

# El concepto actual de la vigilancia espacial: desde el SSA de 2006

JAIME L. SÁNCHEZ MAYORGA  
Teniente coronel del Ejército del Aire

## INTRODUCCIÓN AL ESTADO ACTUAL: LA EVOLUCIÓN DEL «INTERÉS» POR EL ESPACIO

Desde comienzos del presente siglo XXI, la comunidad internacional viene prestando especial atención a la necesidad de conocer más acerca del grado de crecimiento en la población de objetos orbitando alrededor de la Tierra.

El cálculo de cantidad y densidad de la basura espacial, los efectos en nuestra atmósfera a causa de los fenómenos meteorológicos procedentes del espacio, los cálculos de probabilidad y estudios de conjunción ante posibles colisiones entre objetos espaciales, la aproximación de asteroides a la Tierra, son tan solo parte de una larga lista de preocupaciones o potenciales amenazas espaciales.

Si miramos hacia atrás, hasta mediados del siglo pasado las principales agencias y autoridades espaciales del mundo han promovido actuaciones para vigilar el espacio, con diferentes focos de atención. Tanto la NASA como la ESA desarrollaron programas de observación del espacio profundo, promoviendo una diseminación considerable de telescopios a lo largo de todo el globo con la intención de disponer de la información sobre la situación espacial tanto de cuerpos estelares como de ingenios humanos en sus diferentes posiciones orbitales.

De este modo, y teniendo en cuenta que España dispone de una situación geográfica privilegiada para la observación del espacio, las dos agencias decidieron contar —entre otros «no demasiados» complejos espaciales de observación— con nuestro suelo. El efecto inmediato fue que una primera comunidad científica, que

concentró a ingenieros, técnicos, industriales y personal altamente facultado, entorno a esta actividad, recogió el testigo y comenzó a formarse en la materia.

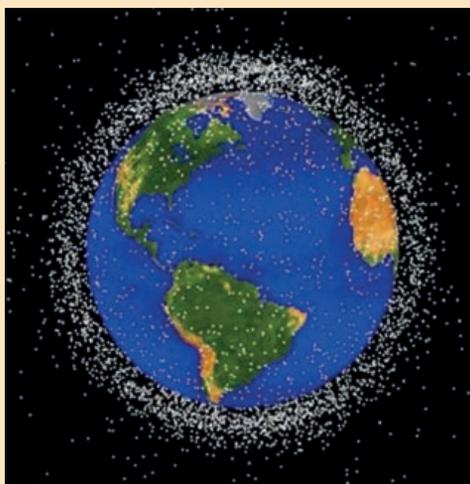
Desde el INTA (Instituto Nacional de Técnicas Aeronáuticas) se impulsó la participación institucional en estas instalaciones espaciales, y así el INTA junto con una relevante porción de la industria nacional con vocación de conformar el actual sector espacial se vieron involucrados en el desarrollo de la red de observatorios tanto de la NASA como de la ESA, permitiéndole adquirir un profundo conocimiento en la materia, que perdura en nuestros días.

En paralelo y por medio de determinados acuerdos, las principales universidades de España se vieron atraídas por una nueva rama del conocimiento científico de gran interés, y rápidamente surgieron tra-

bajos e investigaciones basados en conocimientos propios y colaboraciones con las agencias espaciales, que contribuyeron al crecimiento del conocimiento sobre la materia en España.

La conexión de esta actividad institucional con los principales centros científicos del mundo académico permitió a algunas de nuestras más prestigiosas universidades, centros tecnológicos y organismos de innovación formar parte de esa comunidad científica relacionada con el espacio, y muy en concreto con la observación de y desde el mismo.

La industria se vio impulsada a participar en desarrollos tecnológicos nacionales e internacionales para la observación espacial, tomando parte activa en los mismos y colaborando en el sostenimiento y funcionamiento de estos cen-



*Space Surveillance and Tracking (SST)*

tros espaciales, en principio desde la faceta de científicos, y más adelante reconocidos como estratégicos.

Es en esa derivada de la observación «estratégica» del espacio donde las autoridades espaciales a nivel mundial comienzan a identificar la necesidad de «conocer» qué ocurre en el espacio, no ya en el denominado espacio profundo (más allá de los 40.000 km de la Tierra), sino el ultraterrestre o más próximo a nuestros intereses sobre la seguridad y defensa, es decir, donde mayor número de actividad espacial se produce, en beneficio de aplicaciones de las que hoy dependemos en gran medida.

