



CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL

**DOCUMENTOS
DE SEGURIDAD Y DEFENSA**

41



**TECNOLOGÍAS DEL ESPACIO
APLICADAS A LA INDUSTRIA
Y SERVICIOS DE LA DEFENSA**



**MINISTERIO
DE DEFENSA**

CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL

TECNOLOGÍAS DEL ESPACIO APLICADAS A LA INDUSTRIA Y SERVICIOS DE LA DEFENSA

Mayo de 2011



MINISTERIO DE DEFENSA

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES
<http://www.publicacionesoficiales.boe.es>

Edita:



NIPO: 075-11-138-5 (edición en papel)

ISBN: 978-84-9781-664-9

Depósito Legal: M-27473-2011

Imprime: Imprenta del Ministerio de Defensa

Tirada: 1.600 ejemplares

Fecha de edición: junio 2011

NIPO: 075-11-139-0 (edición en línea)



Las opiniones emitidas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del © Copyright.

En esta edición se ha utilizado papel libre de cloro obtenido a partir de bosques gestionados de forma sostenible certificada.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
PRÓLOGO.....	7
<i>Por Fernando de la Malla García</i>	
OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO.....	15
<i>Por Fernando Davara Rodríguez</i>	
TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA.....	49
<i>Por Pedro Molinero Sanz</i>	
TECNOLOGÍAS PARA UNA ASISTENCIA SANITARIA GLOBAL: LA TELEMEDICINA.....	69
<i>Por Eduardo Avanzini Blanco</i>	
CONCLUSIONES.....	93
<i>Por Fernando de la Malla García</i>	
COMPOSICIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO.....	95

PROLÓGO

He de agradecer, en primer lugar, la invitación del almirante Rafael Sánchez-Barriga Fernández para presidir un grupo de trabajo y de reflexión sobre el tema «Tecnologías del espacio aplicadas en la industria y servicios de la Defensa».

Esta invitación me proporciona la satisfacción de convocar la valiosa colaboración de personas eminentes que han sido actores importantes, desde sus inicios, de la apertura de España a las tecnologías y aplicaciones del espacio.

No es posible el reencuentro con todos aquellos que han hecho una aportación fundamental en esta materia, en las diversas etapas de su desarrollo hasta la situación actual. Tampoco sería posible ni es objeto de este Documento de Seguridad y Defensa una referencia personal a los mismos. El recuerdo y la sensación del deber cumplido ha de ser, una vez más, el íntimo motivo de satisfacción individual de cada uno.

El interés del hombre por el espacio se remonta a épocas muy lejanas; pero los primeros estudios científicos dirigidos a desarrollar un ingenio capaz de alcanzar el espacio corresponden al físico ruso Konstantin Tsiolkovsky, que, a finales del siglo XIX, diseñó un cohete multifase, propulsado por combustible líquido, que no llegó a realizarse. La primera realización práctica corresponde al norteamericano Robert Goddard, en el año 1926, con un cohete, también de combustible líquido. Apenas existe información sobre estos desarrollos, que inicialmente se vinculaban a la fantasía de algunos científicos y posteriormente al interés militar, preponderante en esta materia hasta la Segunda Guerra Mundial.

No corresponde a nuestro trabajo entrar en el desarrollo de la cohetaría más allá de su reseña como primer antecedente de los estudios y trabajos para la exploración del espacio.

PRÓLOGO

Al poco tiempo de finalizar la guerra, se entabló una dura pugna por el liderazgo entre las dos grandes potencias que dominaban el mundo. En esta pugna, basada en la confrontación de sus respectivas capacidades científica y cultural y de su poderío militar, el espionaje y la propaganda resultaban elementos esenciales. La exploración espacial venía a conjugar estos dos elementos: por un lado, la capacidad acreditada por los avances científicos en esta línea alimentaba la propaganda y por otro se especulaba con la posibilidad también de espiar al otro país desde pretendidos satélites artificiales.

Todo ello justifica que, en esta época de la llamada guerra fría, se estableciera entre las dos potencias la «carrera espacial», que para Estados Unidos y la Unión Soviética presentaba un valor estratégico muy importante en diversos aspectos: científicos, políticos, económicos y especialmente militares.

Hay quien señala el origen histórico de la «carrera espacial», propiamente dicha, en una propuesta lanzada a todos los países, en octubre de 1954, por el Consejo Internacional de Uniones Científicas para la construcción de satélites artificiales, con el fin de obtener la información necesaria para llevar a cabo el diseño de un mapa completo de la superficie terrestre. Esta iniciativa científica fue naturalmente recogida como un reto por Estados Unidos y la Unión Soviética.

Aunque en esas fechas la posibilidad de satélites artificiales se basaba simplemente en estudios científicos, este mismo Consejo, dos años antes, había establecido lo que designó como Año Geofísico Internacional, desde el 1 de julio de 1957 al 31 de diciembre de 1958, durante el cual las condiciones para el lanzamiento de posibles satélites serían especialmente favorables, por la evolución de la actividad solar.

Es la Unión Soviética quien sorprende al mundo con el lanzamiento y puesta en órbita del primer satélite artificial, el Sputnik I, en octubre de 1957, lanzado con el R7, diseñado para transportar misiles balísticos. Estados Unidos llegaron tres meses más tarde, en enero de 1958, con el Explorer I, después de un primer intento fallido del proyecto Vanguard.

Hemos visto que la primera utilidad que se asignó a los satélites artificiales fue la observación de la Tierra. No obstante muy pronto se pensó en las comunicaciones y esta vez el primer éxito lo registran Estados Unidos, con el Score, lanzado el 18 de diciembre de 1958, que reenvió un mensaje de Navidad del presidente Eisenhower al mundo.

La pugna por la «carrera espacial» se mantiene durante aproximadamente dos décadas, ampliándose con los objetivos de enviar un hombre al

PRÓLOGO

espacio y de colocar un astronauta en la Luna. En poco más de una década, este escenario, que se presentó de la mano de las telecomunicaciones, se convierte en referencia y soporte para un número creciente de utilidades que alcanzan hasta aplicaciones domésticas y de ocio.

La Aeronáutica significó una revisión profunda de los conceptos de espacio y tiempo, en los principios del siglo XX, proporcionando al hombre la facultad de desplazarse realmente y de forma controlada en la tercera dimensión, con lo que se satisface el anhelo ancestral del ser humano por volar, que se manifiesta en expresiones artísticas y en estudios y predicciones científicas desde la más remota antigüedad y está presente incluso en la mitología.

De modo semejante, las tecnologías del espacio significan la aparición de un nuevo escenario a disposición de la humanidad. Este escenario, inimaginable por generaciones anteriores y que supera las más ingeniosas previsiones del hombre; se está implantando sin estridencias y se extiende hasta las más simples actividades y servicios de la vida cotidiana, con el desarrollo frenético de las tecnologías de la Sociedad de la Información, a un ritmo sin precedentes en ninguna de las grandes evoluciones que ha experimentado la humanidad a lo largo de la Historia, arrastrada por anteriores descubrimientos revolucionarios.

Analizando detenidamente el fenómeno, no resulta difícil su explicación y, lejos de ser sorprendente, parece más bien la consecuencia evidente del hecho de haber llegado a situar, mantener y controlar satélites en el espacio, que constituyen un tipo singular de puntos de apoyo y de referencia. Podríamos repetir aquí el razonamiento que Arquímedes aplicaba a la palanca:

«Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo.»

Cuando el hombre consiguió situar un satélite artificial en órbita, hace más de 50 años, comprobando seguidamente el cumplimiento de las previsiones de la Física clásica sobre el movimiento de las ondas electromagnéticas, en el espacio libre, que, en efecto, podían llegar al mismo y regresar a la Tierra en tiempos muy cortos, se había alcanzado lo que podríamos llamar un «punto de apoyo», aplicable, en este caso, para toda la gama de frecuencias de radiaciones electromagnéticas.

Este punto de apoyo singular, sirviendo de punto de reflexión de las ondas electromagnéticas, permite superar las limitaciones de alcance de las radiaciones entre dos puntos de la superficie terrestre, siguiendo un

PRÓLOGO

procedimiento similar al empleado por los físicos de la Antigüedad con la reflexión en espejos.

En efecto, las limitaciones, debidas a la pérdida de energía en el movimiento a través de la atmósfera y a la curvatura de la Tierra, se soslayan con la emisión de la radiación a un satélite de apoyo y su reflexión en el mismo hacia el destino receptor seleccionado. Todo ello, como se ha dicho, con base en las leyes de la Física general, que mantienen su total vigencia.

Esta explicación, aunque elemental y sencilla, nos lleva a entender el fundamento de todas las aplicaciones prácticas de las tecnologías del espacio, que podemos concretar en un concepto general:

«Las aplicaciones clásicas de tecnologías basadas en la transmisión de radiaciones electromagnéticas son susceptibles de adaptación al nuevo escenario que proporcionan las tecnologías del espacio, en el que quedan superadas las limitaciones que impone la distancia en el medio de propagación atmosférico-terrestre.»

Entre las aplicaciones genéricas podemos citar: todo tipo de comunicaciones (audio, imagen, datos y señales, en general); la ubicación, localización y seguimiento de un punto en la superficie de la Tierra, utilizando conceptos clásicos de topografía, geodesia y navegación y con el apoyo de varios satélites en el espacio; observación y captación de imágenes y señales de la Tierra o del espacio desde satélites y transmisión de estas imágenes y señales a la Tierra; telecontrol y teleguiado; etc.

No parece oportuno y sería innecesariamente prolijo reseñar las aplicaciones específicas de todo tipo que se derivan de estas aplicaciones genéricas, como sería, por ejemplo, la meteorología. Los ponentes de este grupo de trabajo tratan con la profundidad y extensión adecuadas sus respectivos temas, con los que se ha pretendido abordar los aspectos de mayor interés y actualidad para el estudio que nos ha sido encomendado.

Los nuevos escenarios y las capacidades que proporcionan las tecnologías del espacio representa una potenciación trascendental de la eficacia de los medios de seguridad y defensa, que afecta a la casi totalidad de sus actividades. La capacidad de obtener y transmitir información de todo tipo y en cualquier lugar, sin límites fronterizos y con discreción, ha significado cambios fundamentales tanto en los conceptos como en los planteamientos estratégicos y en las operaciones.

No cabe hacer referencia a la existencia de una industria específica de defensa, consecuencia de las nuevas tecnologías del espacio. En realidad

PRÓLOGO

estamos tratando aquí del ejemplo más claro de las llamadas «tecnologías de doble uso» y en este caso es así desde su origen en todo el mundo.

En efecto, como prácticamente en todas las tecnologías de vanguardia, la investigación del espacio se ha desarrollado, tanto en España como en otros países por el impulso de la defensa. Que asume y justifica las grandes inversiones necesarias. También es cierto que todo ello se reviste habitualmente con una capa de motivaciones científicas o de utilidad civil, que parece presentan mejor imagen.

En el campo tecnológico-industrial del espacio podemos pensar que, sin la iniciativa e impulso inicial de la defensa, no se habrían desarrollado los primeros estudios y experiencias en el mundo.

Recordemos, en el caso de España, el satélite INTASAT, cuyo desarrollo comenzó en el año 1968 y fue lanzado al espacio el 15 de noviembre de 1974, con «justificación» científica y con iniciativa y fondos del entonces Ministerio del Aire. Este satélite permaneció en vida útil en el espacio por dos años y proporcionó información de la ionosfera y de rayos gamma que fueron considerados de gran interés por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio norteamericana.

Una vez que se ha iniciado el camino y tras los estudios y experiencias impulsados por la defensa, se van presentando aplicaciones civiles, cuya importancia empieza a valorarse y, a partir de ahí, son criterios de rentabilidad económica y oportunidad política los que justifican y hacen posible el desarrollo industrial específico de esas tecnologías, mucho más favorable cuando se conjugan con los intereses de la defensa.

De este modo, refiriéndonos nuevamente a España, años más tarde, se llevó a cabo el desarrollo y construcción del primer satélite HISPASAT. En este caso, la iniciativa del proyecto, quizá por oportunidad política, fue del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Los intereses económicos y de defensa contribuyeron conjuntamente a la viabilidad del proyecto.

Los conocimientos, la experiencia y la ingeniería adquiridos por el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial con el INTASAT, permitieron a este Instituto del Ministerio de Defensa liderar el proyecto, que se inició en junio de 1989. De este modo, en un tiempo récord, el satélite fue lanzado el 11 de septiembre de 1992. Sus utilidades eran: televisión analógica y digital y comunicaciones gubernamentales y de seguridad y defensa. El llamado módulo gubernamental dispuesto en el satélite para las comunicaciones de seguridad y defensa, generó la necesidad de una infraestructura e instalaciones en tierra para el servicio de dicho módulo. El desa-

PRÓLOGO

rollo de esta infraestructura e instalaciones, que constituyen el segmento terreno de HISPASAT, específico para este módulo, se llevó a cabo con el Programa tecnológico-industrial SECONSAT, contratado a la empresa Indra Espacio.

