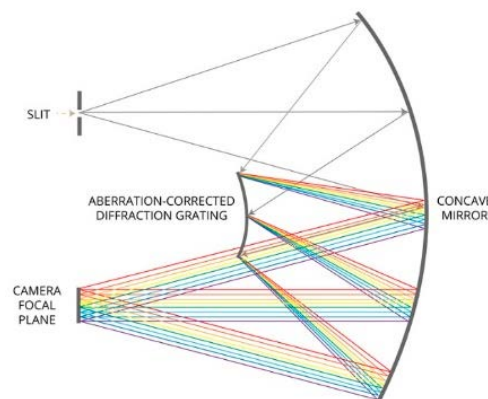


Fig. 4. Principio de funcionamiento interno de la tecnología hiperespectral. (Fuente: Headwall Photonics Inc.).

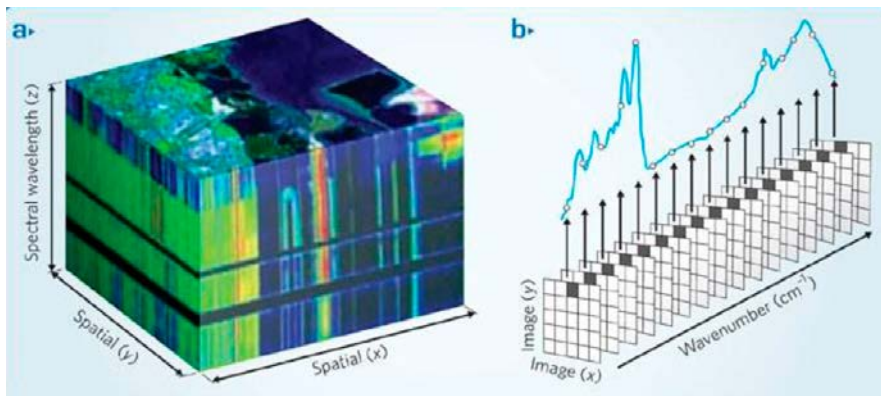


Fig. 5. Hipercubo y representación de firma espectral. (Fuente: NASA/Headwall Photonics Inc.).

dispositivos estarán integrados en las infraestructuras de comunicación existentes (GPRS, WiMAX, UHF, etc.) y ayudarán a la toma de decisiones críticas proporcionando información detallada, en tiempo real y de fácil entendimiento sobre la situación de emergencia.

El conjunto de plataformas y sensores propuestos informará al personal de emergencias sobre los peligros reales presentes en el terreno y por lo tanto, mejorará su capacidad para resolver la situación. Sensores electro-ópticos hiperespectrales para la detección de materiales peligrosos, junto con sensores LIDAR para la reconstrucción tridimensional de la zona y obtención de volúmenes de tierra desplazados, accesos, etc. entre otros son sólo algunos ejemplos de la tecnología necesaria para este tipo de actuaciones.

Conclusiones

La tecnología LIDAR tiene un historial de eficiencia comprobado en escenarios de guerra reales, para el apoyo a las fuerzas armadas desplegadas en campo. Clave para la eficiencia operativa, el uso de datos geográficos 3D proporcionados por el LIDAR permite enfrentar los desafíos técnicos y tácticos con productos virtuales que caracterizan el campo de forma muy precisa.

Lo que caracteriza la información proporcionada por un LIDAR es sobre

todo su muy alta resolución, lo que permite percibir un elevado número de detalles y aumentar considerablemente la comprensión de un entorno real. La resolución de los datos puede variar según los sistemas desde 10cm hasta 5mm, lo que permitirá a los usuarios medir con precisión la altura de un edificio identificar y/o medir zanjas, calcular con precisión el ángulo de una pendiente o incluso detectar la actividad bajo un dosel.

A medida que el *remote sensing* sigue evolucionando, los usuarios de todas las aplicaciones están descubriendo el valor de agregar instrumentos LiDAR a una carga útil hiperespectral. Primero, los instrumentos de todo tipo son cada vez más pequeños y livianos. Segundo, los vehículos

aéreos no tripulados son más capaces que nunca en términos de capacidad de carga y estabilidad en el aire. Finalmente, los usuarios de la agricultura, los minerales y la minería, y la investigación ambiental ahora pueden recopilar un conjunto completo de datos útiles al mismo tiempo. Con los potentes dispositivos GPS / IMU para unir los flujos de datos, un paquete aerotransportado de LiDAR hiperespectral totalmente integrado es ahora el "estándar de oro" para muchas misiones de detección remota.

Se han puesto en marcha ya algunos proyectos reales que buscan la aplicación de RPAS para diferentes aplicaciones con diferentes cargas de pago y sistemas de control.

Es indudable que a medio plazo, los RPAS incorporarán algoritmos para la toma de decisiones en tiempo real, sin ningún tipo de intervención humana. Pero también lo es que la gestión del Big Data plantea retos que requieren de nuevos desarrollos relacionados con la inteligencia artificial y los sistemas basados en redes neuronales artificiales.

Existe una vasta literatura sobre los esfuerzos de investigación para el desarrollo de herramientas de búsqueda y rescate sin tripulación. Pero la brecha entre la comunidad científica y la aplicación de sus avances con retornos para la sociedad se cierra cada vez más y empiezan a recogerse los primeros frutos.

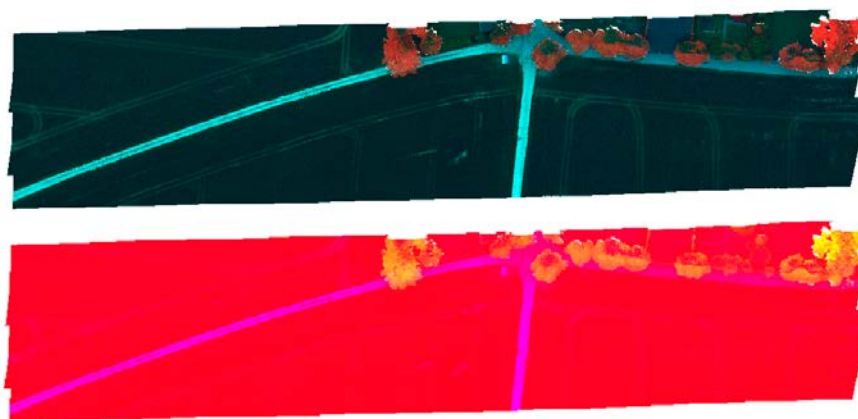


Fig. 6. Fusión de datos LiDAR e Hiperespectrales. (Fuente: Headwall Photonics Inc.).

En profundidad

IDEPAR, uso del radar pasivo para la detección de drones

Autores: María Pilar Jarabo Amores, David de la Mata Moya, Nerea del Rey Maestre, Pedro Gómez del Hoyo, Javier Rosado Sanz; **Universidad de Alcalá (UAH).**

Palabras clave: radar pasivo, LPI, detección de drones, *Cross Ambiguity Function*, *Spatial Adaptive Processing*, sección radar biestática.

