

Universidad-industria

JOSÉ M. MARTÍNEZ CORTÉS
Coronel del Ejército del Aire

DESAFÍOS EN ESCENARIOS MULTIDOMINIO: UNA PERSPECTIVA DESDE LA TECNOLOGÍA

CONTEXTO

En su presentación, el profesor León analizó, de forma general, el desarrollo de escenarios como herramienta útil, entre otros en el ámbito de la defensa, para el pronóstico de futuras tecnologías con el fin de ayudar a comprender evoluciones futuras y de analizar las consecuencias de la tecnología, de forma más próxima a las necesidades del usuario, y para ello se basó en una revisión de los desafíos actuales y futuros de los escenarios multidominio, desde una perspectiva meramente tecnológica.

Para comenzar hizo una revisión de los distintos dominios a tener en cuenta, los convencionales (aéreo, terrestre y marítimo), otros horizontales también relevantes (espacio¹ y ciberespacio), y otros dos emergentes adicionales, también horizontales (junto al «ciberespacial»), que condicionarán futuros escenarios multidominio: el «cognitivo» y las «redes sociales». Estos últimos cruzan los dominios bien conocidos: terrestre, marítimo, aéreo y espacial, contexto conceptual que elaboró mediante la figura de elaboración propia sobre el diagrama conceptual del escenario multidominio. El dominio de las redes sociales, aquí contemplado, se incluye en otros autores como dominios cognitivo.

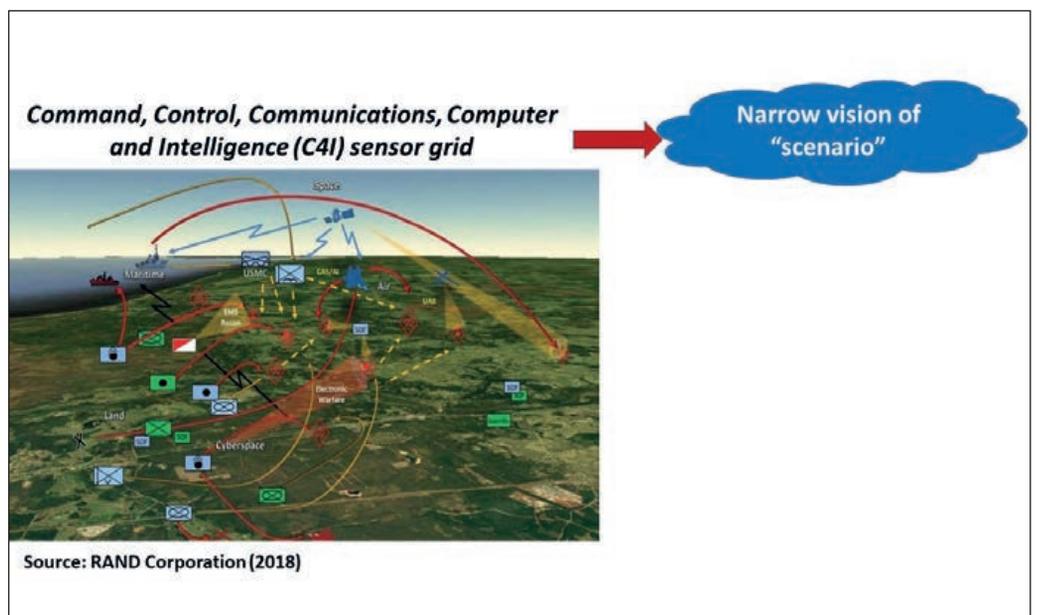
A continuación, comenzó a describir algunos aspectos sobre cómo las nuevas tecnologías pueden integrarse a lo largo del tiempo en la evolución de los escenarios

¹El espacio se trata aquí como un dominio separado, aunque algunos autores prefieren unirlo al dominio aéreo para conformar el dominio aeroespacial.

rios y la forma en la que la madurez tecnológica afecta a la disponibilidad de productos y servicios de tecnología avanzada.