Si bien, como indicábamos anteriormente, no existe propiamente una industria específica de defensa para tecnologías del espacio, como consecuencia de la necesidad de introducir en el armamento y material los elementos y adaptaciones necesarios para la aplicación del extenso campo de utilidades de estas tecnologías de doble uso, las empresas del espacio desarrollan gran variedad de proyectos para defensa.

Estos proyectos, en muchos casos deben incorporar peculiaridades específicas, con el fin de asegurar la eficacia de los sistemas incluso en situaciones potencialmente hostiles. También, en muchos casos, algunos elementos para el material de defensa y de seguridad deben estar especialmente reforzados o protegidos para situaciones de campaña y ambientes agresivos.

Asimismo, se llevan a cabo, con la necesaria reserva, proyectos y desarrollos de sistemas de defensa destinados a interferir, interceptar o desorientar en alguna forma el soporte espacial para las actividades del enemigo, con el fin de dificultar o anular su eficacia. Esto viene a ser un paso más allá de las clásicas contramedidas electrónicas, como consecuencia de las nuevas capacidades.

Los satélites para uso exclusivo de defensa, así como los módulos para usos gubernamentales y de defensa incluidos en satélites mixtos, tienen especificaciones propias.

Con estas pinceladas elementales, expuestas en los párrafos precedentes, pretendemos simplemente presentar en su justa medida la proyección de las tecnologías del espacio sobre la industria de defensa o, más bien, los desarrollos y actividades industriales necesarios para los servicios de defensa basados en las tecnologías del espacio.

Como indicábamos anteriormente estos servicios configuran un campo de aplicaciones muy amplio, que, por otra parte, se encuentra en crecimiento y evolución constante, lo que exige la actualización permanente de todas las aplicaciones.

El grupo de trabajo se ha constituido, por ello, con personas eminentes cuya actividad profesional, plenamente vigente, garantiza que el desarrollo de los respectivos temas de su ponencia nos pondrá en contacto con la situación actual de los mismos y de las actividades correspondientes.

PRÓLOGO

La rápida evolución de las tecnologías del espacio, nos ha permitido reunir, en todos los casos, en la misma persona, los conocimientos actualizados sobre cada tema, junto con la experiencia de su actividad profesional en los mismos, prácticamente desde su origen y a lo largo de su desarrollo.

Tratando de cubrir con nuestras reflexiones en este trabajo la mayor parte del campo de aplicaciones de las tecnologías del espacio para los sistemas de defensa, se presentarán en los siguientes capítulos tres ponencias sobre temas que abarcan áreas diferenciadas; pero que, en su conjunto, permiten configurar un estudio coherente del tema general, al que se ha considerado oportuno aportar una breve introducción histórica en este prólogo.

Con ello, pretendemos cumplir el objetivo marcado para estos grupos de trabajo, que finalmente se concreta en la elaboración de un texto breve y, sin embargo profundo, para la colección de Documentos de Seguridad y Defensa, que pueda contribuir a orientar una primera reflexión y análisis sobre el asunto a quienes se acerquen a consultarlo. Análisis que, en todo caso, deberá ubicarse en la fecha en que está redactado este Documento.

FERNANDO DE LA MALLA GARCÍA
General de brigada del Ejército del Aire

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

Introducción

Han transcurrido más de 50 años desde la puesta en órbita del primer satélite artificial, *Sputnik 1* y en este periodo el espacio se ha popularizado gracias al desarrollo y explotación de una amplia gama de tecnologías, propias de la Sociedad de la Información en la que estamos inmersos, cuya extraordinaria evolución las ha convertido en motor de numerosas actividades, aplicaciones y servicios.

Entre las más destacadas se encuentran las relativas a los denominados satélites de observación de la Tierra, con los que nos encontramos familiarizados por las previsiones meteorológicas o por las «imágenes de satélite» que suelen aparecer en los medios, sin olvidar la ayuda inestimable que prestan para conocer mejor nuestro planeta, prevenir catástrofes y optimizar el uso de los recursos terrestres y marítimos.

Como en toda obra humana de importancia, el espacio se ha explotado también para aplicaciones militares; poco tiempo después del lanzamiento del *Sputnik*, Estados Unidos pusieron en órbita su primer satélite de reconocimiento fotográfico (el *Discoverer 14* en el año 1960) hecho que puede considerarse el inicio de la actividad en este dominio de la observación desde el espacio, continuado por el lanzamiento y utilización de una gran cantidad de satélites militares de vigilancia y reconocimiento, alerta temprana, etc.

Desde entonces se han producido avances espectaculares caracterizados por el de aumento significativo de los medios espaciales y de las posibilidades y capacidades que ofrecen a los usuarios, así como por la multiplicación de los posibles papeles a jugar en los variados escenarios donde desarrollar nuevas misiones en apoyo a diversas políticas (medioambientales, económicas y sociales) para hacer frente a diferentes conflictos y amenazas.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

Tales avances se traducen en una creciente demanda de servicios espaciales, que permiten a los diferentes sectores implicados abordar ambiciosos proyectos con continuos logros en investigación, desarrollo e innovación, de utilidad también en el denominado espacio militar que ha experimentado un considerable incremento en medios y aplicaciones, ampliando su ámbito de actuación al adaptarse de forma paulatina a los nuevos desafíos derivados de los modernos conceptos de la seguridad y la defensa.

Hoy en día el espacio civil y el de defensa se han aproximado bastante, hasta casi solaparse en algunos dominios. Sin embargo, es habitual escuchar cómo al hablar de tecnologías espaciales se hace referencia solamente a aquellas propias de los satélites civiles, diferenciándolos de sus homólogos dedicados a aplicaciones de defensa, que parecen relegados a sectores exclusivos de industrias y servicios de determinadas agencias.

Asimismo, al referirse a dichas tecnologías existe una cierta confusión pues, aparentemente, el adjetivo espaciales las limita a aquellas que se sitúan en órbita, con la consiguiente pérdida de oportunidades que pueden encontrarse en aplicaciones y servicios terrestres, como es el caso de la observación de la Tierra, dominio donde las tecnologías espaciales han encontrado una importante veta a explotar por industrias y proveedores de servicios, uno de cuyos ejemplos más característicos son los denominados Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Con objeto de aportar alguna luz para aclarar tal indeterminación, en los siguientes apartados trataremos de aproximar al lector a las múltiples aplicaciones que las tecnologías espaciales ofrecen a la industria y servicios de la defensa.

Sistemas espaciales adecuados a los nuevos conceptos de seguridad y defensa

La evolución hacia nuevos conceptos de seguridad y defensa ha favorecido que se ponga en evidencia la dimensión estratégica del uso del espacio y de sus variados dominios de aplicación en los diversos escenarios susceptibles de presentarse a corto plazo. Hoy en día los medios espaciales constituyen una herramienta indispensable por su capacidad de obtener y difundir información de forma repetida y en cualquier lugar, su carácter global y no agresivo y su libertad para franquear fronteras con total independencia, con discreción y en el estricto respeto de las leyes internacionales.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

Desde una perspectiva de explotación de las capacidades que puede proporcionar el espacio en seguridad y defensa se debe hacer uso del término en un sentido amplio que incluye el medio físico, los sistemas espaciales y sus componentes, incluyendo los situados y utilizados en tierra, así como las aplicaciones y servicios que pueden proporcionar en apoyo de las estrategias comunes y de la tarea de alcanzar sus objetivos.

En este contexto, el espacio de seguridad y defensa está integrado por los siguientes componentes:

- Sistemas espaciales.
- Infraestructuras.
- Aplicaciones y servicios de valor añadido.

Todos ellos ofrecen una amplia gama de oportunidades para el desarrollo de tecnologías aplicables en la industria y servicios de la defensa.

Observación de la Tierra

Los diferentes sistemas espaciales se diferencian entre sí según las capacidades que pueden proporcionar. Así es habitual clasificarlos en las familias de:

- Comunicaciones.
- Observación (de la Tierra y del espacio).
- Navegación.
- Meteorología.
- Geodesia.
- Acceso al espacio (lanzadores).

En lo que respecta a este *Documento de Seguridad y Defensa* la atención se centra en los Sistemas de Observación de la Tierra, EO, de su denominación en inglés (*Earth Observation*), que pueden definirse como aquellos que adquieren y proporcionan datos (radiación e imágenes) de áreas concretas en cualquier lugar de la superficie de la Tierra.

Arquitecturas de los Sistemas de EO

En el caso de los Sistemas EO por medio de satélites existe una relativa unanimidad en su diseño que se traduce en la presencia de unos componen-

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

tes comunes a casi todas las arquitecturas, a los que es necesario agregar otras funcionalidades como procesamiento, archivo y catálogo de los datos y la interfaz de usuarios, figura 1.

Prácticamente todos los sistemas espaciales, con independencia de su tipo o familia, se describen generalmente en términos de dos grandes grupos de componentes, denominados segmento espacial y segmento terreno, o terrestre.

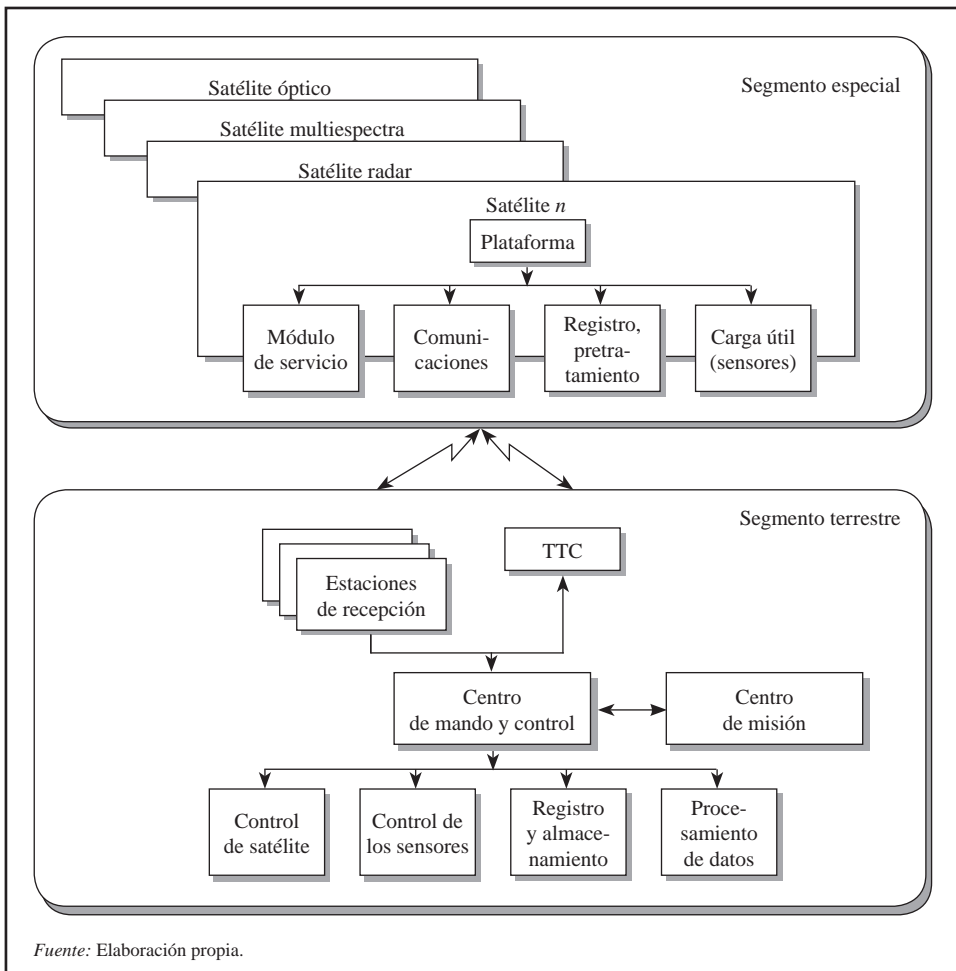


Figura 1.- Arquitectura general de un EO por satélite.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

Segmento espacial, constituido por un satélite o una constelación de ellos situados en la misma órbita o en varias diferentes.

Segmento terreno, integrado por los medios de enlace correspondientes y las estaciones de control de los satélites, uno o varios centros de recepción, así como componentes de gestión de la misión y preparación de los datos.

En algunos sectores relacionados con este tipo de sistemas se considera que el segmento espacial está integrado, además de por uno o varios satélites en órbita, por los medios de enlace correspondientes y las estaciones de control de la plataforma y de su carga útil.