Metas Tecnológicas relacionadas: MT 2.2.1.; MT 2.2.3.

Introducción

Un radar pasivo (RP) es un sistema capaz de detectar blancos y estimar parámetros como la posición o velocidad, a partir de la energía dispersada por los mismos al ser iluminados por transmisores de otros sistemas de radiocomunicación, radionavegación o radares, llamados Iluminadores de Oportunidad (IOs), en lugar de un transmisor dedicado [1]. Como consecuencia, presentan una serie de ventajas respecto a los radares activos: menores costes de desarrollo, despliegue y mantenimiento (posibilidad de emplear componentes COTS); baja probabilidad de interceptación (*Low Probability of Intercept*, LPI), no requieren

asignación de frecuencias, no provocan problemas de compatibilidad electromagnética.

La Universidad de Alcalá (UAH) ha desarrollado un demostrador RP, IDEPAR [1], en el marco de dos proyectos financiados por el entonces Ministerio de Economía y Competitividad: IDEPAR (Investigación sobre técnicas de detección mejoradas para radares pasivos, TEC2012-38701) y MASTERSAT (Receptor radar pasivo multicanal basado en iluminadores terrestres y satelitales, TEC2015-71148-R).

El inicio de esta línea de investigación fue el proyecto APIS (*Array Passive ISAR adaptive processing*), Programa JIP-ICET de la EDA (*European Defence Agency*) sobre “conceptos innovadores y tecnologías emergentes”, del que el Ministerio de Defensa (MINISDEF) de España fue miembro contribuyente, liderado por INDRA SISTEMAS, S.A. El demostrador basado en la TDT (Televisión Digital Terrestre) se validó para la detección y generación de imágenes ISAR (*Inverse Synthetic Aperture Radar*) de aviones comerciales durante las maniobras de despegue y aterrizaje en el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas [2]. El *follow-on* MAPIS (EDA Ad Hoc R&T Project (Category B)), se centró en la generación de imágenes ISAR con propósitos de clasificación en escenarios militares

definidos en colaboración con los MINISDEF de los países participantes. El demostrador IDEPAR se utilizó para el desarrollo y la validación de los algoritmos.

La detección de drones es un reto de gran interés en el diseño de los nuevos sistemas de defensa y seguridad, debido a su facilidad para transportar explosivos, productos químicos/biológicos o cámaras. El estudio de viabilidad de IDEPAR para la detección de drones se abordó en paralelo a la realización de las campañas de validación de sistemas antidron del proyecto CONDOR [3]. En la actualidad, en el proyecto KRYPTON (Radares pasivos basados en el conocimiento que incorporan técnicas espaciales adaptativas de banda ancha, RTI2018-101979-B-I00) se está actualizando el demostrador para el procesamiento de señales de banda ancha, la detección 3D con técnicas de procesamiento en array adaptativas y la propuesta de una primera arquitectura de RP cognitivo. Las mejoras se han validado en campañas realizadas en la 11ª Escuadrilla de la Armada en Torregordada, Cádiz

Radares pasivos

Debido a la ausencia de control sobre el IO, los RPs suelen utilizar receptores con un canal de referencia para la adquisición de la señal directa del IO y un canal de vigilancia que captura los ecos de

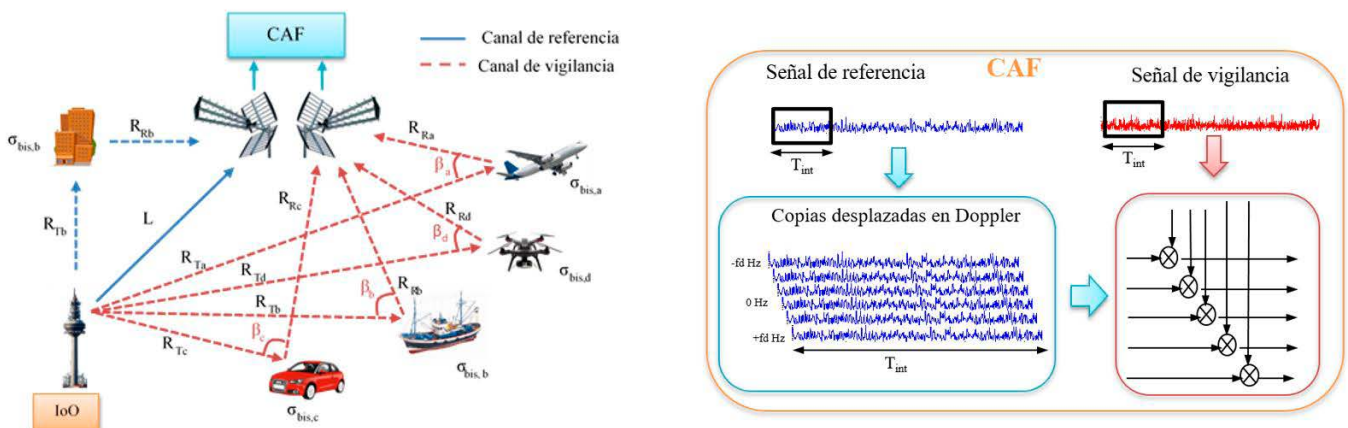
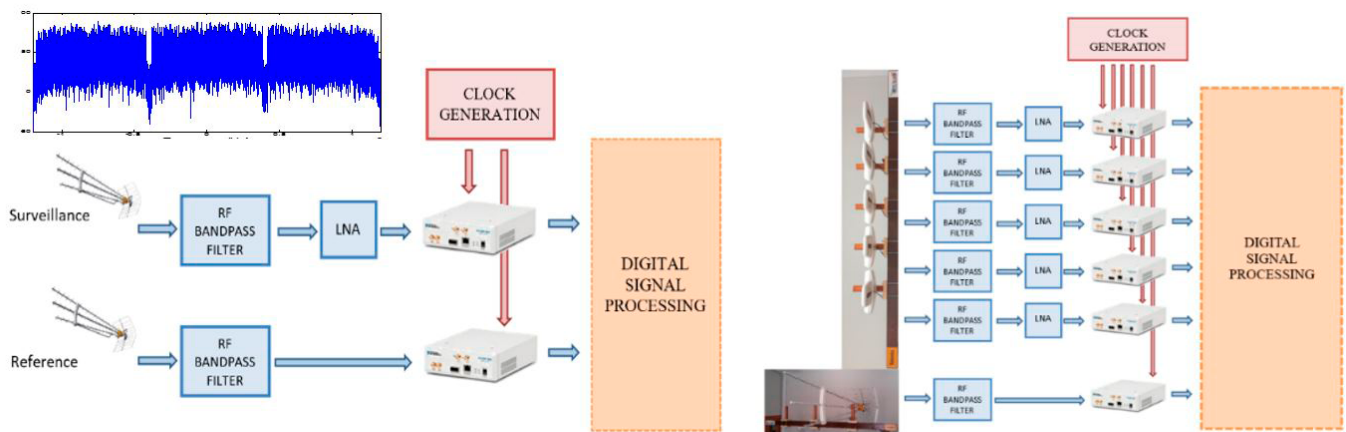


Fig. 1. Geometría básica de un radar pasivo que utiliza un IO de TDT (izda); esquema de generación de la CAF (dcha). (Fuente: propia).