Evolución de la integración tecnológica en escenarios operativos

A este respecto, señaló primeramente que las tecnologías no maduran inmediatamente como resultado de la investigación, ya que deben progresar desde bajos «niveles de preparación tecnológica» (TRL, del inglés, *technology readiness levels*) hasta el nivel más alto cuando los productos y servicios específicos se han implementado/ desarrollado, normalmente como resultado de proyectos de I + D. De forma gráfica, la figura de Gartner (2018), sobre las expectativas de las tecnologías emergentes, muestra cómo pueden evolucionar estas tecnologías desde los niveles actuales de madurez hasta alcanzar la llamada «meseta de productividad». No todas las tecnologías emergentes llegarán a dicho nivel al mismo tiempo (en algún caso, nunca). De hecho, la estimación en tiempo puede cambiar drásticamente dependiendo del nivel de inversión, que puede acelerar o retardar los avances tecnológicos, de la evolución de la normativa y de la percepción social sobre su importancia relativa,



tal como ha demostrado de forma continua la historia de los conflictos. En última instancia, la aceleración de la tecnología está vinculada al nivel de riesgo que es capaz de aceptar la sociedad. Así mismo, el nivel de madurez de las tecnologías es muy variable y no todas tienen la misma relevancia, una vez integradas en productos y servicios específicos en el sector defensa.

Por último, resalta que el conocimiento profundo de la disponibilidad de las tecnologías constituye la base para la previsión de escenarios. En lo que respecta a una posible evolución de la integración multidominio entre 2018-2030, menciona que a corto plazo todavía quedarán algunos problemas por resolver relativos a la integración de los dominios marítimo, aéreo, terrestre y ciberespacial. De forma progresiva, también se irán integrando los dominios espacial y cognitivo; a partir de 2030 se prevé que entre en su fase de integración la tecnología necesaria para un conocimiento situacional cognitivo completo y para la utilización de la inteligencia artificial (IA).

Dominios emergentes

En lo que respecta a los dominios emergentes, amplió los aspectos tecnológicos en los siguientes términos:

- Dominio cognitivo. Según el profesor León, se acerca muy rápidamente una enorme ruptura tecnológica. Seremos conscientes de ello cuando las nuevas técnicas aplicadas al cerebro sean lo suficientemente maduras como para alimentar el desarrollo de la interacción cognitiva (por ejemplo, con los cerebros de los soldados), mediante el uso de un conjunto de dispositivos no invasivos de interfaz cerebral. Resaltó que estamos empeñados a saber cómo «leer» el cerebro humano y, en unos quince años, podríamos comenzar a «escribir» en él; se necesita mucho más trabajo para superar dificultades conceptuales y de tipo práctico, pero el camino está abierto. Así mismo, la disponibilidad progresiva de sentidos biónicos aumentados podría modificar profundamente la toma de decisiones, hacia una nueva forma «híbrida» en que las máquinas ejecutarán algoritmos integrados (orientados hacia el comportamiento humano), menos inmunes a la piratería y capaces de gestionar un enorme volumen de datos.

- Dominio de las redes sociales. En el dominio del «ciberespacio» es posible modificar los algoritmos, códigos y plataformas digitales de las redes sociales con la finalidad de cambiar,



Casco del piloto del F-35

consciente o inconscientemente, los comportamientos de las personas, persiguiendo efectos de carácter militar. De hecho, las redes sociales se están utilizando en conflictos actuales para afectar procesos, recopilar información y como parte de la guerra psicológica, tanto en operaciones ofensivas como defensivas, así como para apoyar actividades de mando y control cuando involucran a millones de personas.

La integración del dominio de redes sociales con otros dominios y las interacciones con y entre los dominios cognitivo y ciberespacial son especialmente relevantes para influir y cambiar las percepciones y comportamientos de miles de millones de personas. Los sofisticados interfaces hombre-máquina y la gestión inteligente de «redes híbridas» (robots y seres humanos) son elementos clave de la integración completa entre los dominios cognitivo y de las redes sociales; aún se requiere algo de tiempo para que su integración en una nueva generación de sistemas esté ampliamente disponible.