Los satélites, independientemente de su número, estarán integrados por los elementos destinados a albergar todos los equipos y asegurar las funciones necesarias para su buen funcionamiento, denominados conjuntamente como plataforma, y por una carga útil o de pago (sensores, cadena de pretratamiento y medios de registro y transmisión) que obtiene los datos, los almacena y transmite a tierra.

Los centros del segmento terreno son los encargados de mantener a los satélites en órbita, programar la misión, recepción de los datos desde los satélites, almacenarlos, corregirlos, restaurarlos y procesarlos.

Sus principales funciones son las siguientes:

- Controlar al satélite así como a los componentes del segmento terrestre.
- Preparar y ejecutar las órdenes necesarias para operar el segmento espacial y mantenerlo bajo control.
- Planificar la misión, programando adecuadamente la obtención de los datos por parte de los sensores.
- Recibir datos de los sensores de los satélites (Telemetría) y procesarlos para obtener productos a distintos niveles.
- Almacenar datos y productos.
- Gestionar las peticiones de los distintos usuarios de los productos.
- Una de las características fundamentales de este tipo de sistemas es que la relación con los usuarios se hace normalmente por intermedio de proveedores, comerciales o propietarios, o directamente, pero sólo en sistemas dedicados, lo que dificulta la difusión abierta de los datos, así como también la utilización de aplicaciones y servicios de información espacial.

Por esta razón, en el ámbito de este *Documento de Seguridad y Defensa*, se estima que a las tecnologías propias de estos dos componentes deben añadirse también aquellas que facilitan la explotación de los datos obtenidos por medio de aplicaciones y servicios de valor añadido.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

SENSORES

Uno de los errores más frecuentes al referirse a los datos obtenidos por sensores de Sistemas EO proviene de expresiones utilizadas habitualmente como «imágenes de satélite» o «imágenes vía satélite» que no parecen expresar claramente cuál será el tipo de producto a obtener, tanto por el usuario final, como en pasos intermedios.

Con objeto de esclarecer el real significado del término utilizaremos una definición que proviene del dominio experto, donde se hace referencia a la Percepción Remota, RS (*Remote Sensing*), o Teledetección, que se define como:

«La utilización de sensores especializados para obtener información remota de objetos del mundo real sin tener contacto con ellos, detectando, grabando y transmitiendo la energía electromagnética reflejada o emitida por ellos para conocer sus propiedades (posición, atributos, etc.) y sus relaciones espaciales.»

La particularidad de obtener la información de forma remota exige una gran distancia entre sensor y objeto, que conduce a situar a aquéllos en plataforma elevadas, caracterizadas en el ámbito de este documento por los denominados satélites de observación de la Tierra, figura 2.

Otros términos de la definición hacen referencia a un componente fundamental y diferenciador de este proceso, como es la Radiación Electromagnética (REM), a medir por los sensores, que puede provenir de la radiación solar o de otras fuentes de REM (por ejemplo, calor o radar). Esta relevancia determina que los sistemas de RS se califiquen habitualmente por medio del espectro electromagnético, de acuerdo con el rango de longitud de onda (*lambda*) utilizado.

Cada uno de ellos está dominado por un modelo específico de interacción entre la REM y la superficie de los objetos, de forma que, si el sensor obtiene esta radiación, el tipo de interacción codificado en los datos detectados permitirá conocer una serie de características propias y singulares de cada objeto o zona de la superficie terrestre, las cuales, después del subsiguiente procesamiento y análisis, proporcionarán el valor añadido de las imágenes, figura 3.

De esta forma se diseñan y utilizan sensores sensibles a zonas concretas del espectro: los denominados visibles, que detectan radiación correspondiente a las longitudes de onda que «ve» el sensor del ojo humano, donde

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

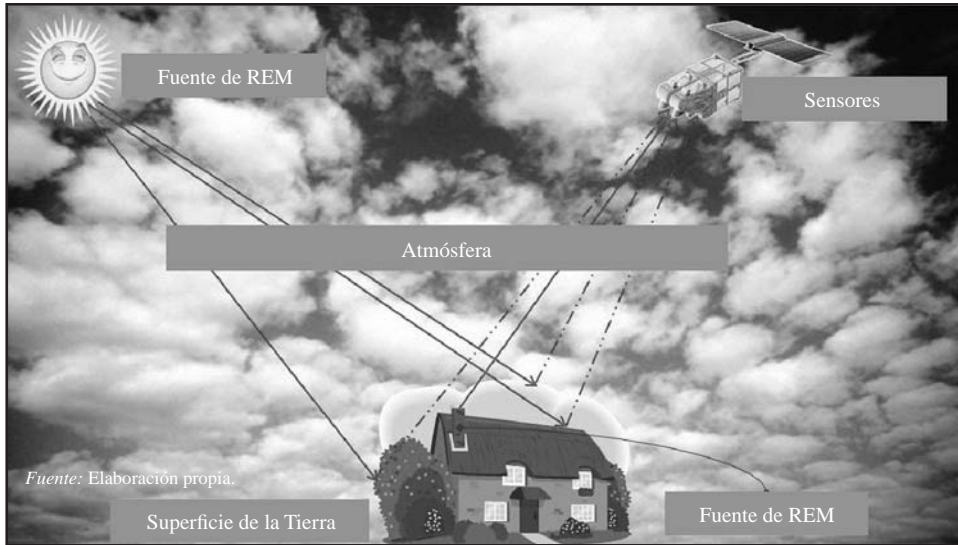


Figura 2.– Modelo general (componentes) del proceso de obtención de datos de la Tierra por medio de RS.

se incluyen los colores que podemos percibir (existen otros colores que no vemos), los correspondientes a la región de infrarrojos del espectro y los de hiperfrecuencias, entre las que se incluyen los sensores radar.

Existen a su vez otros sensores destinados a medir una determinada propiedad o característica, como altímetros, difusómetros, espectrómetros o

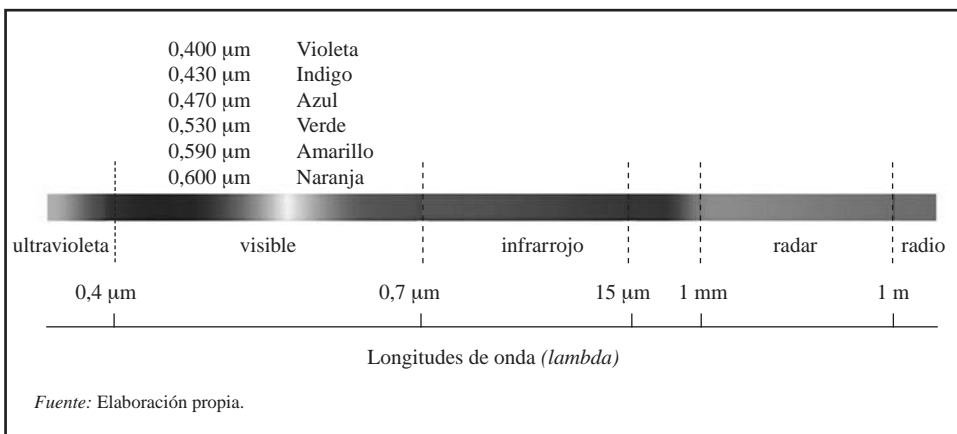


Figura 3.– Espectro electromagnético.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

radiómetros, cuya aplicaciones son de importancia pero de menor utilización en el dominio abarcado por este capítulo.

Sintetizando todo lo expuesto, de acuerdo con la definición anterior, se concluye que una imagen o escena de satélite es un conjunto de datos obtenidos por sensores remotos que conforman un producto digital (numérico) representado por una matriz de puntos cada uno de los cuales (*pixel*) contiene la información de su posición, así como de otros atributos que corresponden a las medidas de energía electromagnética que califican a los objetos detectados en la superficie terrestre.

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Las modernas aplicaciones comerciales y servicios de datos procedentes de sensores de observación de la Tierra permiten también su utilización en el ámbito de la seguridad y defensa, en determinadas circunstancias que se expondrán posteriormente. En consecuencia actualmente es posible disponer y explotar información procedente tanto de satélites, propios o dedicados, como de otros sistemas comerciales, con el resultado de disponer de una oferta cada vez más amplia y diversificada.

Tal disponibilidad obliga a conocer las múltiples características de los sensores, no solamente la zona del espectro electromagnético en las que trabajan, así como de las plataformas que los transportan con objeto de disponer de los datos más adecuados que respondan a las necesidades de información.

En consecuencia es necesario disponer de diferentes criterios que ayuden a seleccionar tales datos, teniendo en cuenta que una imagen de satélite no es más que un conjunto de datos obtenidos y agrupados de una forma característica, cuyo interés es relativo sino van acompañados de otros factores, como el tipo de sensor, fecha de obtención, etc.

Desafortunadamente, es habitual orientar la obtención de datos haciendo uso de una única característica basada en el parámetro conocido «vulgarmente» como resolución (expresada en metros), de forma que es frecuente leer o escuchar frases como:

«Para nuestras necesidades de información necesitamos satélites de resolución menor de cinco metros» o también «dos metros de resolución no es suficiente, nosotros necesitamos alta resolución centimétrica.»

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

Estas y otras expresiones similares son una forma errónea de expresar que la calidad de un sensor depende de su capacidad para permitir detectar aquellos objetos de tamaño superior a la cantidad métrica expresada, conclusión muy restrictiva pues se ignoran otros parámetros de importancia para determinar las posibilidades de cada uno de los sensores. Una costosa imagen de resolución centimétrica no representa un gran valor si no puede recibir un tratamiento y análisis enfocado hacia una aplicación determinada; por el contrario una imagen de resolución kilométrica puede ser de gran utilidad en múltiples tipos de casos.

En definitiva, debe descartarse la utilización de este tipo de criterio de selección, pues además de conducir a una elección inadecuada de los datos, también conlleva un mal uso de recursos de todo tipo, no solamente financieros.

La adopción de un enfoque de selección de imágenes ha de hacerse considerando que los datos, además de su naturaleza espacial, tienen también otras, espectral y temporal, que crean relaciones unívocas entre la radiación medida, las zonas y campos de obtención, relaciones entre objetos, etc., cuyo conjunto establece una clara diferencia entre las imágenes.

No puede por tanto utilizarse solamente una de ellas; en cada caso deben tenerse en cuenta todas esas naturalezas, conociendo que hay otras resoluciones además de la espacial o métrica, anteriormente mencionada, que cada una de ellas será de importancia, dependiendo de la aplicación, así como la existencia de otros parámetros que también deben considerarse.

Con relación al primer parámetro, la resolución, el término implica, al menos, cuatro elementos:

1. Resolución espectral, que determina el rango de detección o la parte del espectro que capta el sensor; se define por el número y ancho de las bandas espectrales que puede discriminar. Por tanto la calidad del sensor será mejor cuanto más bandas proporcione y más estrechas sean.
2. Resolución radiométrica, que expresa la sensibilidad del sensor, es decir su capacidad para detectar variaciones de la radiación que recibe. Se define como la respuesta del sensor dentro de un ancho de banda que le permite distinguir entre dos objetos próximos y diferentes.
3. Resolución espacial, aquella que normalmente se utiliza como concepto único de resolución; determina el tamaño del objeto más pequeño que se puede detectar en una imagen.
4. Resolución temporal, o periodicidad de obtención de imágenes sobre la misma zona, o punto, de forma repetitiva y con breves retrasos;

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

suele denominarse tiempo de revisita, frecuencia de cobertura o permanencia de la observación.

Existen además otros criterios de selección de datos entre los que para el dominio de seguridad y defensa destacamos los siguientes:

- Criterios relacionados con el propio sistema, como la zona abarcada por una escena (por los problemas derivados de la creación de mosaicos o de formato de los datos, etc.) o los días y horas de paso del satélite por la zona a observar.
- Criterios relativos a restricciones naturales, tales como la cobertura de nubes, existencia de nieve o hielos (por la dificultad de interpretación), estación del año o la naturaleza del terreno (desierto, mares y océanos, accidentado, etc.)
- Criterios relativos a los productos a proporcionar por el sistema, como disponibilidad (históricos, en catálogo o a demandar), nivel de pretratamiento deseado, formato de los datos, retrasos de adquisición, producción y diseminación o facilidad de adquisición, actualización y procesamiento.

Como conclusión de este apartado se recomienda que para poder utilizar las aplicaciones y servicios a exponer posteriormente, de forma adecuada para dar respuesta a las modernas necesidades de la defensa, se tenga en cuenta toda la variada gama de sistemas, sensores, datos, etc., tanto civiles como gubernamentales o dedicados, cuya selección y utilización debe basarse en criterios habituales como disponibilidad, eficacia, utilidad y optimización de recursos.

VENTAJAS

La utilización de satélites de observación de la Tierra para seguridad y defensa no presenta ventajas únicamente para los potenciales usuarios sino también para una amplia gama de proveedores de tecnología, aplicaciones y servicios, dado que este tipo particular de sistemas es uno de los medios más característicos y utilizados de los que proporcionan datos e información.