Frecuencia de operación	Versión I: Antenas TELEVES DAT 75 (ganancia de 17dB, ancho de haz en acimut de 24°, banda UHF) Versión II: Array lineal de 5 antenas Televés 4G-Nova (ganancia de 6,9dB; ancho de haz en acimut de 59,94, margen de operación de 698MHz a 960MHz)	
Ancho de banda máx.	25 MHz (3 canales TDT)	Procesado off-line en estación de trabajo de altas prestaciones. Implementación de algoritmos en MATLAB.
USRP-N210	Frecuencia de operación variable entre 50MHz y 2,2GHz, digitalización I/Q 14 bits por muestra	

Fig. 2. Arquitecturas de las versiones I, con capacidad de detección 2D (izda) y II, con capacidad de detección 3D (dcha), del demostrador IDEPAR; características (abajo). (Fuente: propia).

los blancos. En la figura 1 (izda) se muestra la geometría básica de un RP biestático: R_T es la distancia blanco-transmisor, R_R es la distancia blanco-receptor, L es la línea base, β es el ángulo biestático, y σ_{bis} es la sección recta radar biestática (BRCS, *Bistatic Radar Cross Section*) de cada blanco.

El principio de funcionamiento se basa en la función de ambigüedad cruzada (CAF, *Cross Ambiguity Function*), que consiste en la correlación cruzada entre la señal de vigilancia y copias desplazadas en Doppler de la de referencia (figura 1, dcha). Como resultado, se generará una copia escalada de la función de ambigüedad de la señal, desplazada a las coordenadas retardo-Doppler biestáticos de cada dispersor presente en la zona de cobertura. La duración del intervalo de procesamiento coherente (CPI, *Coherent Processing Interval*), o tiempo de integración, T_{int} , determina la resolución Doppler del sistema ($Df_D=1/T_{int}$). La resolución en rango biestático viene definida por el ancho de banda de información (c/B_j). La CAF proporciona una ganancia de procesamiento de valor $B_j T_{int}$. Teniendo en cuenta que los IOs no se han

diseñado con los propósitos de detección del RP, se requieren valores de T_{int} elevados.

En APIS ya se demostraron las ventajas de la utilización de transmisores de TDT [2]: elevadas potencias, disponibilidad, anchos de banda de aproximadamente 8 MHz, independientes del contenido y ampliables mediante la utilización de señales multicanales. Un valor añadido del uso de señales UHF es la posibilidad de detectar blancos que no están en línea de vista gracias a fenómenos de difracción, que son más acusados a estas frecuencias. En este contexto, la arquitectura básica de un RP está formada por tres etapas: (a) Recepción: sistema de antenas, “front-end” de RF y conversores analógico-digitales; (b) Procesado: técnicas de pre-procesado para la reducción de las interferencias y CAF; (c) Detección en el dominio de la CAF; estimación de las posiciones y trayectorias para su representación en coordenadas geográficas.

El demostrador IDEPAR

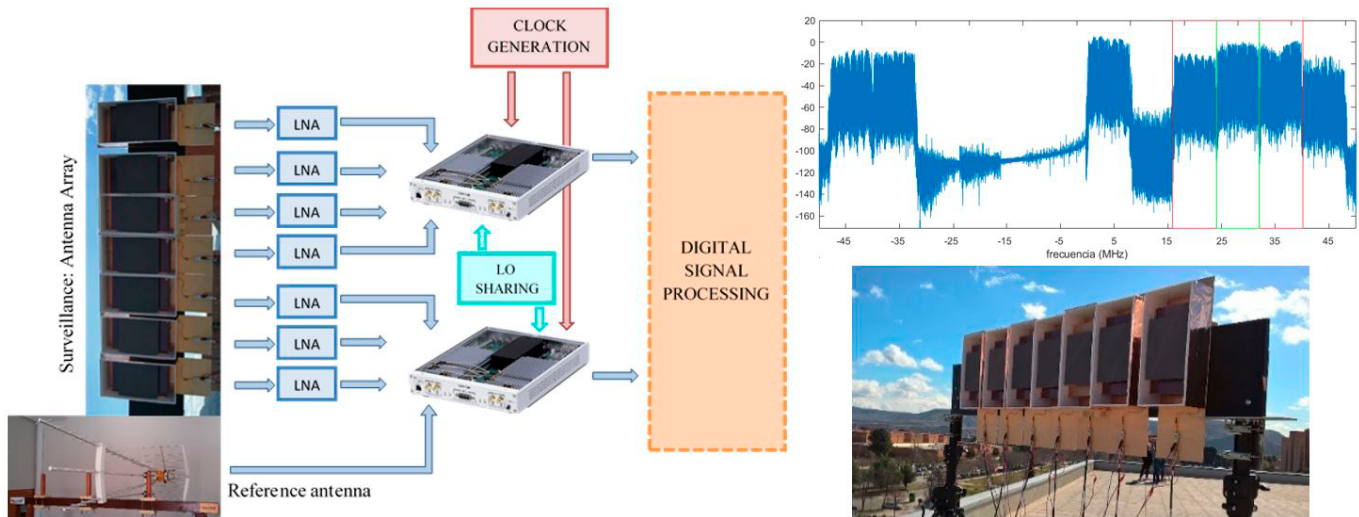
APIS dejó abiertos muchos interrogantes y nuevas líneas de investigación, algunos de los cuales se

abordaron en IDEPAR: (a) Mejorar las etapas de preprocesado; (b) Caracterizar el *clutter* biestático en entornos complejos y su dependencia con la geometría en UHF [4]; (c) Diseñar técnicas basadas en métodos estadísticos y de inteligencia artificial para la detección de blancos con bajo Doppler biestático en presencia de *clutter* [4].

El sistema fue inicialmente diseñado para la detección de blancos en 2D, (velocidad, distancia) [1,4]. En MASTERSAT, se diseñó un array de antenas comerciales y técnicas de procesado en array para la detección 3D (velocidad, distancia, acimut) y la mejora de las coberturas y resoluciones angulares [5].

Se utilizan sistemas de adquisición USRP (*Universal Software Radio Peripherals*) de *National Instruments*¹ y un sistema para la sincronización en fase y frecuencia necesaria para el procesamiento coherente. El canal de vigilancia incorpora amplificadores de bajo ruido comerciales. En la figura 2 se describen las dos primeras versiones del demostrador.