### EL CONTEXTO GENERAL DE SEGURIDAD AEROESPACIAL

En el documento Estrategia de Seguridad Nacional (2013) se describen los riesgos y amenazas para la seguridad nacional, en su capítulo 3, y dentro de la amenaza capital para la seguridad que representan los conflictos armados se recoge la necesidad de tomar conciencia de las características futuras que podrán adoptar esos conflictos para adecuar las capacidades, organización y procesos de actuación de las Fuerzas Armadas. El ciberespacio y el espacio exterior son ámbitos, unidos a los tradicionales terrestre, naval y aéreo, susceptibles de confrontación y conflicto en ese futuro cada vez más global, cambiante e impredecible.

La revisión de la Estrategia de Seguridad Nacional (2017) retoma la cuestión espacial y resalta la relevancia de protegernos de las posibles amenazas que provengan del espacio y asegurar la continuidad del empleo de las capacidades espaciales disponibles, actuales y futuras.

### *Cuatro pilares esenciales: las comunicaciones por satélite (SATCOM), la observación de la Tierra por satélite (SEOT), los sistemas de navegación y posicionamiento por satélite (NAVSAT) y la vigilancia y seguimiento espacial (SST)*

La Directiva de Defensa Nacional (2012) menciona la necesidad de afrontar, entre las amenazas globales, la quiebra de la seguridad del espacio aéreo y aeroespacial. De hecho, la seguridad de aquellos ámbitos tradicionales mencionados anteriormente está ligada a la del espacio, que sería en última instancia quien los protegiera mediante su cobertura.

Desde la Directiva de Política de Defensa (2012) se desarrolla la DDN, que considera necesario el reforzamiento de los sistemas de obtención de información, que ya antes, en la Revisión Estratégica de la Defensa (2003) se refirió a la influencia decisiva de los medios espaciales, la necesaria integración de medios aéreos y espaciales y la necesidad de control del espacio para asegurar la libertad de acción.

En el ámbito de la Alianza, el segmento espacial de los satélites constituye una herramienta esencial para disponer de capacidades espaciales, y para la OTAN supone ya un asunto prioritario del que se hace eco el Ministerio de Defensa español realizando en los últimos años un notable esfuerzo de desarrollo y aplicación de tecnologías nacionales en este campo.

Para ello, en el entorno de la Dirección General de Armamento y Material, se elaboró en el año 2015 un Plan Director de Sistemas Espaciales, que enmarca actuaciones relativas a capacidades espaciales para la defensa, y entre las que encontramos cuatro pilares esenciales: las comunicaciones por satélite (SATCOM), la observación de la Tierra por satélite (SEOT), los sistemas de navegación y posicionamiento por satélite (NAVSAT) y la vigilancia y seguimiento espacial (SST).

Si pasamos ahora al ámbito de la Unión Europea, el desarrollo de estas capacidades espaciales se basó históricamente en las relaciones entre los Estados miembros, tanto entre sí como con la Comisión Europea, y de todos ellos con la Agencia Espacial Europea (ESA), cuyo fruto han sido dos de los programas emblemáticos (*flag ship*) para la EU en los últimos diez años: Galileo y Copernicus.

No obstante, hoy la situación de la obtención de estas capacidades se encuentra en un posible punto de inflexión en el que el fac-



Esquema nacional de SST

size	number	% total mass
 > 10 cm	> 20,000	99.93
 1 - 10 cm	> 200,000	0.035
 < 1 cm	> 35,000,000	0.035
<b>total</b>	<b>&gt; 35,000,000</b>	<b>&gt; 6,000 tons</b>

Comparativa tamaño objetos en el espacio

tor de la seguridad y defensa se está consolidando como uno de los pilares de la estrategia espacial de la EU. Por ello, en la propuesta de regulación para la creación del Programa de Espacio de la EU y una agencia que gestione los grandes programas de la Unión Europea nos encontramos la componente SST del Programa de Espacio de la EU, fruto de que en junio de 2016, cuando se presentó en el Consejo Europeo la Estrategia Global de Seguridad, uno de sus párrafos promueve ligar la política espacial con la autonomía estratégica de la EU, y esto siempre ha sido una posición apoyada por España.