Esta amplia utilización se deriva de sus indudables cualidades entre las que destacan:

- Cobertura global y repetida de la superficie terrestre; por medio de este tipo de satélites se pueden obtener imágenes periódicas de la

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

- mayor parte de la Tierra, incluso de zonas inaccesibles para otros medios.
- Amplio campo de visión y posibilidad de obtención de áreas de gran extensión.
 - Respeto a las leyes internacionales, siendo posible obtener datos sin permisos ni avisos previos y sin contacto físico, evitando entrar en los territorios observados.
 - Obtención también de datos sobre diversas regiones del espectro electromagnético.
 - Rapidez en el acceso a la información, con posibilidad de actualizar periódicamente dicha obtención.
 - Homogeneidad de los datos; se puede disponer de datos actuales y de archivo de un mismo sensor y de prácticamente toda la Tierra.
 - Datos y métodos de procesamiento numéricos (digitales) que permiten utilizar todas las ventajas de la Geomática en diferentes sistemas y en combinación con otros tipos de datos.

La observación de la Tierra para la seguridad y defensa en España y en la Unión Europea

PROGRAMAS ESPAÑOLES

España es una de las naciones pioneras en la utilización de la observación de la Tierra desde el espacio con fines de defensa; el año 1988 se decidió participar junto con Francia e Italia en el Programa HELIOS, cuyo objeto era desarrollar, poner en órbita y operar un sistema militar de observación por satélite.

Comenzó así un largo periodo de estudios y desarrollos, donde se acumuló una gran experiencia en este tipo de proyectos, que culminó en julio de 1995 con el lanzamiento y puesta en órbita del primer satélite, *Helios IA*, primero de la serie que durante estos años ha constituido el Sistema HELIOS, todavía operativo en nuestras Fuerzas Armadas. Situado a una altura de unos 700 kilómetros, transporta una carga útil dotada de un sensor óptico visible con una gran resolución espacial en comparación con la que se disponía en la época con satélites civiles.

En el año 1999 se completó la serie al poner en órbita y utilizar los datos del segundo satélite, *Helios IB*, que complementaba al anterior, me-

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

porándolo en cuanto a su capacidad de almacenamiento y la flexibilidad de descarga de datos.

El Sistema HELIOS fue innovador al presentar la característica diferenciadora de su utilización conjunta entre los tres países cooperantes, con una infraestructura propia de cada uno de ellos integrada en otra común, diseñada para programar y acceder a los datos que proporcionan los satélites, tanto de forma conjunta como individual. Este modelo, muestra de la voluntad de cooperación en materia de defensa, es el que se utiliza actualmente al diseñar y explotar los sistemas espaciales europeos en cooperación.

Asimismo el sistema ha permitido en estos años adquirir una gran experiencia, obtenida en sus inicios por un grupo reducido de profesionales de los tres Ejércitos, bajo el control operativo del Estado Mayor de la Defensa y el apoyo técnico del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, que ha proporcionado los conocimientos y capacidades necesarias para poner en marcha y operar los sucesivos programas que le han sucedido o se encuentran en fase de definición y desarrollo, a la vez que ayudó a los organismos tecnológicos e industrias españolas a situarse en un primer nivel de competitividad en este dominio.

Al Sistema HELIOS I le sucedió HELIOS II, en el que también participa España, esta vez junto a Francia y Bélgica, país este último que sustituyó a Italia. En diciembre de 2004 se puso en órbita el satélite *Helios II* que, al igual que los *Helios I*, se encuentra en una órbita heliosíncrona (o sincronizada con el Sol) y cuasi polar, a unos 700 kilómetros de altura, permitiendo abarcar toda la superficie de la Tierra y acceder a cualquier punto de ella en menos de cuatro días.

Este satélite mejoró sensiblemente a los dos anteriores tanto en su capacidad de almacenamiento o de descarga selectiva de datos, como en su resolución, precisión de localización y capacidad multiespectral, al estar dotado de una instrumentación que incorpora sensores ópticos que trabajan en la zona visible del espectro electromagnético y otros de alta resolución e infrarrojo.

En la actualidad se está operando un sistema integrado por uno de los dos satélites *Helios I*, dado que el otro llegó al final de su vida útil, y el *Helios II*, continuando la utilización conjunta, para lo que se adaptaron convenientemente los diferentes elementos de la infraestructura del segmento terrestre del sistema, siendo responsable del control operativo de la componente española el Estado Mayor de la Defensa.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

Con el objetivo de seguir ampliando nuestra capacidad operativa en este dominio, en los últimos años se han tomado algunas decisiones importantes entre las que destacan la decisión de participar en el Programa Pleiades o el Acuerdo-Marco firmado el 26 de julio de 2007 entre los ministros de Industria y Defensa para desarrollar un Programa Nacional de Observación de la Tierra por satélite.

En el primer caso, se ha acordado la participación española en el Programa francés Pleiades, futuro sistema dual de observación de la Tierra que dispondrá de dos minisatélites ópticos de alta resolución espacial, inferior al metro, un multiespectral y un infrarrojo, el primero de los cuales se pondrá en órbita previsiblemente a finales del año 2010 y el segundo a mediados del año 2011.

Respecto al Acuerdo-Marco del Programa Nacional español antes mencionado, contempla el desarrollo, la puesta en órbita y la explotación de dos satélites con sensores diseñados según las dos tecnologías actuales de la observación espacial, óptica y radar, financiados conjuntamente por ambos Ministerios, con una previsión de operatividad para el año 2014.

Uno de los satélites, al que se denominará *Ingenio*, dotado con sensores ópticos, será financiado y gestionado por el Centro por el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI) del Ministerio de Industria en el marco de la contribución de España a la Agencia Europea del Espacio (ESA). Sus principales beneficiarios serán usuarios civiles, pero, por la complementariedad de las tecnologías de ambos satélites y la especial característica de ser un sistema propio, sus datos podrán utilizarse también para aplicaciones de seguridad y defensa, cuando así se considere necesario.

El segundo satélite, denominado *Paz*, que llevará a bordo sensores radar, será financiado y gestionado por el Ministerio de Defensa. Al igual que el anterior este satélite está destinado a satisfacer las necesidades de información de un sector específico, en este caso el de seguridad y defensa, pero asimismo podrá utilizarse en otras aplicaciones civiles.

Con este diseño, ambos satélites podrán ser utilizados de forma específica por cada uno de los sectores para los que han sido proyectados, pero también podrán serlo con carácter conjunto, proporcionando así la capacidad de responder al concepto moderno de utilización de estos medios espaciales, el conocido como «uso dual».

Con la decisión de poner en marcha el Programa Nacional de Observación de la Tierra se posibilita alcanzar el objetivo de disponer de un sistema que abarque las dos tecnologías (óptico y radar) y además orientado

al mencionado «uso dual», lo que supone un gran avance en este tipo de medios. Dado que los países europeos que en la actualidad disponen de recursos de estas características, o los tienen en proyecto, sólo contemplan una de las dos tecnologías, puede afirmarse que este Programa convierte a España en el primer país de la Unión Europea que trata de dotarse de un sistema espacial que abarque las dos tecnologías complementarias.

De esta forma, con la participación en *Helios (I y II)*, la futura en Pleiades y el acuerdo de desarrollar el Programa Nacional de Observación de la Tierra, España dispone, y se asegura la disponibilidad en los próximos años, de una valiosa fuente de información, fiable, segura y de precisión que proporciona una gran capacidad de visión estratégica desde el espacio, tanto en cooperación como con autonomía e independencia.

Capacidades europeas; Centro de Satélites de la Unión Europea e iniciativa GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*)

Un elemento de importancia en el espacio de seguridad y defensa en Europa es el Centro de Satélites de la Unión Europea, EUSC (*European Union Satellite Centre*), creado el 20 de julio de 2001 por una acción común del Consejo de la organización en el marco de la Política Exterior y de Seguridad Común (PESC).

El EUSC, con personalidad legal de Agencia de la Unión, tiene por misión el apoyo a la toma de decisiones en el contexto de la PESC y de la Política Europea de Seguridad y Defensa (PESD), proporcionando el material que resulte del análisis de imágenes de satélites y de otra información complementaria.

Sus usuarios son el Consejo de la Unión y sus estructuras permanentes (entre ellas el Estado Mayor de la Unión Europea), en un primer grado de prioridad, y la Comisión y los Estados miembros de la Unión Europea, en su propio interés. También se entregan productos a las organizaciones internacionales que lo soliciten al secretario general, (como por ejemplo Naciones Unidas, Organización del Tratado del Atlántico Norte, Organización para la Seguridad y Cooperación en Europa, etc.)

El Centro, operativo desde el primero de enero de 2002, está supervisado políticamente por el Comité Político y de Seguridad de la Unión Europea, bajo la dirección operativa del secretario general. Físicamente está situado en la base aérea de Torrejón de Ardoz (Madrid), en las instalaciones del an-

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

tigo Centro de Satélites de la Unión Europea Occidental del que el EUSC es heredero y del que recibió el conocimiento y la experiencia que acumuló en sus 10 años de existencia.

El segundo elemento característico de la voluntad de la Unión Europea de ser un actor relevante en el espacio de seguridad lo representa GMES, iniciativa conjunta liderada también por la Comisión Europea y la ESA, cuyo objeto es obtener y operar una capacidad autónoma europea para apoyar al control del medio ambiente y la seguridad utilizando medios de observación de la Tierra desde el espacio.

Para ello se trata de explotar de forma eficaz todo el potencial presente y futuro de los distintos programas y sistemas europeos de observación de la Tierra por medio de satélites y así poder hacer frente a las diferentes necesidades de los usuarios finales. Sobre esta base el enfoque adoptado es desarrollar la iniciativa GMES como un sistema integrado de apoyo a la toma de decisiones, con capacidad de adquirir, procesar, interpretar y distribuir toda información de utilidad relacionada con el medio ambiente, gestión de riesgos, recursos naturales y seguridad.

España participa en esta iniciativa de varias formas, de las cuales la más importante será el apoyo al futuro sistema por medio de las imágenes del Programa Nacional de Observación de la Tierra por satélite, uniéndose así al grupo de países que contribuirán con satélites propios a esta iniciativa europea de medio ambiente y seguridad, cuya operatividad está también prevista para el año 2014. Con esta iniciativa, que se añade a la capacidad ofrecida por el Centro de Satélites desde hace ya una década, Europa dispone y se está dotando de sus propios medios para la utilización y explotación de sistemas espaciales a los que considera elementos críticos para la formulación e implementación de las políticas de la Unión Europea como respuesta a las necesidades de los intereses prioritarios de la seguridad y defensa comunes.

Tendencias en aplicaciones y servicios para la defensa de los Sistemas EO

La continua evolución del uso del espacio, con un importante crecimiento de la demanda del sector civil y comercial, especialmente en lo que respecta a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, sugiere un análisis de las tendencias actuales y a corto plazo que permitan obtener

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

un mejor rendimiento de las capacidades ofrecidas por los sistemas de observación de la Tierra y conocer las nuevas oportunidades en aplicaciones y servicios para la defensa.

«Uso dual»

En la actualidad los países más avanzados en el sector espacial, incluyendo España, están poniendo en práctica un enfoque innovador para poder responder a las modernas necesidades de uso de los medios espaciales bajo control gubernamental. Este enfoque se deriva del crecimiento explosivo del sector espacial comercial y su incidencia en el sector militar; dicho crecimiento, que se sustenta en el reciente desarrollo de un gran mercado, en el que predomina especialmente la obtención, difusión y explotación de información procedente de medios espaciales, está provocando una especie de migración o transferencia del liderazgo tecnológico desde el campo militar al civil, especialmente comercial.

En consecuencia, si como parece evidente, el empleo del medio espacial ya no está dominado por el sector militar, es difícil pensar que los objetivos de la defensa puedan alcanzarse solamente con medios espaciales dedicados. Parece entonces necesario tomar conciencia de que es posible, y a veces incluso deseable, que las nuevas tendencias en los medios civiles en diversas áreas funcionales puedan proporcionar apoyo a los propios de seguridad y defensa.

En definitiva puede afirmarse que la moderna utilización del espacio en este dominio debe entenderse como algo más que el empleo de medios militares. Apoyándose en esta afirmación y teniendo en cuenta los recortes que sufren en los países de nuestro entorno los presupuestos de Defensa es necesario buscar soluciones alternativas a la hora de diseñar una arquitectura espacial propia. Entre ellas se encuentra la dualidad, o más concretamente el «uso dual», término que hace referencia a la integración y utilización de sistemas espaciales militares, civiles y comerciales.