¹ USRP-N210: <http://www.ettus.com/all-products/un210-kit/>



Frecuencia	Array lineal de antenas prototipo diseñadas por el grupo de investigación (ganancia de 7,6dBi; ancho de haz en acimut de 80°, frecuencia central de 690MHz y ancho de banda de 200MHz)	
Ancho de banda máx.	100 MHz (12 canales TDT)	Procesado off-line en estación de trabajo de altas prestaciones. Implementación de algoritmos en MATLAB.
USRP X310	Frecuencia de operación variable entre 10 MHz y 6GHz, Digitalización I/Q 14 bits por muestra	

Fig. 3. Versión III del demostrador IDEPAR: arquitectura (izda.); espectro de la señal adquirida de 100MHz y array de antenas en vigilancia (dcha); características (abajo). (Fuente: propia).

Con el fin de aumentar la resolución y la robustez respecto a la disponibilidad de canales de TDT, se han adquirido nuevas USRP² y se ha diseñado un nuevo array de antenas, que mejora significativamente la cobertura (figura 3).

El procesado de señal se realiza de forma *off-line* en una estación de trabajo de alto rendimiento, con el fin de generar bases de datos brutos para la caracterización de retornos de blancos y *clutter*, permitir la fácil integración de mejoras en los algoritmos y su validación.

Las técnicas de procesado en array implementadas se caracterizan por [5]:

- Diseño de un array lineal no uniforme mediante un algoritmo genético que proporciona una solución de compromiso entre lóbulos laterales y ancho de haz.
- Técnicas de procesado en array aplicadas en el dominio de la CAF para aprovechar la ganancia de integración y el mapeo de los blancos y las fuentes de interferencia en el espacio tiempo-Doppler.

- Técnica de filtrado espacial en dos etapas para estimar la información del blanco en el espacio 3D: (1) Detección a través de un *beamforming* digital con haces ortogonales y pesos que controlan los lóbulos laterales; y un detector 3D CFAR (*Constant False Alarm Rate*); (2) Estimación de la dirección de llegada de las fuentes detectadas.

El número de elementos del array viene definido por la disponibilidad presupuestaria, pero un estudio detallado en [5] demuestra las importantes mejoras alcanzables con 11 elementos.

Análisis del demostrador en entornos rurales y marítimos

La capacidad de monitorización de tráfico terrestre de IDEPAR se validó en un escenario semiurbano localizado en el campus externo de la UAH [1,4-5]. Las mejoras observadas motivaron el estudio de viabilidad para la detección de drones comerciales tipo DJI Phantom III-IV. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en campañas de medidas realizadas gracias a la colaboración con el MINISDEF.

Escenario rural: Instalaciones del INTA en “La Marañosa”, Madrid

Las campañas de medidas que se muestran en este apartado se realizaron en paralelo con las pruebas de evaluación operativas del Proyecto CONDOR, promovido por la Dirección General de Armamento y Material del Ministerio de Defensa (DGAM), gracias a la invitación del Dpto. de Optrónica y Misilística de la Subdirección General de Sistemas Terrestres del INTA, en el marco del Convenio de colaboración entre el MINISDEF y la UAH [5].

La versión II del demostrador se desplegó en las instalaciones del INTA en “La Marañosa” (San Martín de la Vega, Madrid), con el objetivo de detectar un Phantom IV que realizaba vuelos supervisados. Como IO se seleccionó Torrespaña (situado a 16,6km del receptor) debido a su elevada potencia (20kW) y a su diagrama de radiación omnidireccional. En la figura 4 (izda) se muestra el escenario considerado, caracterizado por ser un entorno rural, donde se puede observar la dirección de apuntamiento (rojo) y el área de interés, Aol (naranja).

Las medidas fueron adquiridas con un ancho de banda de 24MHz a una frecuencia central $f_c=698\text{MHz}$, y

² USRP-X310: <http://www.ettus.com/all-products/x310-kit/>

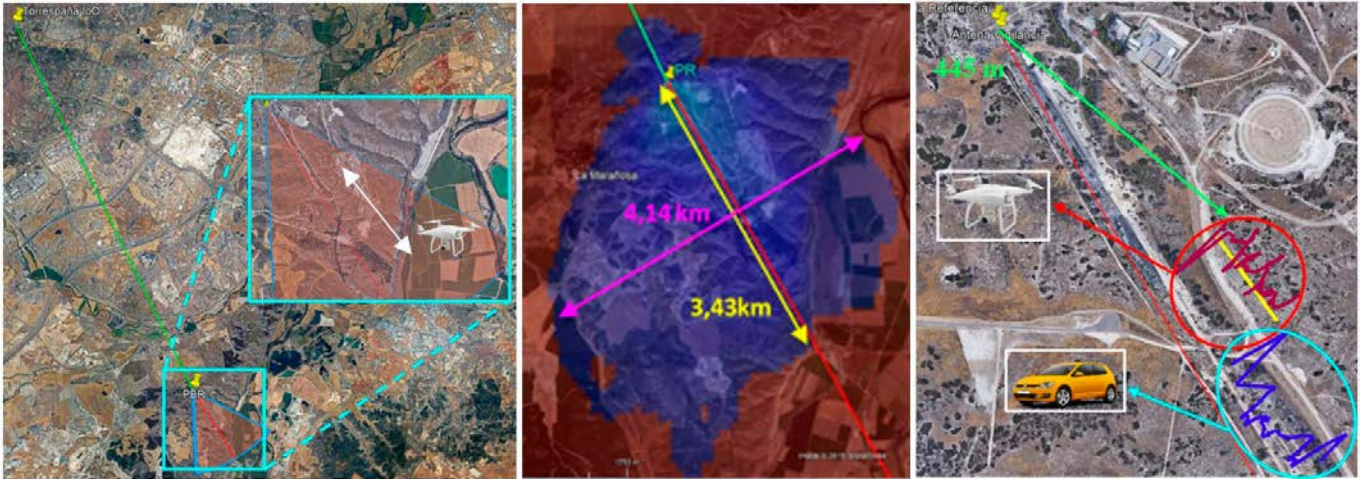


Fig. 4. Sistema IDEPAR desplegado durante las pruebas del proyecto CONDOR. Escenario (izda). Mapa de cobertura (centro). Trayectorias estimadas del dron (traza GPS en amarillo) y del coche (dcha). (Fuente: propia).

procesadas con $T_{int}=250ms$ con CPIs consecutivos. Los resultados mostrados corresponden a un vuelo del dron con una trayectoria de aproximación al RP a una velocidad media de 30km/h.

Para analizar las capacidades reales del demostrador en el escenario considerado se ha estimado de la cobertura del sistema. Para ello es necesario conocer la BRCS del blanco, caracterizar la cadena receptora del RP (determinar la sensibilidad del sistema), y calcular las pérdidas de propagación en exceso. En este estudio, la BRCS se ha estimado a partir de un modelo 3D del blanco y considerando la geometría biestática del escenario utilizando ANSYS HFSS³; y las pérdidas de

propagación en exceso se han modelado utilizando el simulador electromagnético WinProp⁴ junto al relieve del terreno.