Por su interés, mencionó como ejemplo en el que la evolución de la tecnología y la inserción del dominio cognitivo podrían afectar drásticamente el rendimiento funcional de sistemas complejos es el «casco del piloto de caza». Desde una perspectiva tecnológica, es un producto multifuncional sofisticado en el que se integran muchas tecnologías (por ejemplo, comunicaciones, protección, sensores físicos, suministro de oxígeno, temperatura y, en el futuro, realidad aumentada AR / realidad virtual VR, apoyo cognitivo con inteligencia artificial, etc.). La rápida evolución está impulsando el desarrollo de un nuevo casco emergente «cognitivo-social» para escenarios multidominio aéreos en que los dominios cognitivos estén plenamente integrados.

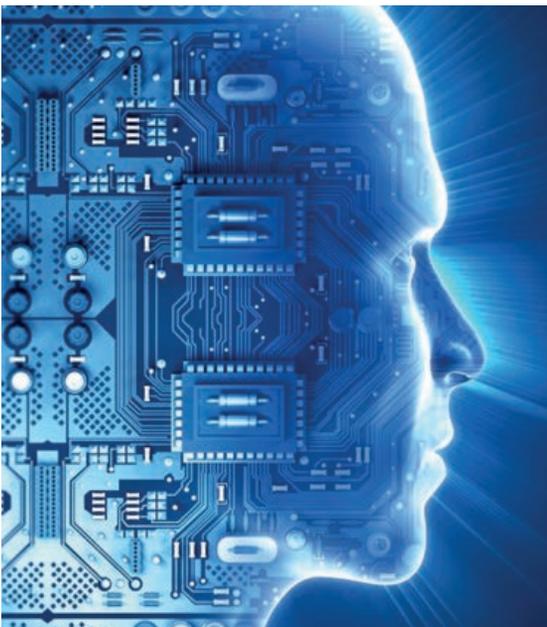
el conocimiento profundo de la disponibilidad de las tecnologías constituye la base para la previsión de escenarios

Aspectos éticos

Por último, abordó la cuestión de los aspectos éticos. Según el profesor León, nos encontramos en otro «punto singular» en el que la inteligencia artificial perturba el actual status quo ético, dado que introduce un nuevo campo de batalla donde el empleo de la fuerza y sus formas de empleo están cambiando las reglas éticas y legales y perturbando el Principio de Humanidad.

Diversas circunstancias están implicando la aprobación de diferentes normas específicas contra el empleo de algunas tecnologías por sus efectos secundarios negativos en el medio ambiente, las infraestructuras o las personas. Así mismo, resaltó la dificultad de regular problemas futuros en los que los escenarios futuros sean completamente comprendidos y de establecer, a este respecto, reglas a nivel internacional aceptadas y asumidas por todos.

Según el profesor León, en beneficio del desarrollo tecnológico, es preciso abrir el debate ético a toda la sociedad en torno al efecto de la inteligencia artificial sobre los dominios emergentes cognitivo y de las redes sociales. No se pueden encontrar soluciones solo en y para el sector de la defensa; no es un tema fácil, porque los prejuicios culturales afectan el marco de la razón y puede ser difícil alcanzar acuerdos internacionales comunes.



Si los dispositivos pueden soportar la inteligencia artificial y realizar un aprendizaje automatizado avanzado más rápido, el cerebro humano comenzará a perder algo de su supremacía sobre la máquina

Conclusiones

El desarrollo de escenarios multidominio constituye una herramienta muy útil para pensar sobre el futuro, pero está profundamente condicionado por la evolución de la tecnología y su integración en sistemas complejos. Si los dispositivos pueden soportar la inteligencia artificial y realizar un aprendizaje automatizado avanzado más rápido, el cerebro humano comenzará a perder algo de su supremacía sobre la máquina. De lo expuesto se pueden derivar tres conclusiones principales:

- Los escenarios como herramienta útil para pensar en el futuro. No obstante, la irrupción de los dominios cognitivo y social, aún no plenamente integrados, afectará al resto de dominios.
- La evolución de la tecnología como conductor. La aceleración hacia mayores

TRL depende de la priorización en las inversiones; las tecnologías de doble uso ofrecen una gran oportunidad, ya que las inversiones civiles en algunas áreas son enormes.