El concepto se basa esencialmente en la gran similitud tecnológica entre los sistemas civiles y militares, e incluso en la complementariedad de muchos de los requisitos de usuario. Esto implica que los sistemas espaciales civiles y sus diversas capacidades puedan no sólo utilizarse sino también diseñarse de acuerdo con las necesidades de defensa, complementando de esta forma a los recursos y capacidades dedicados específicamente a dicha gestión.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

Este enfoque no es nuevo, pero ha resurgido con fuerza en los últimos años, y tampoco es de «amplio espectro» dado que no tiene una clara aplicación en todos los sistemas de defensa, si bien en este sector concreto del uso del espacio para observación de la Tierra parece haber encontrado el mejor modelo explicativo.

A la hora de buscar soluciones de «uso dual» es preciso tener en consideración que, en contra de lo que pueda deducirse de su nombre, no se trata solamente de la utilización de medios civiles, sino que debe ponerse especial énfasis en la integración de los sistemas militares y civiles, que abarque todo el ciclo de vida global, desde la definición de los requisitos de usuario, para identificar cada aspecto de la operación y gestión de los sistemas en un contexto dual, en el que debe incluirse las particularidades singulares de la seguridad y defensa.

Tales singularidades, que pueden afectar a la eficiencia del conjunto de sistemas, no sólo en elementos de desarrollo e integración, sino también en la gestión y empleo operativo, incluyen la accesibilidad y disponibilidad de la información en cualquier tiempo, lugar y circunstancia, la confidencialidad y, por supuesto, la seguridad de la información y de todo el conjunto de los sistemas.

En consecuencia, el concepto de «uso dual» afecta a la definición, desarrollo, despliegue, empleo y explotación de los diversos sistemas espaciales a utilizar en seguridad y defensa y es evidente que, si bien ofrece nuevas e interesantes posibilidades, también presenta riesgos que deben analizarse rigurosamente y, de aceptarse, han de asumirse de forma calculada pues en este sector, como en todos los de alto nivel tecnológico, las posibilidades de reconfiguración son mínimas o nulas.

En definitiva, se concluye que la tendencia hacia un «uso dual» será una de las que previsiblemente alcancen una mayor expansión en los próximos años en el dominio de la observación de la Tierra desde el espacio, donde la integración de los actuales y futuros sistemas espaciales militares y civiles puede proporcionar una gran flexibilidad y complementariedad a los recursos dedicados a este sector, a la vez que constituirá una magnífica fuente de oportunidades de desarrollo de aplicaciones y servicios.

Geomática

La Geomática, o Geoinformática, es una moderna disciplina, de rápida expansión en la actualidad, que resulta de la unión de Ciencias de la Tierra

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

y la Informática para expresar la integración sistémica de técnicas y metodologías de adquisición, almacenamiento, procesamiento, análisis, presentación y distribución de información espacial.

El término, que ha sido adoptado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), supone una convergencia de tecnologías que implica la integración de disciplinas como las de observación de la Tierra (Percepción Remota y Teledetección), los SIG, servicios *web* geoespaciales, Sistemas de Navegación Global por Satélite (GNSS), cartografía digital o automatizada, etc.

En los siguientes apartados se resumen algunas de las características más importantes de algunas de estas nuevas disciplinas de la Geomática.

Los SIG

Aparecieron en la década de los años sesenta, principalmente como herramientas que hacían uso de las tecnologías del cálculo automático para la producción de cartografía. Poco a poco fueron evolucionando tratando de integrar los progresos de diversas áreas de la Ciencia, en especial en los métodos de procesamiento y almacenamiento de datos, adoptando progresivamente la capacidad de proporcionar análisis espaciales, visualización cartográfica y tecnologías de interfaz gráfica, etc., para adquirir con el paso del tiempo la naturaleza multidisciplinar que caracteriza hoy a estas herramientas.

Esta evolución, unida a su identificación como sistemas integradores y multidisciplinarios, han convertido a los SIG en útiles de gran interés en el apoyo a la toma de decisiones y resolución de problemas de los más variados tipos y en las más diversas áreas, pasando del dominio particular de la geografía a los más generalizados de gestión del territorio, medio ambiente, socioeconomía e incluso la mercadotecnia y el *geomarketing*, sin olvidar el específico de la seguridad y defensa.

No es fácil presentar una definición de los SIG que sea aceptada tanto por los usuarios como por la comunidad científica, dado que las diferentes acepciones que pueden encontrarse varían en función de la utilización que se hace de cada SIG o si se enfatiza en la propia herramienta y en los datos que gestiona. Pero todas ellas no dejan de presentar una cierta convergencia, por lo que la diversidad de criterios sobre la visión de los SIG refleja únicamente la característica multidisciplinar de la tecnología SIG y, en consecuencia, la gran variedad de aplicaciones. En el contexto de este documento, dedicado a las industrias y servicios de defensa se trata de situar a

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

los SIG en un enfoque moderno, destacando su característica de tecnología multidisciplinar, como sistemas que no funcionan aislados sino que forman parte de una estructura organizativa dentro de la que cumplen un objetivo, sirviendo a sus usuarios.

Parece naturalmente aceptada la afirmación de que el término deriva de los Sistemas de Información, en el dominio de las Tecnologías de la Información, que son conjuntos organizados de métodos y componentes que permiten tratar información del mundo real para obtener a su vez más información que sea de utilidad para la toma de decisiones.

Es este concepto de apoyo a la toma de decisiones el que caracteriza a los SIG actuales como sistemas de información diseñados para ayudar a utilizar datos y modelos con objeto de identificar y resolver problemas que permitan que los responsables de tomar decisiones puedan hacerlo de la forma más acertada posible.

La peculiaridad diferenciadora de este particular tipo de sistemas de información es el elaborar y gestionar información geográfica o geoespacial, es decir que los datos a obtener e integrar en el serán fundamentalmente entidades espaciales con la característica distintiva de la georreferenciación.

Dadas las especiales características de los sistemas de defensa, donde los usuarios son parte fundamental de los mismos, para el ámbito que abarca este capítulo se propone una definición amplia en la que se contemplen todos los actores presentes actualmente en un SIG. De esta forma consideraremos un SIG como:

«Un Sistema de Información, compuesto por parte física y lógica, datos espaciales y personal, concebido para obtener, almacenar, consultar, analizar, gestionar, presentar y difundir todo tipo de información geoespacial digital, con objeto de apoyar a la toma de decisiones.»

Esta definición ya avanza las funcionalidades que de forma genérica presenta todo SIG: obtención y entrada de datos, almacenamiento, integración, gestión y recuperación de éstos, análisis de información, incluyendo funciones típicas de procesamiento gráfico y de imágenes, presentación de información, tanto de la almacenada, como de la resultante del análisis, e interfaz humana (gestor y usuario) que, de acuerdo con lo expresado anteriormente, será una de las funcionalidades más importantes del sistema, figura 4.

Una de las funcionalidades más importantes de los actuales SIG, que proporciona un gran valor añadido en su empleo en defensa, es la capaci-

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

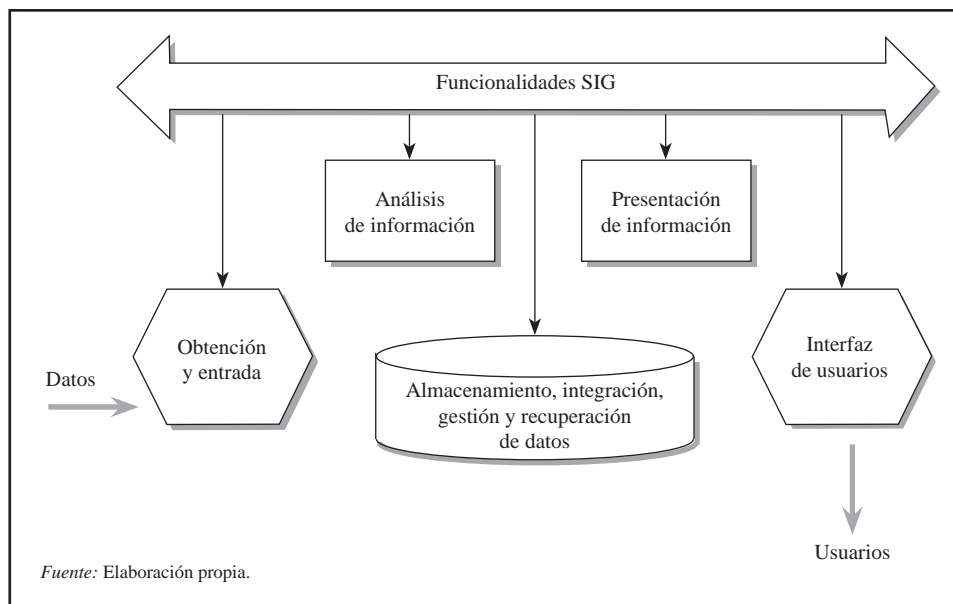


Figura 4.– *Funcionalidades de un SIG.*

dad potencial de analizar el conjunto de los datos e información espacial que almacenan.

El número de funciones de análisis que puede ofrecer este tipo de sistemas es muy grande y en consecuencia solamente un pequeño número de ellos las contienen de forma que en determinadas ocasiones se clasifican los SIG por las funciones de análisis que contiene. Para el objeto de este trabajo se pueden englobar en dos categorías principales: funciones de tratamiento, manipulación o gestión y funciones de análisis propiamente dichas.

Las primeras (de tratamiento de datos) son responsables de transformar los datos sin crear nuevos conocimientos; entre ellas se encuentran las siguientes:

- Transformación de datos geométricos: cambio de formato, modificación geométrica, cambio de sistema de referencia, reconstrucción de topologías, etc.
- Transformación de datos semánticos: modificación de atributos, creación o modificación de relaciones, transformación de estructuras semánticas, etc.
- Funciones de pre análisis: consultas, clasificación, mediciones, generalización, creación de capas, etc.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

- Funciones de conectividad: medidas de vecindad, proximidad, redes, *buffer*, búsquedas, zonas vistas y ocultas, etc.

Respecto a las funciones de análisis, que son aquellas que tienen por objeto transformar los datos para elaborar nuevas informaciones sobre las zonas a analizar, normalmente se incluyen las siguientes:

- Búsqueda de características: estructuras, texturas, etc.
- Relaciones espaciales entre objetos.
- Detección de contornos o zonas de transición.
- Análisis estadísticos de redes, grafos, dimensiones fractales, autocorrelación espacial, etc.
- Generalización, es decir síntesis de información para una representación cartográfica a pequeña escala.

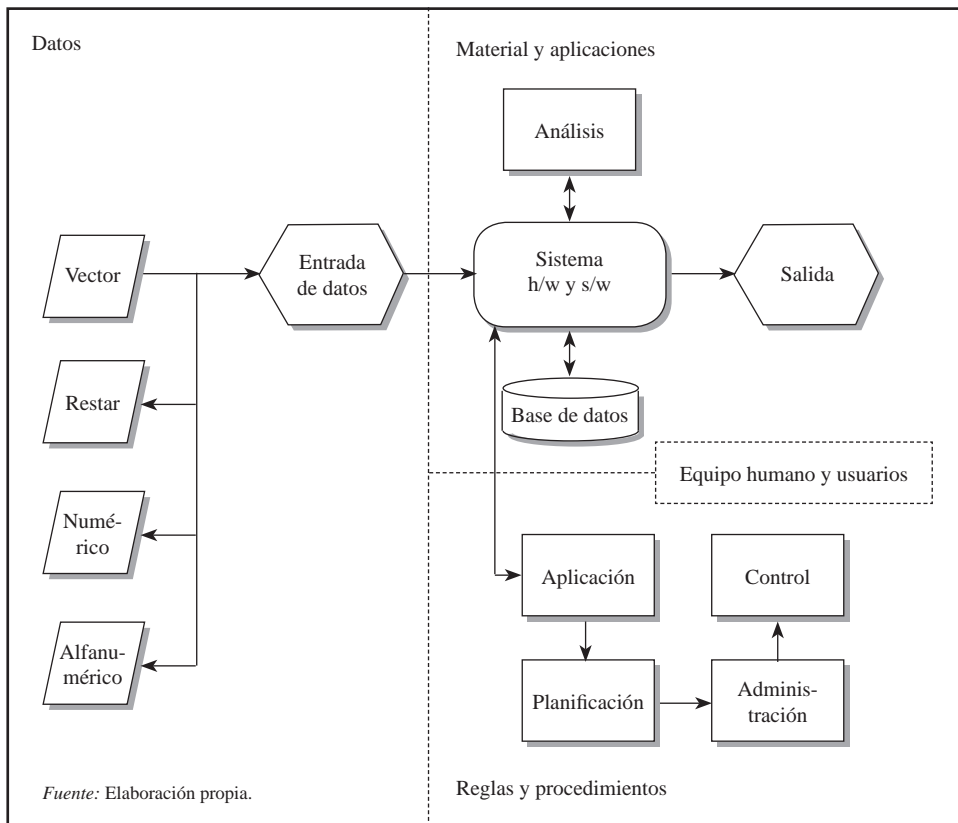


Figura 5.– Componentes de un SIG .