En la figura 4 (centro) se muestra el área de cobertura estimada para el Phantom IV en el escenario bajo estudio; asumiendo los siguientes parámetros: BRCS = -12,1dBsm; altura de vuelo de 50m, $f_c=698MHz$, y la sensibilidad del demostrador calculada considerando una probabilidad de detección (P_D) deseada del 80% y una probabilidad de falsa alarma (P_{FA}) de 10^{-6} para blancos Swerling I (SWI) en entornos dominados por ruido [1]. Como se puede observar, se podría detectar el dron a una distancia máxima

en la dirección de apuntamiento de 3,43km. Nótese que las pérdidas de propagación en el canal de vigilancia son las debidas los trayectos IO-blanco y blanco-RP, con una R_r superior a 20km, por lo que la cobertura de 3,43km podría incrementarse si el IO estuviese más cerca del Aol.

En la figura 4 (dcha) se presentan las trayectorias detectadas en Google Earth tras aplicar la técnica de procesado en array en dos etapas. Los resultados muestran que el movimiento de la trayectoria estimada se ajusta a la traza GPS proporcionada por el dron, validando así el demostrador IDEPAR en tareas de monitorización y seguimiento de drones de pequeño tamaño [3]. El sistema ha detectado además una segunda trayectoria asociada a un blanco terrestre que circulaba por un camino presente en el Aol. Las capacidades detectoras del sistema se han evaluado mediante la estimación de la P_D y la P_{FA} sobre la medida bajo estudio, utilizando para ello técnicas de MonteCarlo [1,4]. El cálculo de la P_D se realiza a nivel de $plot$ debido a la ausencia de una huella radar del blanco cooperativo; provocando una subestimación de la P_D a nivel de tracker. Asumiendo una $P_{FA,deseada}=10^{-5}$, se ha obtenido una $P_D=97,5\%$ y una $P_{FA}=7,32 \cdot 10^{-5}$.

Escenario marítimo: 11ª Escuadrilla de la Armada en Torregorda (Cádiz)

La versión III del demostrador se desplegó en las instalaciones de

³ ANSYS HFSS, 3D Electromagnetic Field Simulator for RF and Wireless Design, <https://www.ansys.com/es-es/products/electronics/ansys-hfss>

⁴ Hyperworks, WinProp-Propagation Modeling, <https://altairhyperworks.com/product/Feko/WinProp-Propagation-Modeling>

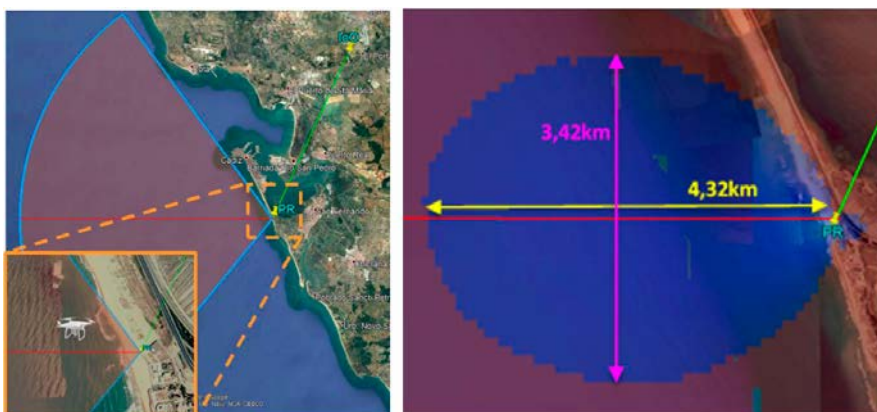


Fig. 5. Sistema IDEPAR desplegado en el centro de ensayos de Torregorda, Cádiz. Escenario (izda). Mapa de cobertura (dcha). (Fuente: propia).



Fig. 6. Sistema IDEPAR desplegado en el centro de ensayos de Torregorda, Cádiz. Trayectorias estimadas (izda). Zoom de las trayectorias estimadas para el dron (dcha). (Fuente: propia).

la 11ª Escuadrilla de la Armada en Torregorda, Cádiz, con el objetivo de analizar las prestaciones de los RPs que utilizan la señal de la TDT para la detección de drones de pequeño tamaño y embarcaciones de diferente tamaño en un escenario marítimo. Como IO se seleccionó el transmisor situado en Jerez de la Frontera (a 21,3km del receptor), el cual presenta una potencia de 5kW. En la figura 5 (izda) se muestra el escenario, donde se puede observar la dirección de apuntamiento (rojo), el AoI (naranja) y la zona del AoI sobre la que se realizaron vuelos supervisados de un Phantom III. Debido a las restricciones impuestas en el escenario, el dron solamente podía realizar sus vuelos en la zona más cercana al receptor.

Durante la campaña de medidas se adquirieron señales con un ancho de banda de 24MHz y $f_c=774\text{MHz}$. Teniendo en cuenta el escenario y las velocidades de los blancos deseados, el procesamiento se realizó con $T_{int}=500\text{ms}$ con un solape del 50% entre CPIs consecutivos.

Para la estimación del área de cobertura se ha vuelto a simular la BRCS del blanco, debido a los cambios de geometría respecto al escenario rural. En la figura 5 (dcha) se muestran los resultados asumiendo: altura de vuelo de 20m, BRCS=-13,1dBsm; $f_c=774\text{MHz}$, sensibilidad del demostrador calculada para $P_D=80\%$ y $P_{FA}=10^{-6}$ para blancos SWI en entornos dominados por ruido. En estas condiciones, el dron podría ser detectado a una distancia

máxima en la dirección de apuntamiento de 4,32km (debe tenerse en cuenta la distancia del IO al AoI, superior a 21,3km, y la menor potencia radiada).

Finalmente, en la figura 6 se presentan las trayectorias detectadas en Google Earth tras aplicar la técnica de procesamiento en array en dos etapas a la medida bajo estudio; junto con un zoom de las trayectorias asociadas a dos vuelos supervisados del dron. Como se puede observar, las trayectorias estimadas se ajustan a las trazas GPS proporcionadas por el blanco cooperativo. El dron ha sido detectado a una distancia respecto al radar en cada experimento de 394m y 145m, respectivamente, con una $P_D=97\%$, asumiendo una $P_{FAdeseada}=10^{-5}$. El sistema detectó además un barco y un avión que se aproximaba al aeropuerto de Rota a una distancia respecto al RP de 11,5km y 28,32km, respectivamente. Esta campaña de medidas valida las capacidades detectoras del demostrador para la detección de blancos aéreos y marítimos de diferentes tamaños en un entorno costero.

Conclusiones

En este artículo se presentan los resultados de las actividades investigadoras desarrolladas en la UAH en tecnologías de RPs y la validación de las versiones del demostrador IDEPAR desarrollado en escenarios rurales y costeros, prestando especial interés a la prueba de las capacidades detectoras de drones comerciales tipo Phantom III-IV.