Como desarrollo de esta estrategia y con objeto de elaborar una estrategia espacial para Europa, los ministros encargaron a la EDA, en estrecha coordinación con la Comisión, dicha elaboración, para ser presentada en el 2.º semestre de 2016. Para ello, tras un intercambio de puntos de vista entre los ministros de Defensa, la EDA elaboró un documento titulado Puntos de Vista Militares para asegurar que esa estrategia contenía las posturas militares.

Y así, en las diferentes convocatorias de las Conferencias Anuales sobre Política Espacial, de los últimos tres años, el mensaje de los principales líderes de la Comisión Europea y de los miembros del Parlamento Europeo que han participado en ellas nos demuestra el hecho de que el sector espacial está viviendo un incremento de interés por parte de la Unión Europea, y en particular de sus instituciones (Comisión, Consejo y Parlamento), principalmente en aquellos proyectos vinculados a la seguridad y defensa, acuñando un nuevo término que engloba esta especial atención: *new space*.

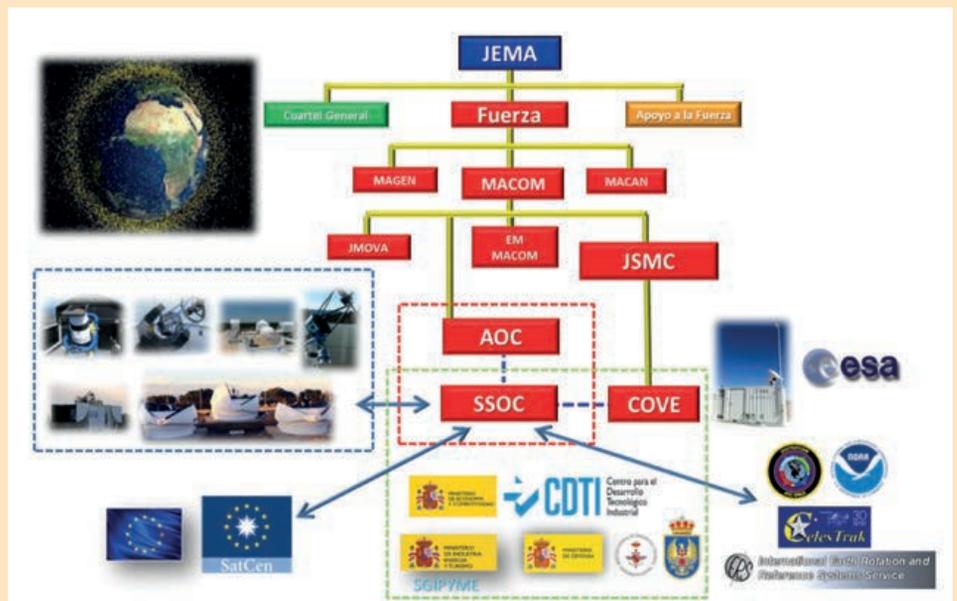
Trataremos de que al término de la lectura se disponga de una idea más precisa de en qué consiste el concepto SSA dentro de este contexto global que hemos introducido, y cómo puede afectar al desarrollo de su faceta militar (su primera aproximación en España es a través del desarrollo de la capacidad de vigilancia y seguimiento espacial), algo que ya se introdujo en el artículo de la RAA de mayo de 2018, relativo a la participación del Ejército del Aire en el GS-17 (Global Sentinel 2017).

## EL CONCEPTO GLOBAL DE LA VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO DE OBJETOS ESPACIALES: LA CAPACIDAD SST

El objeto de este artículo, lejos de abarcar el «amplio espectro» de actividades espaciales de nuestro tejido industrial, institucional y científico que se ha venido ejerciendo a lo largo de los más de 75 años de avances científicos, o de describir la historia de aquellos «campus» (campus principal de Torrejón-INTA, complejo de comunicaciones para la exploración del espacio profundo en Villafraanca, Maspalomas, Cebreros, etc.) en los que el MINISDEF, a través del INTA, ha formado parte de la historia de la observación espacial, se centra en la capacidad de vigilancia y seguimiento de objetos espaciales.