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

- Análisis por medio de operadores topológicos, identificando interacciones espaciales entre objetos (intersección, inclusión, proximidad, etc.) para obtener conclusiones.

Como todo sistema de información un SIG está integrado por una serie de componentes que genéricamente son los que se representan, figura 5.

Los datos son usualmente de origen y localización espacial, la razón de ser del SIG, pero también están presentes otro tipo de datos complementarios, necesarios para la obtención de información útil, mientras que el material utilizado actualmente abarca la amplia gama disponible en el mercado, incluyendo estaciones de trabajo, periféricos, servidores, componentes de red, etc. con diferentes plataformas y arquitecturas.

Las aplicaciones sirven para llevar a cabo las diferentes funciones del sistema, destacando entre ellas las de gestión de bases de datos, herramientas de obtención, análisis y presentación de información, incluyendo las de interfaz con el usuario.

Finalmente las reglas y procedimientos, necesarios como en todo sistema de información, para asegurar el buen funcionamiento y gestión del conjunto de componentes y el equipo humano y los usuarios que permiten la explotación del SIG, tanto desde el punto de vista de mantenimiento y gestión, como de su utilización para aplicarlo a problemas del mundo real, de acuerdo con los fines para los que fue definido, es decir el apoyo a la toma de decisiones en el ámbito de la seguridad y defensa.

Las posibilidades que presentan los SIG en el campo de la defensa, no solamente para los usuarios sino también para la industria y servicios, van más allá de las de un sistema de información clásico, al basarse en su capacidad de integrar grandes cantidades de información espacial, sus variadas herramientas de consulta, manipulación y presentación de datos georeferenciados, junto con el valor añadido de sus funcionalidades análisis espacial de diferentes problemas por medio de. Por ello han alcanzado la categoría de herramienta Geomática indispensable para el apoyo a la toma de decisiones.

GEOINTELIGENCIA O INTELIGENCIA GEOESPACIAL (GEOINT)

El progresivo aumento en la disponibilidad de imágenes de satélite, acompañado del desarrollo de numerosas herramientas basadas en la Geomática, fundamentalmente en los SIG, ha dado lugar a la aparición de

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

una nueva categoría de Inteligencia que se va introduciendo de forma paulatina en los países más avanzados en este campo.

Esta nueva disciplina, que recibe el nombre de GEOINT, comprende la explotación y el análisis de imágenes e información (geo)espacial para describir, evaluar y presentar características físicas y actividades en la Tierra (geográficamente referenciadas).

El principio básico de la GEOINT es organizar y combinar todos los datos disponibles, referenciados por su ubicación geográfica, y «manipularlos» con herramientas geoespaciales, como las de análisis espacial, para preparar y presentar y difundir productos útiles a los usuarios y en apoyo a la toma de decisiones.

Integra diversas disciplinas como análisis e Inteligencia de Imágenes, información geoespacial, SIG, cartografía, etc., que utilizan los varios elementos que componen la GEOINT, sintetizados o agrupados en las siguientes categorías:

- Imágenes, incluyendo las obtenidas de satélites, plataformas aéreas y aviones no tripulados o similares.
- Inteligencia de imágenes, o inteligencia obtenida a partir de la interpretación o análisis de imágenes e información colateral.
- Información espacial, o información que describe objetos del mundo real en términos de su posición y geometría con respecto a un sistema de coordenadas, sus atributos y sus relaciones espaciales con otros objetos.

Esta integración de disciplinas de la Geomática con las propias de la Inteligencia facilita el trabajo de los analistas al relacionar de forma práctica datos e información de varios tipos y fuentes diversas, relacionadas por el vínculo o referencia espacial, a la vez que hace más fácil la diseminación, intercambio de información, interoperabilidad, flexibilidad, eficiencia y utilidad, figura 6.

En la actualidad diversos países y organizaciones han adoptado esta nueva disciplina de Inteligencia. Dado que la relación pormenorizada de todos ellos ampliaría de forma innecesaria el volumen de texto de este trabajo, a continuación se expondrá un breve resumen de dos de los ejemplos más representativos de dicha adopción, caracterizados por Estados Unidos de América y la Unión Europea.

La aceptación de este enfoque en Estados Unidos ha conducido a la transformación de la antigua NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*)

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

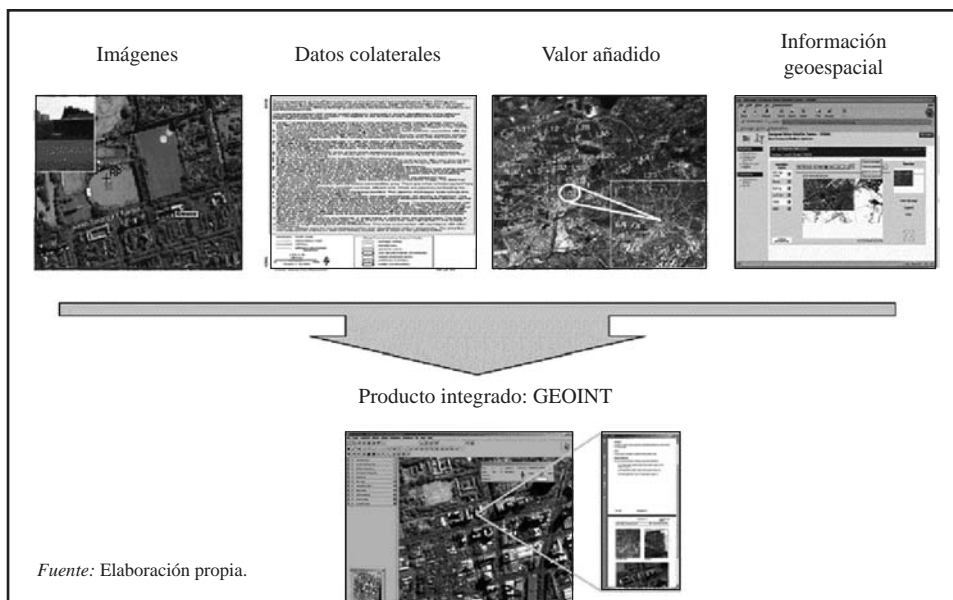


Figura 6.– Elementos de la GEOINT.

en la conocida actualmente como NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*) que es una agencia del Gobierno cuya misión principal es obtener, analizar y distribuir GEOINT en apoyo a la seguridad nacional.

Otro paso importante, relacionado con la GEOINT ha sido la creación del Sistema Nacional de Inteligencia Geoespacial, NSG (*National System for Geospatial Intelligence*) que gestiona todo el proceso de GEOINT, combinando tecnologías, políticas, doctrinas, capacidades, actividades, personas, comunidades y datos necesarios para generar GEOINT en un entorno de multiinteligencia y multidominio.

En dicho sistema, gestionado por la NGA, se integran de una u otra forma todos los organismos productores de Inteligencia de Estados Unidos, unos como miembros, otros como socios y el resto participando de forma colegiada en grupos de trabajo, foros de debate, etc.

De acuerdo con lo expuesto en la doctrina básica de GEOINT los miembros incluyen a organizaciones, agencias y personas responsables de priorizar, programar, presupuestar, adquirir, obtener, analizar, producir, compartir, almacenar y procesar GEOINT. Entre ellos se incluyen la Comunidad de Inteligencia, Estado Mayor Conjunto, departamentos militares (incluidos los servicios) y mandos combatientes.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

Respecto a los socios, se incluyen, entre otros, los miembros del Comité de Aplicaciones Civiles, socios internacionales, como el Reino Unido, Canadá y Australia, industria, academia y proveedores de servicios de defensa y de la comunidad civil.

Por su parte en la Unión Europea el principal productor de GEOINT es el anteriormente mencionado EUSC, Agencia del Consejo cuya misión, recogida en el artículo segundo de la Acción Común sobre su creación, es la siguiente:

«El Centro secundará la toma de decisiones de la Unión en el contexto de la PESC, y en particular de la PESD, facilitando el material resultante del análisis de las imágenes y de los datos complementarios obtenidos por satélites, incluidas, si procede, las imágenes aéreas, etc.»

Basándose en su experiencia, así como la herencia obtenida de su predecesor, el antiguo Centro de Satélites de la Unión Europea Occidental, el EUSC ha adoptado los principios básicos de GEOINT, de forma similar a la NGA, para organizar y combinar todos los datos disponibles, referenciados por su ubicación geográfica, y posteriormente explotarlos preparando productos que puedan ser utilizados de forma sencilla por responsables de planeamiento, respuestas a emergencia y toma de decisión.

Para ello tiene como objetivo también proporcionar en tiempo adecuado GEOINT relevante y precisa para asegurar una completa base de conocimientos en apoyo a la toma de decisiones, planeamiento y utilización en las operaciones.

De igual forma el EUSC proporcionará de forma controlada un fácil acceso a las bases de datos de Inteligencia geoespacial a los usuarios autorizados así como generará servicios y soluciones a medida de GEOINT para satisfacer las necesidades específicas de sus clientes.

NUEVAS ARQUITECTURAS; SISTEMAS ABIERTOS Y DISTRIBUIDOS, SERVICIOS *WEB*, ARQUITECTURAS ORIENTADAS A SERVICIOS (SOA) Y GEOPORTALES

Ya se ha mencionado anteriormente la necesidad existente de intercambiar y compartir datos e información espacial, que en sistemas de defensa no puede basarse solamente en las posibilidades ofrecidas por Internet, cuya utilización debe hacerse de forma responsable, aprovechando sus indudables ventajas. Afortunadamente, en los últimos años se ha extendido

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

entre los sistemas civiles un nuevo paradigma que ofrece también nuevas oportunidades para dar respuesta a tal necesidad en aplicaciones de defensa.

Dicho paradigma lo representan los servicios *web*, cuyos métodos y técnicas se encuentran en plena evolución siendo foco de atención de los principales fabricantes y proveedores de tecnología del mercado, entendiendo como tales al conjunto de funcionalidades, normas y protocolos *software* que permite que otras aplicaciones puedan ver y acceder a sus servicios y a su vez puedan solicitarlos a otras aplicaciones similares y recibir las respuestas y resultados de las consultas en la misma forma.

Este nuevo modelo constituye un paso más en la evolución hacia un moderno enfoque de diseño de arquitecturas orientadas a servicios, demandadas por los propios usuarios que quieren ampliar sus capacidades a la realidad de una comunicación sencilla entre aplicaciones heterogéneas instaladas en plataformas asimismo heterogéneas. Tal enfoque parece adecuado para solucionar el problema derivado de la rápida progresión en la disponibilidad de datos procedentes de satélites de observación de la Tierra, con todo tipo de resoluciones, una de cuyas negativas consecuencias es el hacer cada vez más difícil su procesamiento por la complejidad de tratar con diferentes formatos o por haber recibido un preprocesamiento que no siempre es el más adecuado a las necesidades de cada usuario.

En este contexto los servicios *web* especializados en tecnologías geoespaciales y de geoprocésamiento pueden proporcionar los medios necesarios para facilitar el acceso y tratamiento a este tipo de datos y favorecer el uso de aplicaciones de usuario y la difusión de productos de valor añadido.

Esto conlleva la necesidad de utilizar en los sistemas de información espacial arquitecturas abiertas y distribuidas. Ya no se trata solamente de facilitar el acceso a los datos sino también a métodos de procesamiento, aplicaciones y servicios. Además, tal acceso debe proporcionarse con independencia de las distintas plataformas y componentes *hardware* y *software* de dichas arquitecturas, lo que también trae consigo la interoperabilidad.

Dentro de este tipo de arquitecturas, combinando con los servicios *web*, destacan actualmente las denominadas SOA que son modelos de estilos arquitectónicos que se basan en la implementación de un conjunto de servicios, acompañados de aplicaciones, que ofrezca funcionalidades independientes de la tecnología, facilite la adopción de cambios o la reutilización de servicios de forma que su impacto en la arquitectura sea mínimo.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

En este mismo contexto, para poder ofrecer aplicaciones y servicios basados en la *web* por medio de arquitecturas abiertas y distribuidas es necesario facilitar el acceso de los usuarios no solamente a los datos sino también a dichas aplicaciones y servicios. Surge aquí con fuerza otro concepto de amplia utilización en el ámbito civil, de aplicación en defensa: el portal, o geoportal, como punto de acceso de los usuarios al sistema, que proporciona la capacidad de utilizar los recursos del mismo, si se está autorizado, incluyendo peticiones de datos, información, productos y, si es posible, de uso de servicios.

Para ello un geoportal se basa en el uso de agentes *web*, bien por medio de un navegador *web* estándar operado por un humano, como por ejemplo un combatiente equipado de un dispositivo individual (denominado técnicamente como cliente ligero), o también a través de otras aplicaciones remotas de sistemas mayores y más complejos (cliente pesado) que actúen como sus propios agentes *web*, capaces de invocar servicios de acuerdo con mensajes y protocolos estándar, como pueden ser las aplicaciones de los propios usuarios de organizaciones aliadas.