La investigación se inició en el proyecto APIS (Programa JIP – ICET de la EDA), que fue el aval de proyectos de investigación nacionales orientados a retos de la sociedad, que han permitido el desarrollo de la línea de investigación y de un demostrador que constituye su plataforma de desarrollo y validación, además de generar datos radar en escenarios biestáticos a frecuencias de UHF, imprescindibles para la caracterización del clutter y el diseño de etapas de detección mejoradas. Este demostrador se ha utilizado en el proyecto *follow-on* de APIS, MAPIS (EDA Ad Hoc R&T Project) centrado en la generación de imágenes ISAR con propósitos de clasificación.

Gracias a la colaboración con el MINISDEF, el sistema ha sido desplegado en las instalaciones del INTA en “La Marañososa” durante las pruebas de validación del proyecto CONDOR y en las instalaciones de la 11ª Escuadrilla de la Armada en Torregorda (Cádiz), dos escenarios de interés, rural y costero, en los que se han podido validar las capacidades del sistema para la detección y el seguimiento de drones comerciales (tipo Phantom III-IV), de gran utilidad en aplicaciones civiles y militares.

Referencias

- [1] MP. Jarabo-Amores, et al. APIS, radar pasivo en el JIP-CET. Boletín de Información Tecnológica en Defensa nº 38, 1º trimestre de 2013.
- [2] N. del Rey-Maestre et al. Validación de radares pasivos basados en la TDT para la detección de drones. Congreso DESEI+d, 2018.
- [3] MP. Jarabo-Amores, et al. IDEPAR: A multichannel DVB-T passive radar technological demonstrator in terrestrial radar scenarios. IET Radar, Sonar and Navigation, 2016.
- [4] N. del Rey-Maestre, et al. Machine Learning Techniques for Coherent CFAR Detection Based on Statistical Modeling of UHF Passive Ground Clutter. IEEE Jour Selected Topics in Signal Process., vol. 12, no. 1, pp. 104-118, 2018.
- [5] N. del Rey-Maestre et al. Passive Radar Array Processing with Non-Uniform Linear Arrays for Ground Targets Detection and Localization. Remote Sensing, vol. 9, pp. 756-785, 2017.

SINCOMFAS. Un nuevo enfoque para la simulación de duelo

Autores: Javier Bunes Diviú, Joaquín Mendes Castro, ARMEN Technology.

Palabras clave: Simulación, duelo, sensores, mando y control, IoT, Operatividad Interconectada, entrenamiento, instrucción.

Metas Tecnológicas relacionadas: LAF 6.4.

Introducción

“El sudor en la instrucción ahorra sangre en el combate”, “Practica hasta que sea imposible fallar”..., son algunas de las máximas que resaltan la importancia de la práctica y el adiestramiento en cualquier ámbito de la vida, y son aplicables especialmente en las Fuerzas Armadas, donde cualquier error puede desembocar en un resultado fatal.

El éxito en el cumplimiento de las misiones en las que cada día más, participan nuestros Ejércitos, se basa en un entrenamiento metódico y continuado practicando los movimientos (individuales y conjuntos) en escenarios de combate simulados. Actualmente las Fuerzas Armadas Españolas se adiestran en la simulación de duelo con sistemas láser foráneos que datan del año 2009. La procedencia de la tecnología, la crisis económica, el lento proceso de preparación y los cambios en la doctrina de combate hacen que los equipos de simulación de duelo actualmente disponibles sean escasos y obsoletos; no todas las unidades tienen fácil acceso a ellos y cuando se



Fig. 2. Puño/Grip impreso en 3D. (Fuente: ARMEN Technology).

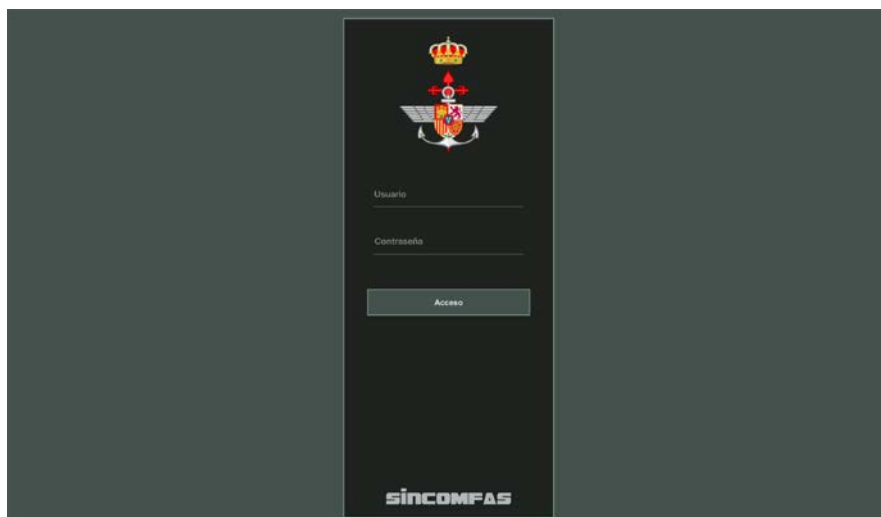


Fig. 1. Landing page SINCOMFAS. (Fuente: ARMEN Technology).

consiguen, la preparación del equipo para iniciar la simulación requiere tanto tiempo, que se ve perjudicada la instrucción en sí.

Es fundamental que nuestras Fuerzas Armadas dispongan de un sistema propio de simulación táctica de combate terrestre. El combate terrestre es común, con diferentes matices, en los Ejércitos y la Armada, motivo por el que un simulador de estas características puede ser utilizado en su conjunto por los tres ejércitos. SINCOMFAS es un proyecto de I+D desarrollado por ARMEN Technology en colaboración con la SDG PLATIN para dar respuesta a esta necesidad, basada en un modelo de desarrollo ágil, escalable, modular, exportable y de largo recorrido dedicado a potenciar el mejor componente de nuestras FAS: el soldado.

Durante este proyecto, que se llevó a cabo entre 2017 y 2018, ARMEN Technology desarrolló un nuevo sistema con los requisitos de necesitar preparatorias muy simples, ser más dinámico y más económico, ser escalable y accesible a un mayor número de unidades, y realizado con tecnología nacional fruto de la colaboración de las Fuerzas Armadas con la empresa privada. El resultado es el proyecto SINCOMFAS (Sistema Integrado de Combate para Fusil de Asalto), cuyas principales características encontramos a continuación.

El proyecto SINCOMFAS

Accediendo a la aplicación de SINCOMFAS a través de un navegador

de Internet (Imagen 1) el sistema permite observar en tiempo real cualquier ejercicio con el número de bandos contendientes que se desee, identificados por distintos colores en la imagen. Los ejercicios se pueden grabar, archivar y analizar posteriormente. En cada ejercicio se pueden observar los movimientos de cada participante, su sector, el alcance de su arma, sus disparos y si el disparo es susceptible de hacer blanco ya sea en un amigo o enemigo. SINCOMFAS no es, ni pretende ser, un simulador de tiro, sino un simulador táctico.