De este modo, el USSTRATCOM (Mando Estratégico de los EE.UU.), con su red mundial de observatorios, quién comenzó a desarrollar la capacidad SSA (*space situational awareness*) no solo desde el punto de vista científico, sino desde un enfoque estratégico, determinando distribuir una red de «sensores» (telescopios y radares) a lo largo de todo la superficie de la Tierra con la finalidad de conocer el estado de la actividad de objetos en el espacio.

Esquema de relaciones de entidades SST





Escenario general de sistemas SST

En aquellos años 60-70, la información sobre objetos orbitando y posibles alertas por riesgo de colisión con basura espacial no se aproximaba a los actuales valores estadísticos, siendo la actividad del USSTRATCOM, una vez más, una anticipación a la situación actual en la que las cifras disponibles sitúan estos fenómenos en la categoría de «riesgo» o «amenaza» contra la correcta explotación de las capacidades espaciales actuales, por lo que precisa de la adecuada atención.

De este modo, el USSTRATCOM es el encargado de las operaciones espaciales, defensa de misiles y mando, control, reconocimiento y vigilancia globales. Para ello se apoya en el JSpOC (Joint Space Operations Centre) que es un sistema de mando y control de la defensa, que se

constituye como el punto de contacto central para dar apoyo operacional a nivel mundial a las actividades y fuerzas espaciales, y en el que se integran las operaciones militares que disponen de componente espacial. Este centro es el responsable del mantenimiento del catálogo de objetos espaciales conocidos.

El crecimiento exponencial de objetos enviados al espacio, sumado a la proliferación de residuos que propició la carrera espacial, hizo que el número de ingenios situados en el espacio comenzara a crecer alarmantemente entre finales de los años 80 y principios de los 90, lo que provocó que este riesgo comenzase a formar parte de las conversaciones y discusiones ordinarias tanto en las agencias espaciales de todo el mundo como de los organismos encargados y preocupados por el correcto uso del espacio.

Surge así, años después, un programa SSA en el seno de la ESA, cuya importancia estratégica no tuvo tanto reflejo como su vertiente industrial y tecnológica, la cual fue reconocida inmediatamente por el Ministerio de Industria a través del Centro de Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI), entonces encuadrado en aquel ministerio, y cuyo impulso hizo que España pasase a ser el principal contribuyente del programa SSA de la ESA.

Este concepto SSA empieza a conformarse muy en la línea precedida por EE.UU., y tanto el Gobierno como su comunidad científica, ante ese crecimiento exponencial de objetos, perciben la necesidad de distinguir entre qué parte del todo corresponde al ámbito de explotación y uso del espacio desde el ámbito puramente civil (bien en su vertiente científica o en la comercial), y qué

Red de vigilancia espacial (USSTRATCOM, Space Surveillance Network)



parte del todo corresponde al ámbito de la seguridad y defensa. Obviamente, de todo intento de diferenciación surge un número determinado de áreas de solape, y surge el contexto desde el que se han seguido estudiando los fenómenos asociados a SSA: la perspectiva dual.

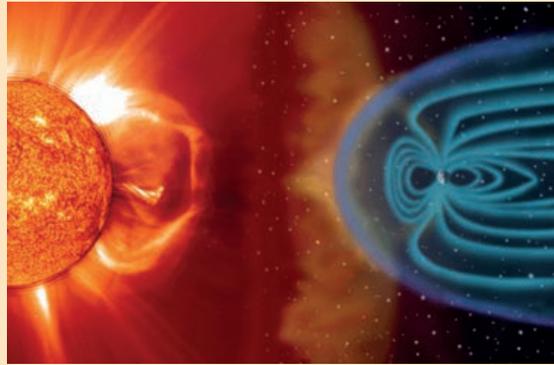
La ESA, concedora de que en el ámbito de defensa en Europa, los estudios previos y definición de requisitos de usuario o sistemas, suelen ser estudiados bajo el prisma de la Agencia Europea de Defensa (EDA), firmó un acuerdo con esta última para que se efectúen en su seno, los estudios que permitan establecer esta diferenciación dentro del concepto SSA, y con ello se obtiene una primera aproximación europea que distinguirá entre los aspectos o fenómenos puramente civiles, los estrictamente orientados a la seguridad y defensa y, finalmente, aquellos otros que pueden satisfacer a los dos contextos, encuadrándose en el referido concepto dual del SST.