De esta forma se proporciona una herramienta intuitiva, normalmente gráfica, para la interacción de los usuarios con el sistema, que además facilita a aquellos que estén autorizados la capacidad de navegación y de utilizar los servicios ofrecidos por los diferentes sistemas, por ejemplo un SIG.

Dado que todos estos conceptos se basan en el uso de estándares universalmente aceptados y gestionan de forma conjunta datos y servicios, además cerca del usuario final, se ofrece la posibilidad de cambiar el enfoque de utilizar la *web* en aplicaciones de defensa como un simple medio de acceder a la información por otro que permita también descubrir y procesar datos espaciales a la vez que se buscan y utilizan servicios.

Interoperabilidad

El espectacular incremento en la disponibilidad de datos procedentes de satélites de observación de la Tierra que ha contribuido a aumentar el número de aplicaciones y servicios para la seguridad y defensa, también ha supuesto una mayor heterogeneidad, al disponer de un mayor volumen de datos procedentes de una amplia variedad de fuentes y en diferentes formatos.

La demanda de organizaciones y usuarios es poder compartir datos, información y otros recursos de forma segura y fácilmente accesible para

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

poder procesarlos o utilizarlos posteriormente. Pero no es fácil satisfacerla cuando debe hacerse entre sistemas que presentan tal grado de diversidad, incluso en el caso más sencillo de un simple intercambio de datos, pues aún así se obliga a llevar a cabo transformaciones de formatos que implican muchas veces la pérdida de integridad de los datos, haciéndolos inadecuados para el objetivo prioritario de convertirlos en información.

Este aspecto de la heterogeneidad de sistemas y aplicaciones, unido a las diferentes estructuras de datos, en contraposición a la necesidad de compartir información, constituye uno de los grandes desafíos al que ha de enfrentarse la comunidad geoespacial de defensa, que puede considerarse como uno de los principales factores críticos actuales en este dominio.

Tal desafío exige tratar de alcanzar la interoperabilidad, entendiendo como tal la necesidad y posibilidad de compartir e intercambiar informaciones y procesos entre sistemas heterogéneos, autónomos y distribuidos, independientemente de las características técnicas del sistema en que se encuentran almacenados.

En principio, pudiera deducirse que son los usuarios los principales interesados en lograr la interoperabilidad, por indudables ventajas como la posibilidad de encontrar e intercambiar información independientemente de su ubicación física o de su estructura, de utilizarla con independencia de la plataforma, de hacer uso de servicios y aplicaciones de otros sistemas, de países u organizaciones aliados, independientemente del sistema propietario o de la tecnología utilizada o la de poder introducir modificaciones y evoluciones en el entorno del usuario sin depender solamente de aplicaciones cerradas.

Pero no son solamente los usuarios los que necesitan que se alcance la interoperabilidad. Aunque dichas ventajas pueden parecer no tan evidentes desde una perspectiva industrial o de servicios, e incluso en algún caso pudieran considerarse desventajas, existen otros aspectos que llevan a considerar que en aplicaciones propias de defensa no es posible continuar por la vía de los sistemas aislados, cerrados y propietarios.

Un enfoque de «plataformas abiertas e interoperables» donde puedan encontrarse multitud de servicios procedentes de un amplio espectro de proveedores permitirá poder establecer relaciones entre ellos por medio de interfaces estándar y además favorecerá la utilización de componentes diferentes dentro de un sistema heterogéneo, así como la integración de nuevas tecnologías sin tener que realizar complicados procesos de reingeniería, facilitando en suma el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

Entre las distintas alternativas disponibles actualmente destacan las importantes actividades para el desarrollo de la información geoespacial y de sus sistemas asociados que se están llevando a cabo por la ISO por medio de su Comité Técnico 211, cuyo ámbito de trabajo es el dominio de la Geomática, y por el OGC (*Open Geospatial Consortium*) consorcio internacional, sin ánimo de lucro, integrado por más de 400 miembros de organismos gubernamentales, industria, universidad, proveedores y usuarios de datos, etc., considerado actualmente como el representante de una de las iniciativas más importantes para tratar de superar los obstáculos que aparecen en la vía hacia la interoperabilidad.

Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE)

Finalizamos este capítulo haciendo una breve descripción de una de las tendencias, realidades en algunos casos, en la utilización para seguridad y defensa de aplicaciones y servicios derivados de las tecnologías geoespaciales; IDE.

Las actividades mencionadas en el apartado anterior pueden no ser suficientes si se desea tener éxito ante el desafío de la interoperabilidad. No solamente es preciso tratar de implementar herramientas que ayuden a compartir datos e información, también es necesario que haya una voluntad de operar juntos creando las infraestructuras necesarias para ello en un mundo como el geoespacial que demanda más y más la interoperabilidad.

Esta opinión es también la de muchos expertos y responsables en la materia, una de cuyas consecuencias es la creciente implementación de este tipo de infraestructuras, tanto en el ámbito nacional, como en el internacional y de organizaciones y alianzas.

El término, sintetizado en el acrónimo IDE o SDI (*Spatial Data Infrastructure*), por sus siglas en inglés), hace referencia al conjunto de tecnologías, políticas y acuerdos institucionales que facilitan la disponibilidad y el acceso a los datos espaciales.

En este contexto se utiliza el término infraestructura para fomentar el concepto de un entorno seguro y continuado, análogo a una red de telecomunicaciones, que facilite el acceso a información geoespacial utilizando un mínimo de estándares, protocolos y especificaciones.

Una IDE proporciona las bases para la creación, evaluación y aplicación de los datos espaciales para usuarios y proveedores, tanto en niveles guber-

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

namentales, como de gobierno, sectores comerciales y civiles sin ánimo de lucro, el académico y los ciudadanos en general.

Existe otra visión del significado de una IDE en la cual se considera a ésta como un sistema que debe proporcionar los datos espaciales disponibles y accesibles de forma transparente por medio de tecnologías interconectadas en red. De esta definición se desprende que el aspecto clave de las IDE es la cooperación entre disciplinas relacionadas con los datos espaciales.

De ambas definiciones se puede colegir que el objetivo principal de cualquier IDE debe ser el facilitar el acceso y la integración de la información espacial, tanto a nivel institucional y empresarial como de los propios ciudadanos, para difundir el conocimiento y utilización de tal información, ayudando a reducir costes y a evitar duplicación de esfuerzos.

Una IDE es algo más que una base de datos espaciales; debe incluir datos y atributos geográficos, metadatos, un medio para descubrir, visualizar y evaluar los datos y algún método para proporcionar el acceso a ellos. Además, debe haber servicios adicionales o *software* para permitir aplicaciones de los datos. Finalmente, en aras de su funcionalidad, una IDE, también debe incluir acuerdos organizativos necesarios para coordinarla y administrarla a escala regional, nacional y transnacional.

Entre las diferentes iniciativas que se han implementado, o están en fase de hacerlo en el momento actual, las más importantes son de ámbito nacional, conducidas por autoridades estatales o locales, con un ejemplo multinacional representado por la iniciativa INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) de la Unión Europea y una a nivel mundial auspiciada por Naciones Unidas bajo el nombre de GSDI (*Global Spatial Data Infrastructure*).

La iniciativa europea, INSPIRE fue adoptada en marzo de 2007, por medio de la Directiva INSPIRE (2007/2/EC) por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea.

Por medio de esta IDE europea se asegura la interoperabilidad no solamente de datos, sino también de servicios; para ello en la mencionada Directiva se dispone que los Estados miembros de la Unión Europea establecerán y explotarán una red de servicios de datos geográficos para los que se crearán los correspondientes metadatos. Estos servicios son los siguientes:

- De registro (gratuito).
- De búsqueda (gratuito).
- De consulta (gratuito con excepciones).

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

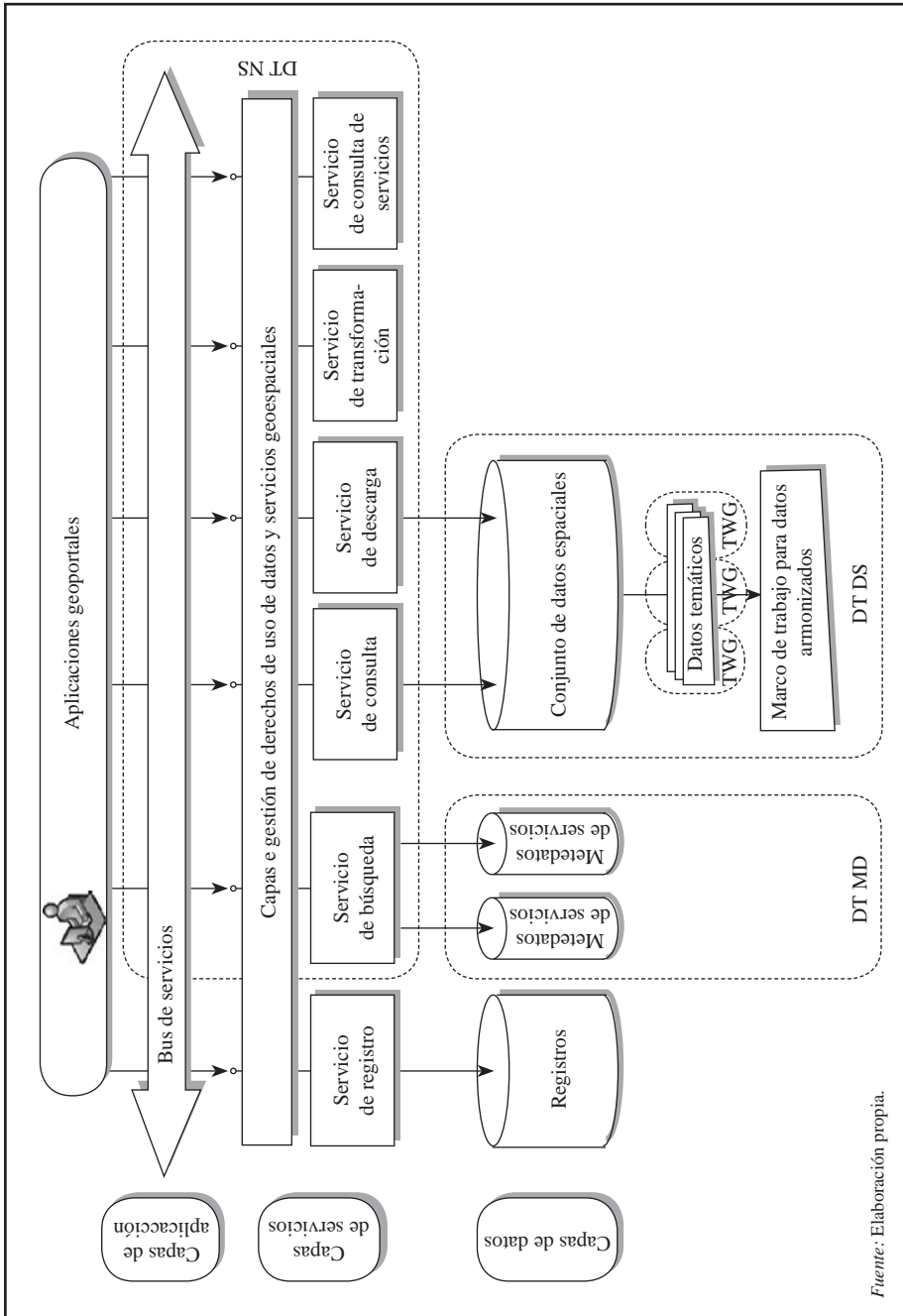


Figura 7.- Arquitectura técnica de INSPIRE.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

- De descarga.
- De transformación.
- De consulta de otros servicios de datos geográficos.

El acceso a los servicios, que puede ser restringido, se hace a través de un portal INSPIRE operado por la Comisión Europea, al que los Estados miembros pueden acceder por medio de sus propios puntos de acceso, figura 7.

Por su parte, en España, en el año 2002 la Comisión Permanente del Consejo Superior Geográfico (CSG), como una de las acciones derivadas de la iniciativa europea INSPIRE, decidió establecer un proyecto para el estudio y coordinación de la puesta en marcha de una Infraestructura Nacional de Datos Espaciales, Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE), que integrara tanto las establecidas por los productores oficiales de datos, de nivel nacional, regional y local, como todos los otros tipos de infraestructuras sectoriales y privadas.

El mencionado CSG es un órgano colegiado en el que están representados los productores de datos geográficos digitales de referencia de ámbito nacional y autonómico –Instituto Geográfico Nacional (IGN), Centro Cartográfico del Ejército, Ministerios de Medio Ambiente y de Agricultura, Institutos Cartográficos y Servicios de Cartografía de las comunidades autónomas, etc.– cuya presidencia ejecutiva y secretaría la desempeña el IGN.