La combinación de sensores de última generación junto con el algoritmo desarrollado por ARMEN Technology es capaz de revolucionar la instrucción del combatiente entrando en la era de Internet de las Cosas (IoT) y la Operatividad Interconectada (IO). Con tan sólo un dispositivo acoplado al arma mediante los railes estándar y el software asociado, conseguimos que preparar un ejercicio de instrucción sea tan sencillo como, por ejemplo, colocarse un pulsómetro y salir a correr. Sin embargo la principal de



Fig. 3. Caja impresa en 3D. (Fuente: ARMEN Technology).



Fig. 4. Detalle Caja impresa en 3D.
(Fuente: ARMEN Technology).

sus características es la cantidad de información que ofrece sobre el ejercicio y el comportamiento de los combatientes, lo que permite a sus participantes (mandos y operativos) realizar una evaluación tanto individual como conjunta basada en datos objetivos. El entrenamiento con SINCOMFAS tiene como fin el desarrollo de combatientes preparados minuciosamente, con capacidad para tomar las mejores decisiones que aseguren su regreso con la misión cumplida.

El alma de SINCOMFAS es el DAD (Dispositivo de Adquisición de Datos). Su electrónica integra en una placa de reducidas dimensiones el sistema GNSS, conectividad 3G, estándares de comunicación cercana, sensores inerciales, chips dedicados y controladores, con el objetivo de agrupar en un sólo dispositivo todos los elementos imprescindibles para la gestión del sistema de duelo. De esta forma reunimos en un sólo elemento los componentes que en los actuales sistemas de simulación están distribuidos hasta en ocho dispositivos independientes; el dispositivo recopila los datos de ubicación del arma, hacia dónde apunta y los movimientos que realiza, y es capaz de transmitirlos



Fig. 5. Vista lateral cargador G36 impreso en 3D (centro cargador real)
(Fuente: ARMEN Technology).

en tiempo real a la base de datos de control.

SINCOMFAS utiliza la posición de los participantes, la enfilación del arma y el instante de disparo para calcular los blancos. Los dos primeros los conocemos gracias al dispositivo acoplado al arma y para detectar el instante de disparo trabajamos en dos líneas: sistema inercial integrado en el dispositivo principal DAD y un sensor de disparo acoplado al disparador del arma, conectado al DAD por comunicación cercana: El primero permite la detección del disparo con munición ya sea de guerra o de fogueo; el segundo permite las simulaciones sin gasto de munición alguno, manteniendo el gesto de apretar el disparador.

El Proyecto SINCOMFAS completo consta de 4 fases:

- **Simulador de Combate Autónomo en exterior:** Al final de esta primera fase debe estar operativo un sistema software/dispositivo que permita localizar el arma así como el envío, registro y proceso de la información recogida por el DAD.
- **Sistema de posicionamiento ampliado:** La segunda fase debe concluir con un sistema de balizas instaladas sobre el terreno que ofrezca información ampliada de los combatientes por la interconexión del DAD con la balizas instaladas y de los DAD entre sí.
- **Combate en interiores:** El objetivo al finalizar esta tercera fase es que SINCOMFAS sea capaz de localizar y trazar la acción en el interior de un edificio de entrenamiento. Para conseguir este objetivo contemplamos un sistema combinados de balizas, IR y LIDAR.
- **Combate en subsuelo y entornos degradados:** Se trata de encontrar una solución basada en la interconexión de dispositivos, dispositivos LIDAR adicionales y *router* portátil, que permita la conexión al sistema de comunicaciones.

Elementos del sistema

- **DAD.** Dispositivo de Adquisición de Datos. El DAD es el dispositivo que, acoplado al arma, permite capturar de forma automática la información del combatiente. En su versión inicial está concebido para



Fig. 6. Vista trasera cargador G36 impreso en 3D (izda cargador real)
(Fuente: ARMEN Technology).

ser asignado exclusivamente a cualquier fusil, sin embargo, ya estamos trabajando en que el mismo dispositivo pueda asignarse a otro tipo de armamento como la Browning M2 embarcada en los VAM-TAC o el rifle Accuracy AWF SD. Cada nueva arma incorporada al sistema incluye sus parámetros de alcance y precisión para la adaptación del algoritmo de disparo. El DAD también puede ser utilizado como monitor de la actividad de un alumno desarmado, sirviendo así para el control, por ejemplo, de marchas de orientación en actividades de instrucción.



Fig. 7. Cargador G36 impreso en 3D en el fusil. (Fuente: ARMEN Technology).

En profundidad



Fig. 8. Prototipo de sensor de disparo para diestros instalado en el fusil. (Fuente: ARMEN Technology).

El dispositivo DAD puede tener distintas formas:

- **Puño/Grip.** La electrónica está integrada en un puño/grip para rail STANAG 4694. Imagen 2.
- **Caja.** La electrónica va en el interior de una caja similar a la que puede ser la de un designador. Imágenes 3 y 4.
- **Cargador.** La electrónica va en el interior de un cargador. Este modelo cuenta con altavoz que reproduce y notifica eventos. Reproduce el sonido del disparo efectuado, el silbido de los proyectiles que pasan cerca, la caída de los casquillos y notifica al operador objeto del fuego que ha sido alcanzado, siempre teniendo en cuenta que sólo reproducirá cada sonido en los altavoces que se encuentren dentro del radio que se considera para cada evento. El modelo del cargador está pensado únicamente con fines de adiestramiento, y conlleva un ahorro importante de munición en las etapas iniciales de la formación del combatiente así como en ejercicios específicos en los que no es necesaria la utilización de munición de fogeo o de guerra. Imágenes 5, 6 y 7.
- **Sensor de disparo.** Dispositivo que, acoplado al guardamontes, detecta el movimiento del disparador del arma para identificar el momento del disparo. Este dispositivo es opcional y cumple tres objetivos:

Ahorrar munición en los ejercicios de instrucción, ya que funciona sin necesidad de utilizar cartucho alguno de ningún tipo.

Como alternativa redundante al método inercial de detección del disparo,



Fig. 9. Prototipo de sensor de disparo para diestros instalado en el fusil. (vista lado contrario) (Fuente: ARMEN Technology).

cuando se quiere entrenar con munición ya sea de guerra o de fogeo.

Como alternativa al mecanismo de disparo actual del sistema MILES que se utiliza en el CENAD ya que éste se basa en tecnología por cable coaxial de alto coste y un interruptor que se sitúa sobre el disparador ofreciendo una sensación de disparo no real al no ser necesario traccionar el disparador. Imágenes 8 y 9.