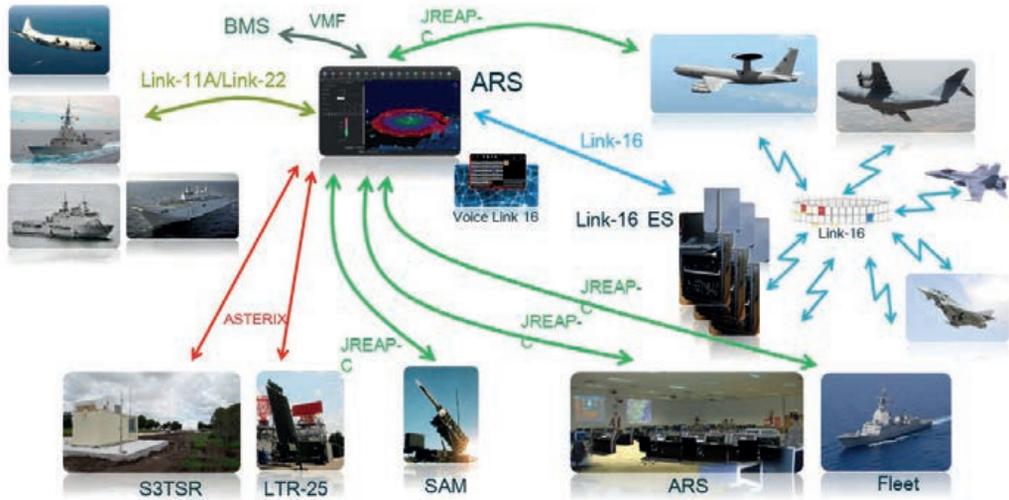
- Las demandas de integración total, interoperabilidad y decisiones conjuntas impulsan la madurez de la tecnología y aceleran su interrupción de la tecnología. Las previsiones, desde la situación actual, guiarán la evolución en busca de madurez tecnológica en escenarios a corto / medio/largo plazo.

La definición del futuro es siempre una tarea desafiante y arriesgada. Las soluciones solo pueden venir de una sociedad comprometida e involucrada, y ello necesita un esfuerzo político y educativo.

ESCENARIO C2 AÉREO MULTIDOMINIO: PERSPECTIVA DE INDRA

El representante de Indra realizó una revisión sobre cómo el sistema de mando y control aéreo del Ejército del Aire ha ido evolucionando, a lo largo de los años, y sobre las nuevas capacidades que está incorporando relativas al sub-dominio del espacio, así como sobre el impacto en el mando y control de las actuaciones de los adversarios en los dominios virtuales (cibespacio y cognitivo).

En cualquiera de sus niveles estratégico, operacional o táctico, un sistema de mando y control debe garantizar que el comandante tiene el mejor conocimiento de la situación, de tal forma que le permita tomar las decisiones adecuadas en tiempo oportuno (superioridad en la toma de



decisión). En los nuevos escenarios multidominio la clave está en obtener el conocimiento de la situación mediante la integración de los datos de los diferentes dominios en tiempo real, de tal manera que, en el proceso de toma de decisiones, las misiones puedan ser asignadas al dominio más eficaz para lograr los efectos deseados del comandante.