La magnífica aportación de España, a través de las aportaciones de CDTI, al programa SSA de la ESA, con el apoyo del Ministerio de Defensa (DGAM) y del Ejército del Aire, nos situó en el nivel máximo de contribución en esta iniciativa, lo que ha permitido adquirir un sólido núcleo de conocimiento en la materia y situar a nuestra industria entre los pocos países que disponen de solución para toda la cadena de valor, y ha permitido una participación cualificada ante los posibles desarrollos relacionados con la capacidad SSA tanto en la ESA como en la EDA, dentro del ámbito de Europa.

Y así, desde la EDA bajo mandato de la ESA, en base a estos estudios de determinación de requisitos, se acordó atribuir, dentro del referido enfoque dual (militar o civil), una determinada colección de requisitos para cada una de las tres áreas funcionales en que se subdivide este concepto más amplio, a saber:

- a) La vigilancia y seguimiento espacial: *space surveillance and tracking* (SST).
- b) El conocimiento de la meteorología en el espacio: *space weather* (SWE).
- c) Los objetos en aproximación a la Tierra: *near earth observation* (NEO).

Años después, y al margen de la creciente conciencia en defensa y seguridad de la Unión Europea, pero en cierta medida impulsados por la importante cantidad de pre-



Space Weather (SWE)

supuesto invertido en capacidades espaciales (Galileo y Copernicus), se comienza a pensar en la necesidad de disponer de un mayor grado de seguridad sobre los activos espaciales de Europa, en principio enfocados en la capacidad de vigilancia y seguimiento espacial (SST según el acrónimo en inglés).

En un momento en el que la política espacial de la Unión Europea aumenta su esfera de control sobre los grandes programas (Galileo y Copernicus), y centra su atención en aquellas capacidades que refuercen los principios de seguridad y autonomía en el uso del espacio, la Comisión decide concentrar sus esfuerzos en una de las tres áreas de aplicación de SSA: el SST.

Y así, tras la cumbre de Lisboa de 2014, recibido años atrás el mandato de la Comisión de Europa de 2006, se impulsa un programa marco de apoyo para la obtención de servicios SST para la Unión Europea, desde un enfoque en el que las naciones interesadas y con capacidad de aportar medios o sistemas SST constituyan un consorcio de naciones para esta finalidad.

La base de este programa SST se estructuró, en

**Surge el contexto desde el que se han seguido estudiando los fenómenos asociados a SSA: la perspectiva dual**



Parte de la red SSN (Space Surveillance Network)

un principio, sobre el punto de partida de tres servicios fundamentales, que debían ser suministrados por los países del Consorcio SST a los Estados miembros que los demanden. Estos servicios quedaron definidos con la siguiente denominación:

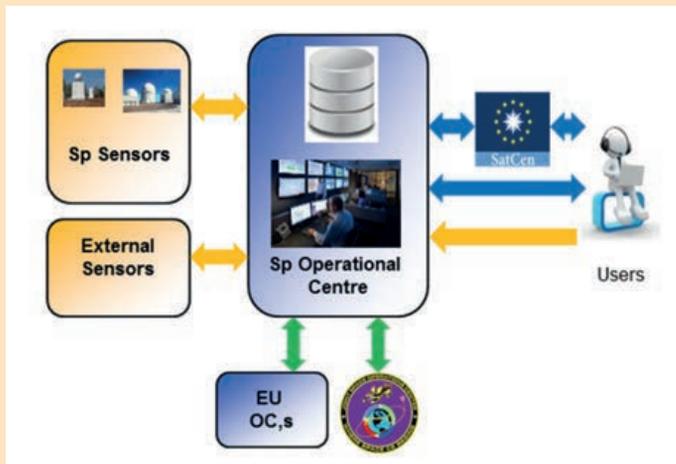
- análisis de conjunción y alerta,
- análisis de reentradas,
- análisis de fragmentación.

El primero se basa en los análisis de aproximaciones entre objetos espaciales, la detección de eventos espaciales de alto interés y la creación de alertas y recomendaciones para mitigar riesgos asociados a estos.