- **UCA. Unidad Central de Archivo.** Lo constituyen los servidores informáticos que reciben la información de los DAD, la procesan, la almacenan en las bases de datos del sistema, y dan servicio al software BMS para que éste pueda cumplir su función. Cada unidad organizativa del ejército dispondrá de su propia UCA. Imagen 10.
- **IMC. Interfaz de Mando y Control.** La información almacenada y procesada en los UCA se consulta

mediante un visor/software. Este software permite ordenar, configurar y consultar los ejercicios y operaciones de acuerdo a una jerarquía de acceso. Las operaciones y ejercicios pueden visualizarse en tiempo real o a demanda. En el estado actual cada UCA es consultada de forma independiente por el IMS, de forma que sólo se pueden estudiar los ejercicios pertenecientes a esa unidad operativa. Entre los retos del futuro está el de que los mandos de orden superior puedan ver simultáneamente ejercicios conjuntos desarrollados entre distintas unidades. Imágenes 11, 12, 13 y 14.

¿Cómo se utiliza SINCOMFAS?

Para iniciar una simulación, cada participante sólo tiene que acoplar un DAD al rail STANAG de su fusil y ponerlo en marcha. Desde el IMC se asigna cada DAD a su portador y cada portador a un bando. Estos parámetros pueden estar predefinidos para volver a utilizarlos en futuras simulaciones. Incluso cada soldado podría tener asignado un DAD acoplado permanentemente a su fusil, con lo que el inicio del ejercicio implicaría únicamente el encendido del mismo.

Tras definir los bandos (puede ser un ejercicio táctico con un único bando) se da un nombre al ejercicio y se pulsa el botón de grabación que inicia el registro de las acciones. Los componentes de los equipos no tienen que hacer nada especial, pues sus acciones quedan automáticamente registradas.



Fig. 10. Servidor tipo. (Fuente: ARMEN Technology).

A partir de la ubicación de cada participante, orientación e instante del disparo, SINCOMFAS evalúa la probabilidad de impacto sobre otro contendiente, comunicándole la baja, en su caso, a través del propio DAD. Como se ha mencionado anteriormente, en las versiones con altavoz, éste reproducirá el sonido de los disparos tanto propios como ajenos, así como el silbido de proyectiles que pasen cerca.

Al finalizar el ejercicio, el responsable detiene la grabación y queda disponible para su estudio posterior.

Durante la grabación del ejercicio, y en caso de definir varios bandos enemigos, el responsable de cada bando sólo verá las evoluciones de sus propios componentes y no los de los otros bandos. Sin embargo, a la hora de su estudio posterior, todos los usuarios podrán ver el conjunto de los participantes.

Carácter innovador del sistema y conclusiones

Los sistemas láser actualmente en servicio requieren que cada combatiente instale en su equipo un total de quince elementos; con SINCOMFAS basta con uno sólo de fácil instalación y que no modifica el arma. La delicadeza de los elementos del sistema láser condiciona el comportamiento de los operadores durante el ejercicio de instrucción. Por el contrario, la robustez y sencillez de los DAD de SINCOMFAS permiten que el comportamiento sea más natural, por el bajo riesgo de rotura.

Por otro lado, los sistemas actuales exigen un elevado tiempo de preparación inicial (homogeneización de equipos) que muchas veces disuade de iniciar un ejercicio de entrenamiento. Esto no ocurre con SINCOMFAS dada la sencillez de instalación de los DAD y la absoluta ausencia de preparación inicial. Incluso se podría dejar colocado en el arma indefinidamente, dada la perfecta integración.

El IMC de SINCOMFAS con su posibilidad de grabación y reproducción a distintas velocidades de las acciones llevadas a cabo durante la simulación, es una herramienta fundamental para la formación de nuestras tropas,

abriendo la puerta a nuevas formas de instrucción en aula y campo.

Enumerando las características que suponen una modernización cualitativa respecto a los sistemas actuales, encontramos las siguientes:

No utiliza sistemas láser lo que lo convierten en más económico, más robusto y más sencillo de utilizar.

Para el láser cualquier cubierta es un abrigo. En la actualidad, con las armas y municiones que se manejan, cada vez hay más cubiertas y menos abrigos.

Optimiza el coste del adiestramiento.

Es escalable, tanto por número de usuarios, por funcionalidad, así como por tipo de armamento.

Permite el registro de la formación y entrenamiento.

Permite el visionado de los ejercicios en los análisis posteriores para corrección y mejora (Lecciones Aprendidas).

Favorece el análisis individual y colectivo del rendimiento y ejecución del ejercicio.

Facilita la gestión del campo de batalla.

Se puede adaptar a todo tipo de burujas de comunicaciones.

Está pensado para conseguir su rendimiento óptimo con tecnologías como Galileo o 5G.

Preparar los equipos es más rápido y sencillo. No necesita homogeneización previa.

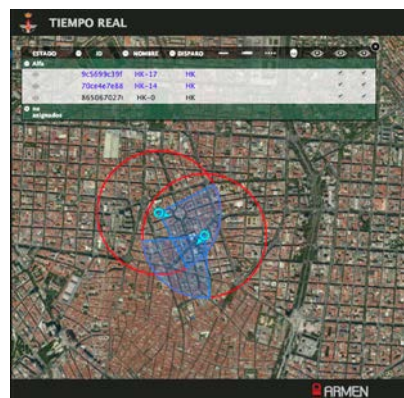


Fig. 11. Combatientes con sector y alcance activados. (Fuente: ARMEN Technology).



Fig. 12. Combatientes enfrentados. (Fuente: ARMEN Technology).



Fig. 13. Combatiente abatido. (Fuente: ARMEN Technology).

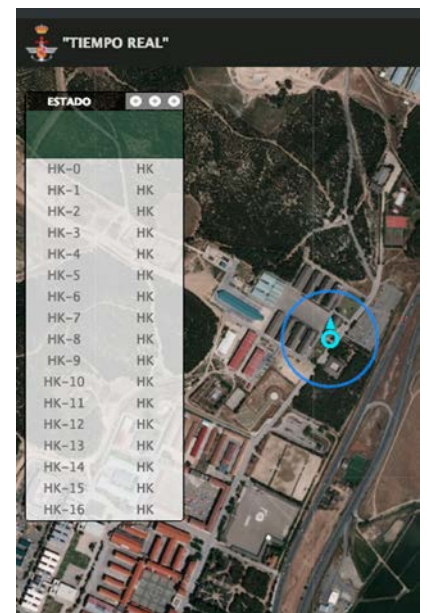


Fig. 14. Listado de combatientes disponibles. (Fuente: ARMEN Technology).

Boletín de Observación Tecnológica en Defensa

Disponible en

[http://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Contenido/Paginas/Publicaciones.aspx?cat=BOLETINES TECNOLÓGICOS](http://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Contenido/Paginas/Publicaciones.aspx?cat=BOLETINES%20TECNOL%C3%93GICOS)

<https://publicaciones.defensa.gob.es/catalogsearch/result/?cat=0&q=boletin-de-observaci>