En estos entornos se necesita procesar una gran cantidad de datos, la mayoría en tiempo real, procedentes de múltiples fuentes tradicionales y no tradicionales. Además de una alta dependencia actual y futura de medios espaciales, en la actualidad el mando y control está amenazado por ataques letales tradicionales y de guerra electrónica, así como por cibertales, desafíos que afectarán las estructuras de mando, las capacidades y entrenamiento del personal y, desde el punto de vista de la tecnología, los estándares de intercambio de datos, el aprendizaje automático y la inteligencia artificial. Para continuar siendo relevantes y afrontar los nuevos escenarios, es preciso introducir cambios importantes en los sistemas de mando y control aéreos heredados (*legacy*), no representando, no obstante, estas modificaciones una revolución, sino más bien una evolución. Para entenderlo, conviene revisar, de forma somera, las diferentes etapas de estos sistemas desde sus inicios.

En los años 60, las operaciones aéreas se centraban en la defensa aérea debido a la estrategia de la guerra fría. Los sistemas de defensa aérea eran manuales, los radares y los centros de control (CRC) estaban necesariamente ubicados en

el mismo lugar y los controladores y operadores de interceptación trabajaban con video en bruto, con algoritmos manuales de seguimiento. La conectividad entre los CRC y el Centro de Operaciones de la Defensa Aérea era solo por voz.

Aunque seguían enfocados en defensa aérea, en los 80, los sistemas de mando y control estaban automatizados y centralizados. La información extraída de los radares se enviaba a los sistemas de los SOC/CRC a través de enlaces de comunicación punto a punto, vía módems. Por primera vez se introdujo la conectividad cruzada entre países vecinos para el intercambio de situaciones aéreas en áreas de interés mutuo y la conectividad con los sistemas SAM y los buques

en costa. También en los 80, el Ministerio de Defensa español decidió promover la independencia tecnológica en el área del control aéreo, renovando, como primer

paso, el sistema obsoleto de defensa aérea para las islas Canarias, mediante el sistema SADAC desarrollado por Indra.

En la década de los 90 se produce un importante cambio doctrinal en las operaciones aéreas y en los sistemas de defensa aérea, que se establecen como sistemas de mando y control aéreo con la integración del planeamiento, dirección y conducción de operaciones aéreas. El nuevo sistema de mando y control aéreo, ACCS en terminología OTAN, además de las funciones de planeamiento y dirección, debe gestionar todos los tipos de operaciones aéreas en su área de responsabilidad. La nueva doctrina de las operaciones aéreas dio origen a un concepto de empleo operativo basado en red. Los enlaces de

Para continuar siendo relevantes y afrontar los nuevos escenarios, es preciso introducir cambios importantes en los sistemas de mando y control aéreos

datos (*data links*) tácticos fueron la base para garantizar una adecuada integración de las nuevas entidades de mando y control aéreo, entre ellas y con las diferentes plataformas aéreas (cazas, AWACS, aeronaves AAR, etc.), navales, sistemas SAM, así como TACP/FAC (*tactical air control party/forward air controllers*).

Aunque muy ambicioso, los retrasos del ACCS no han permitido que existan entidades operativas a día de hoy. Por ello, todavía están operativos sistemas heredados (*legacy*) mejorados con capacidades limitadas. Como importante lección aprendida, resalta el hecho de que este tipo de proyectos de mando y control aéreo (basados en COTS y amplio uso de SW) necesitan preverse e implementarse en un corto período de tiempo para evitar problemas de obsolescencia y de acreditación de seguridad, además, de poseer requisitos operativos bien definidos.