Los análisis relacionados con la posibles reentradas se centrarán en los potenciales eventos de reentradas previstos, su predicción, la determinación de la ventana de tiempos en que se producirán y su localización geográfica más precisa posible, así como la generación de toda la información que se precise acerca de estas reentradas.

Y por último, el análisis que se espera obtener del estudio de las fragmentaciones, cuya huella evoluciona continuamente, se refiera a la continua actualización en base al descubrimiento de nuevos objetos, la determinación de los potenciales puntos de colisión basados en la correlación de la huella conocida con los nuevos eventos de fragmentación que se produzcan y la generación de la información asociada.

De este modo, las actividades de la industria espacial europea, relacionada con esta capacidad, cambiaron parte de su foco desde el programa SSA de la ESA hacia la iniciativa SST de la Comisión Europea, buscando además el refuerzo de la posición de cada nación, de cara a formar parte del actual consorcio de naciones para los servicios SST, en el ámbito de la Unión Europea, sin dejar de mirar a la actividad SSA, en el ámbito



Arquitectura de alto nivel

de la Agencia Espacial Europea como garante de la continuidad, a nivel europeo, de los estudios relativos a las dos áreas restantes de SSA: *space weather environment* (SWE) y *near earth objects* (NEO).

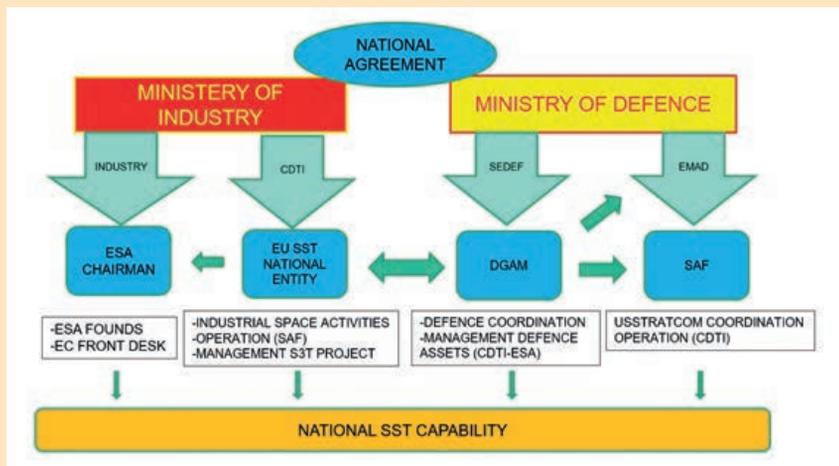
### ESTADO DE LA CAPACIDAD A NIVEL NACIONAL: EL SST EN ESPAÑA

El Ministerio de Defensa, y en concreto la DGAM, fue requerido para apoyar al CDTI como la entidad nacional responsable de obtener nuestra incorporación al Consorcio SST de la EU, lo que requería de un instrumento institucional para poder coordinar todas las actuaciones nacionales, al no disponer de una agencia espacial, como el resto de las naciones del consorcio, para afrontar este trascendente reto.

Se comenzó a formular una propuesta nacional de capacidad SST sobre la base de las capacidades de sensores disponibles tanto a nivel de observatorios astronómicos para el seguimiento de objetos en órbitas medias (MEO) y geoestacionarias (GEO), fuera del alcance de medios electromagnéticos, tales como radares (tanto demostradores como en proceso de desarrollo) para detectar los bólidos que se encuentran en las órbitas LEO, y sumando a ello la capacidad completa de la cadena de valor en el procesamiento de datos relativos a fenómenos SST.

Una aproximación a la arquitectura de alto nivel de un sistema SST no es muy diferente de la arquitectura de alto nivel de un sistema de control del espacio aéreo, si bien, tanto en periodos de actividad como en tipo de sensores, podemos apreciar ciertas diferencias. Pero en un esquema simplificado de alto nivel, estaríamos hablando de sensores para detectar objetos, un centro

Acuerdo interministerial: competencias



de procesado para elaborar los servicios SST y un elemento de diseminación de servicios para los usuarios que lo requieran.

Y en el caso de España, los elementos con que se contaban para elaborar la propuesta nacional fueron una gran colección de observatorios; medios del Real Observatorio de la Armada, tanto sus observatorios como los medios laser para la determinación precisa de órbitas; un radar demostrador desarrollado por la ESA (con la que se estableció un acuerdo de cesión de operación al Ejército del Aire), la cadena de valor en procesado, fruto de más de 10 años de experiencia, y la propuesta de un desarrollo de un radar SST, dentro de las actuaciones de España con la ESA y operado por el EA.