En paralelo con el programa OTAN, Indra ha desarrollado el AirDef, sistema de mando y control aéreo diseñado para cumplir con las funcionalidades OTAN del ACCS y para garantizar la plena interoperabilidad con los CAOC OTAN. El nuevo sistema integra de forma nativa los diferentes DL tácticos (L11, L11B, L16, JREAP) utilizados comúnmente en la Alianza. Siguiendo la estrategia de evolución en los sistemas de mando y control aéreos hay varias áreas, en los dominios tradicionales aéreo y terrestre, con una importante capacidad de mejora operativa:

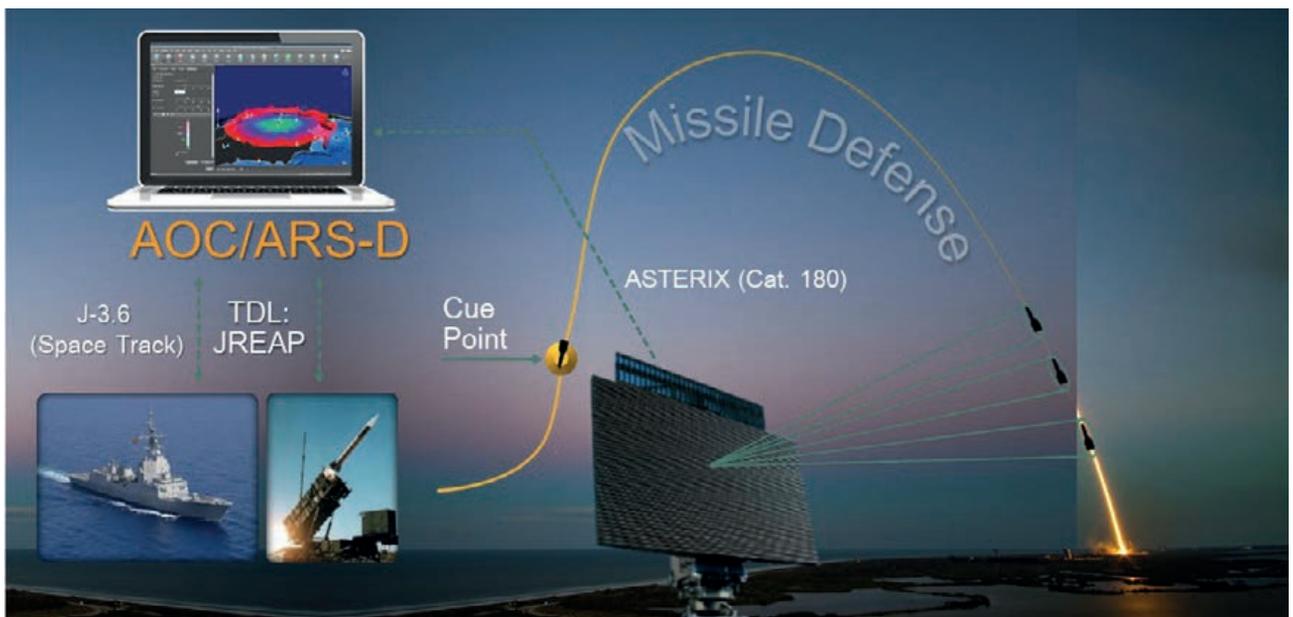
- La oportuna y completa integración de las capacidades JISR en los sistemas de mando y control es un factor clave. El empleo de la inteligencia artificial proporcionará ventajas, entre otras, en el proceso para identificar posibles objetivos a partir de imágenes, *full motion videos* (FMV) e

información electrónica obtenida y enviada en tiempo real desde medios de reconocimiento; a su vez, el aprovechamiento de los FMV en tiempo real e imágenes procedentes de los RPA mejoran la efectividad de ciertas misiones multidominio (*dynamic targeting*, tráfico ilícito, etc.)

- En el contexto europeo, además de los sensores dedicados a la defensa de misiles, los radares de defensa aérea, en configuración fija y desplegable, han implementado recientemente la capacidad TBM (*tactical ballistic missile*); el nuevo radar de defensa aérea desplegable (*deployable air defense radar*, DADR-LTR-25) para el componente desplegable del ACCS y para el Ejército del Aire es un ejemplo de ello. El sistema AirDef (Indra) integra la capacidad TBM en tiempo real, procesando y mostrando la información enviada por los radares.

- En lo que respecta a las misiones CAS entre los dominios aéreo y terrestre, uno de los elementos clave es cómo integrar el poder aéreo para lograr los efectos requeridos en tierra; en otras palabras, cómo aplicar el concepto *network-centric warfare* al mando y control de este tipo de misiones. La conectividad de los JTAC o TACP con las plataformas aéreas y los centros de mando y control aéreo debe basarse en una combinación de DL táctico Link-16 y VMF (*variable message format*), área en la que Indra está trabajando.

Basado en este sistema AirDef, y adaptado al nuevo concepto operativo y de organización, Indra está trabajando en la integración de las capacidades requeridas en otros dominios tales como el ciberespacio, el espacio o el cognitivo. En el dominio del ciberespacio, las amenazas que cruzan la frontera digital pondrán en peligro





nuestra defensa, forzando la complejidad de las soluciones en ciberdefensa. Amenazas como la denegación de servicio, acceso no autorizado, violaciones de datos, intrusos maliciosos, hackers o comunicaciones no autorizadas requieren una alerta, evaluación y reacción especiales. Así mismo, en cuanto al entrenamiento adecuado en ciberdefensa es preciso desarrollar y mejorar las capacidades y conocimiento del personal.

Además de las capacidades en comunicaciones por satélite, la principal contribución de Indra al dominio del espacio (subdominio del espacio, en doctrina aeroespacial) es el radar avanzado español para la vigilancia y seguimiento del espacio S3TSR (*spanish space surveillance and tracking surveillance radar, S3TSR*), específicamente la órbita terrestre baja LEO (*low earth orbit*). Los satélites operativos son un elemento crítico que debe protegerse de diferentes amenazas, una de ellas es la basura espacial que ha crecido drásticamente desde el primer lanzamiento de un satélite artificial. El S3TSR es un sistema radar terrestre desarrollado por Indra con la tecnología más avanzada disponible, dentro de un proyecto financiado por la Administración española y técnicamente gestionado por la ESA, basado en una configuración mono-estática cercana y que opera en la banda L. Proporciona vigilancia y seguimiento automático de objetos espaciales en la órbita terrestre baja LEO (*low earth orbit*), desde 200 a 2000 km de altura de órbita sobre la Tierra. El conocimiento situacional de LEO es una actividad con un valor estratégico creciente para la soberanía nacional. La información de seguimiento proporcionada por este tipo de radares será la base para generar en el centro de mando y control aeroespacial multidominio un catálogo sobre el conocimiento de la situación espacial (*space situational awareness, SSA*) en el que los objetos

son actualizados cada vez que se pasa por el área de cobertura del radar. La primera configuración del radar S3TSR ya está completamente implementada y se encuentra en su etapa final de pruebas en la Base Aérea de Morón (Sevilla) del Ejército del Aire. La evolución del sistema para aumentar las capacidades (mayor tamaño de antenas y potencia de transmisión) se espera en los próximos años.

En la era de las comunicaciones, la información en el dominio cognitivo puede modificar percepciones, actitudes, ideología y voluntad. Por ello, es importante contrarrestar los efectos no deseados que el posible adversario pueda producir en nuestra población y, a la vez, generar el efecto deseado en nuestras operaciones. AirDef está desarrollando herramientas específicas basadas en algoritmos de inteligencia artificial para generar inteligencia desde Internet y redes sociales.

Para terminar, el representante de Indra analizó cómo llevar a cabo la estrategia sobre la migración de los sistemas AirC2 actuales (*Legacy*) al mando y control multidominio. Lo primero sería consolidar un concepto de empleo operativo y traducirlo a un diseño de requisitos a alcanzar, después analizar en profundidad las capacidades de los sistemas actuales (tratando de obtener el máximo beneficio de ellos) y, finalmente, definir un plan de transición para lograr el objetivo final. En todo ello no debe ignorarse que cada etapa del plan de transición debe traducirse en términos de capacidades operativas. Sin embargo, para alcanzar este objetivo, consideramos obligatorio adaptar el actual proceso de adquisición de los sistemas de tecnología de la información. ■