De este modo, se conforma una propuesta nacional estructurada en base a sensores, centros de procesado y posibles evoluciones de estas capacidades con el nivel de protección de los datos procesados, acorde a la propuesta que se iba a requerir a los Estados miembros, y con la base de partida de que la actuación de la entidad nacional que nos representase para ello debería apoyarse en el Ministerio de Defensa, en concreto en el Ejército del Aire a través de la DGAM, para que la propuesta cubriese las expectativas de la Comisión Europea para este programa de apoyo al servicio SST.

Y finalmente, en el año 2015 CDTI, con el apoyo de MINISDEF, se obtuvo la adhesión de España al Consorcio SST, lo que requirió por parte de Defensa, y muy en concreto por parte de la DGAM y del Ejército del Aire, de un elevado número de actuaciones que, a pesar de que en esos primeros momentos supusieran actuaciones específicas de Defensa, precisaban de la constitución de un grupo de trabajo SST en el ámbito de la DGAM para poder abordar estas actuaciones y coordinar con nuestros aliados.

Una de las condiciones para formar parte del «club» de naciones con capacidad SST de defensa y poder proceder al necesario intercambio de información, bajo las normas y regulaciones de cada nación, con la debida confianza entre todos los países socios, era disponer de acuerdos con aquellas fuentes principales de datos espaciales procedentes de aquellos organismos tanto nacionales como internacionales que dispusieran de ellas.

***En el caso de España, los elementos con que se contaban para elaborar la propuesta nacional fueron una gran colección de observatorios***

Esto si provocó que, entre los años 2014 a 2016, se desarrollasen un gran número de reuniones y actuaciones, en todos los focos de actividad relacionados con esta capacidad, hasta llegar a 2016, en el que la capacidad nacional SST es una realidad conseguida con el esfuerzo de todos los ministerios y departamentos implicados, tal y como se reflejaría en la firma del convenio interministerial para disponer de esta capacidad, donde el rol de Defensa supone una condición inequívocamente necesaria.

Y así, dentro de las actuaciones bilaterales e internacionales que se le requirieron al MINISDEF, una de ellas fue la obtención de un acuerdo de intercambio de datos espaciales con el USSTRATCOM, como una de las entidades que disponen del más alto nivel de información, análisis y prestación de servicio SSA, demandado por toda la comunidad internacional que así lo precisa.

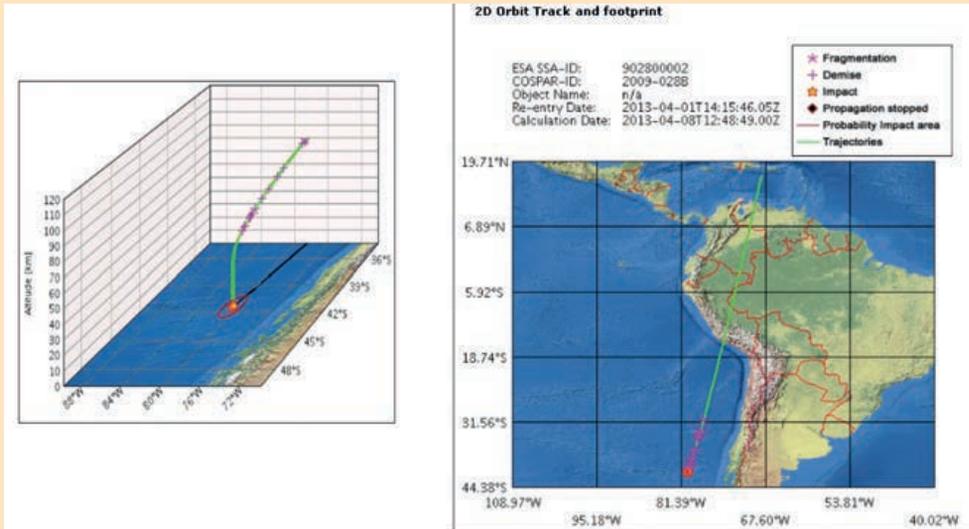
Con la firma de este acuerdo, MINISDEF comienza con un proceso de mayor comunicación entre los responsables directos del MINISDEF, lo que a nivel estratégico se dirigía hacia el EMACON, quien a través del Ejército del Aire, y

*Láser del ROA*



*TFRM del ROA*





*Trayectoria y geolocalización de reentradas*

en concreto a través de la Jefatura del Sistema de Mando y Control del EA, mantiene este contacto y ejerce esta responsabilidad, tal y como aparece en el convenio interministerial.

Y llegamos así a julio de 2016 cuando, gracias a la colaboración del Ejército del Aire con el CDTI, a través de la DGAM, se pudo declarar en operación este servicio desde el Centro de Operaciones SST (S3TOC) para el programa nacional SST (S3T), instalado y operando desde una unidad del Ejército del Aire, dentro del marco de actuaciones nacionales para el Consorcio SST de la Unión Europea.

Ya en el año precedente a esta entrada en operación, los contactos e intercambio de información entre el USSTRATCOM y el CDTI, con el apoyo y mediación del Ejército del Aire, permitió que este fuese invitado formalmente, a través de la DGAM, para formar parte de la delegación de España en el ejercicio Global Sentinel 2017, al que la delegación acudió en calidad de observador.

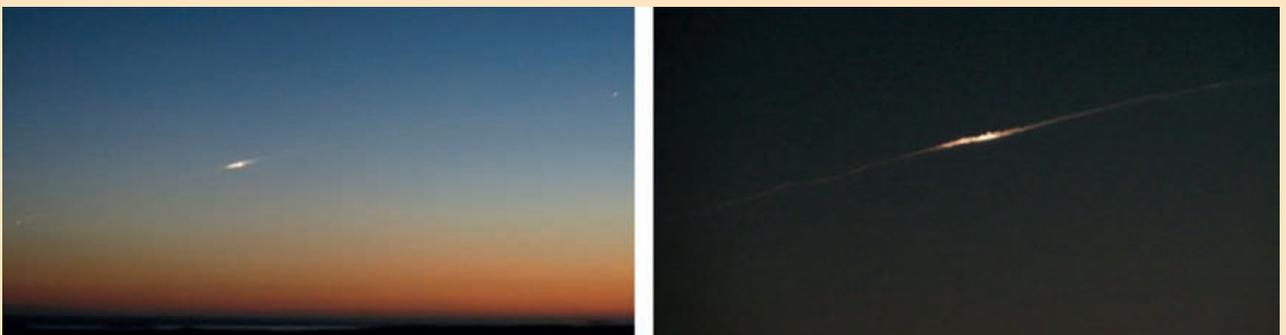
Esta invitación suponía, de un lado, el reconocimiento de España entre el reducido «club» de países cuyos ministerios de Defen-

sa están involucrados en la capacidad SSA y, de otro lado, demostrar al «nuevo chico del barrio» la utilidad de este tipo de ejercicios en cuanto al conocimiento y formación de nuestras Fuerzas Armadas en la faceta militar de SSA, y muy en concreto, para disponer de una mejor comprensión de concepto SST dentro del ámbito de la defensa.

En la antesala de nuevos retos tanto a nivel nacional como en los entorno de la Unión Europea y de la OTAN, el Ejército de Aire, con el apoyo de la DGAM, se ha posicionado como la «faz» militar de esta capacidad nacional SST dual, complementando la faceta civil cubierta por el personal del S3TOC, contratado y dirigido por el CDTI, en lo que supone la piedra angular de esta nueva capacidad.

Con ello, los siguientes pasos que se prevén, se encaminan hacia la consolidación de la capacidad nacional, la caracterización de la faceta de defensa de la misma, y la complementariedad de esta con la capacidad del Ejército del Aire, según se recoge en los artículos que complementan este dossier.

«La inconsciencia sobre el estado de la situación espacial no supone tan solo una amenaza global por sí misma, sino que propicia a los estados y organizaciones criminales que buscan nuevos dominios desde los que proyectar sus acciones maliciosas un escenario de enmascaramiento perfecto para cometer acciones contra la seguridad nacional. La capacidad SSA, y en concreto SST, supone un medio de mitigación ante las amenazas espaciales».



*Reentrada del satélite GOCE. 11.11.2013*