La IDEE tiene por objeto integrar a través de Internet los datos, metadatos, servicios e información de tipo geográfico que se producen en España, a nivel nacional, regional y local, facilitando a todos los usuarios potenciales la localización, identificación, selección y acceso a tales recursos.

Esta labor se desarrolla por medio de un geoportal de la IDEE, integrado en el geoportal europeo INSPIRE, que integra los nodos y geoportales de recursos IDE de productores de información geográfica a nivel nacional, regional y local, y con todo tipo de datos y servicios de información geográfica disponibles en España.

En él se ofrecen diversas aplicaciones, como un visualizador de información geográfica, que permite componer mapas superponiendo información de diferentes proveedores, un catálogo para obtener información sobre datos y servicios geográficos que se producen en España o un buscador de nombres geográficos, que facilita la localización de topónimos y la posibilidad de descargar datos geográficos, figura 8.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

MINISTERIO DE FOMENTO *eu* **WIREs** Consejo Superior Geográfico mapa del web contactar acerca de

Infraestructura de Datos Espaciales de España **IDEE**

Selecciona la Infraestructura de Datos Espaciales de tu Comunidad Autónoma:

La IDEE de España
▶ El proyecto IDEE
▶ El Grupo de trabajo IDEE
▶ IDE y SIG en España

Contribuir a la IDEE
▶ Cómo Contribuir

Otros servicios del portal
▶ Aplicación Ocupación Suelo (CORINE)
▶ Análisis del relieve
▶ Transformación de Coordenadas

Recursos
▶ Herramientas software Gratuitas
▶ Ejemplo de ADI
▶ Creación de metadatos
▶ Sistemas de referencia espacial
▶ Rincón del Desarrollador
▶ Google Earth
▶ Revistas electrónicas

El mundo IDE
▶ Información de las IDE
▶ INSPIRE
▶ Organizaciones
▶ Boletín sobre IDEs

Últimas Noticias
26-05-2010 Presentaciones disponibles GTIDEE Mérida 2010
08-05-2010 Disponible el boletín SobreIDES de mayo
08-04-2010 Disponible el boletín SobreIDES de abril

Documentos
23-01-2009 Directiva INSPIRE
11-11-2008 Nueva Orden FOM 956/2008 sobre política de datos del IGN
28-02-2008 Real Decreto

Visualizador geográfico 2D/3D IGN-CNIG

snig ide ANCORIA
gEOportail
administración de la autonomía

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8.– Página de inicio del geoportal de la IDEE.

El geoportal se basa en tres servicios fundamentales, que permiten buscar datos e ir superponiéndolos sucesivamente en el visualizador genérico:

- Servicio de mapas *web*, que proporciona una representación (imagen) de un mapa de la zona que se desee, invocando el servicio OGC correspondiente. El sistema muestra las capas de información disponibles, que pueden cargarse individualmente o mediante un mapa compuesto.

OBSERVACIÓN DE LA TIERRA DESDE EL ESPACIO

- Servicio de nomenclátor, que devuelve una o más entidades en respuesta a una consulta solicitada a través de la red realizada en un conjunto de más de 350.000 nombres geográficos. Esta consulta permite la selección de atributos de las entidades, incluyendo el tipo, el nombre y la zona geográfica, entre otros.
- Servicio de catálogo, que permite la localización de datos o de otro tipo de recursos, como servicios electrónicos, aplicaciones, bibliotecas de símbolos, modelos de datos, catálogos de características geográficas, especificaciones de producto, etc., siempre que estén documentados con los correspondientes metadatos y datos de alta en el catálogo. Si el recurso localizado es un conjunto de datos, es posible invocar su visualización desde el mismo entorno.

También se facilitan otros servicios como los de geoprocamiento (calculadora geodésica, medida de distancias y superficies, visualización de cuadrículas, etc.), los de búsqueda y visualización de datos temáticos o de combinación y encadenamiento de cualquiera de los servicios anteriores.

La arquitectura de la IDE española está compuesta por un conjunto de nodos situados en varios niveles para que, siguiendo las recomendaciones de INSPIRE, los datos puedan facilitarse a los usuarios por la administración más próxima a los mismos.

En consecuencia, existen nodos a nivel nacional, de los diferentes organismos, instituciones y centros de la Administración General del Estado, regionales, de las comunidades autónomas, y locales, de ayuntamientos y otras entidades. Cada uno de los organismos es responsable del mantenimiento, actualización y gestión de la información geográfica de su nodo.

FERNANDO DAVARA PODRÍGUEZ
General de brigada del Ejército de Tierra

TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

Los satélites han sido utilizados en el ámbito de la defensa de forma extensiva por los ejércitos de gran número de países del mundo, a partir de su aparición en el año 1957. El desarrollo y uso de los sistemas de satélite ha sido posible gracias distintas tecnologías en el campo de las comunicaciones, la adquisición y tratamiento de imágenes, el posicionamiento, y especialmente a los sistemas de lanzamiento derivados de los misiles de largo alcance, que juegan un papel clave en la puesta en órbita de este tipo de ingenios.

Los satélites militares cubren distintas áreas como son el reconocimiento basado en imágenes electrónicas o fotográficas, los sistemas de inteligencia electrónica, sistemas de alerta temprana para la prevención de ataques con misiles, sistemas de calibración de radar que permiten comprobar los sistemas de alerta temprana, sistemas meteorológicos, sistemas de supervisión oceánica para la detección de movimientos de barcos y submarinos, sistemas de navegación y posicionamiento para unidades aéreas, marítimas, terrestres y el guiado de sistemas de armas, y finalmente las comunicaciones por satélite tanto estratégicas como tácticas, que afectan a la infraestructura militar y a las operaciones sobre el terreno.

Desde el año 1960 y hasta el momento actual se han puesto en órbita casi 700 satélites militares de comunicaciones, de los cuales el 84% fueron lanzados por la Unión Soviética y posteriormente Rusia, el 12% por Estados Unidos y el resto (4%) pertenecen al conjunto de países tales como: Francia, Alemania, Japón, Reino Unido, España, Italia, Brasil, Australia, entre otros.

Programa de comunicaciones militares por satélite en Estados Unidos y otros países desde el año 1960

Los primeros programas de comunicaciones militares por satélite en Estados Unidos se iniciaron a partir del año 1960, desarrollando sistemas que

TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

cubrían los requisitos específicos de las operaciones militares, con capacidad de protección contra interferencias y cierto grado de flexibilidad para proporcionar servicios en distintas regiones, y reacondicionamiento de los sistemas según la necesidad. Estos primeros Programas fueron los denominados SCORE, COURIER y ADVENT. Con posterioridad, en el año 1966 se desarrollaron los satélites LES (1/4) que trabajaban en banda X, incorporando algunos de ellos capacidad en Frecuencia Ultra Alta (UHF).

A finales de los años sesenta se puso en marcha el Programa IDCSP (*Initial Defence Communication Satellite Program*), en el que se lanzaron un total de 28 satélites no geoestacionarios, permitiendo los primeros enlaces digitales por satélite. En general los satélites IDCSP estaban destinados a comunicaciones estratégicas, soportadas por terminales con antenas de gran diámetro (>10 metros), en sistemas transportables, y también en barcos. Para Comunicaciones Tácticas (TACSAT) se diseñaron cargas útiles en banda X y UHF, que permitían la operación de pequeños terminales, y que fueron utilizados incluso en las operaciones de apoyo a la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio norteamericana para la recuperación de las cápsulas *Apollo* en los amerizajes de vuelos del programa espacial.

En los años setenta el Programa IDCSP siguió desarrollando satélites más robustos, con un control orbital más preciso, lanzando 16 nuevos satélites, que permitían una gran variedad de terminales para comunicaciones estratégicas con antenas de gran diámetro y terminales de menor tamaño para comunicaciones tácticas.

El Sistema GBS (*Global Broadcast Service*) de banda ancha, permite distribuir imágenes y otros productos de inteligencia, mediante terminales tácticos de pequeño tamaño de tipo portátil. El sistema fue implantado en los satélites militares UFO 8 y 10, utilizando banda K que permite mayores anchos de banda, con haces de cobertura específica (*spot*) que pueden ser dirigidos hacia cualquier parte de la zona visible desde el satélite, según las necesidades de las unidades desplegadas.

Para las necesidades de la Marina se puso en marcha también el Programa FLTSATCOM (*Fleet Satellite Communications*), satisfaciendo las necesidades de comunicación de barcos, submarinos, aviones y estaciones remotas, utilizando la banda de frecuencias UHF. Este Programa finalizó en el año 1989 y fue reemplazado por la generación de satélites UFO.

La necesidad de sistemas de comunicaciones por satélite seguros, ha requerido desarrollar protecciones muy robustas de los enlaces de satélite

TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

contra interferencias y pulso nuclear. Pertenecen a este tipo los Sistemas AFSATCOM (*Air Force Satellite Communications*) que trabaja en Frecuencia Extremadamente Elevada (EHF), UHF y banda X, utilizando distintas técnicas de protección como es el salto ágil en frecuencia (*Frequency-Hopping*).

El Sistema MILSTAR (I y II) es un sistema de comunicaciones militares por satélite muy robusto para trabajar en condiciones adversas, que permite comunicaciones de baja velocidad –2,4 Kilobyts por segundo (Kbps), y canales individuales hasta 1,5 Megabyts por segundo (Mbps). MILSTAR dispone de un centro de control de misión que distribuye la capacidad del satélite según las necesidades, así como realizar pruebas y control de los distintos satélites, mediante enlaces intersatélite. Los terminales pueden estar ubicados en instalaciones fijas y a bordo de barcos, submarinos o aviones, permitiendo utilizar antenas de pequeño diámetro (30 centímetros. en terminales de submarino), hasta tres metros en estaciones transportables de puestos de mando.

SISTEMA MILSTAR

En Europa, países como: Reino Unido, Francia, España, Italia y Alemania han desarrollado sistemas de comunicaciones militares por satélite.

El primer Sistema de comunicaciones por satélite implantado en Europa fue el denominado SKYNET de Reino Unido, compuesto por satélites similares a los IDSCP de Estados Unidos, siendo interoperable con estos satélites en comunicaciones terrestres y marítimas. Posteriormente se desarrollaron nuevos satélites, que trabajaban en la banda Frecuencia Superelevada (SHF), incorporando en otras versiones capacidad en UHF, banda S y EHF.

En Francia se siguió un proceso similar a través del Sistema SYRACUSE, cuyas primeras cargas útiles se embarcaron en el Sistema comercial de la empresa de telecomunicaciones France Telecom, a través de los satélites *Telecom 2*. Los satélites operados por esta compañía prestaban además de los servicios militares especializados, servicios comerciales para televisión, datos y telefonía. SYRACUSE utiliza banda X, e incorpora modulación CDMA para una mayor protección contra interferencias. Los últimos satélites lanzados incorporan nuevas tecnologías de procesado de señal a bordo, así como sistemas de antena inteligente, cubriendo comunicaciones estratégicas y tácticas.

TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

En Italia se puso en marcha el Programa público ITALSAT que proporcionaba comunicaciones civiles y militares. Con posterioridad se acometió el Programa SICRAL, compuesto por satélites que incorporan procesado a bordo de señal, así como comunicaciones en bandas L, Ku y K.

Alemania ha puesto en marcha el Programa SATCOMBW, que tiene por objetivo la creación de un sistema de comunicaciones militares compuesto por dos satélites, el primero lanzado en el año 2009 y el segundo en mayo de 2010. El sistema permite comunicaciones avanzadas de banda ancha en frecuencia de UHF, SHF y EHF, tanto estratégicas como tácticas.

En Europa se han intentado distintas iniciativas de cooperación en comunicaciones militares por satélite EUBSTS (*EUmilStacom*, *BimilSatcom* y *TrimilSatcon*) que no llegaron a término. Recientemente, Francia e Italia han puesto en marcha en cooperación el Programa ATHENA-FIDUS (*Access on Theatres for European Allied Forces Nations-French Italian Dual-Use Satellite*), cuyo objetivo es el lanzamiento en el año 2013 de un satélite de uso civil y militar que incorpore comunicaciones de banda ancha, en frecuencias K y EHF, así como avanzados sistemas de comunicaciones que aumenten la disponibilidad y capacidad, sirviendo de complemento a los Sistemas SYRACUSE y SICRAL. No obstante, dentro de la Unión Europea tras la creación de la Agencia Europea de Defensa cuyo objetivo es determinar necesidades operativas y las medidas para satisfacerlas, en el ámbito de la Política Común de Seguridad y Defensa (PCSD), se están realizando estudios relativos a capacidades de satélites de comunicaciones militares y gubernamentales con una óptica europea, que pudiesen definir en un futuro un sistema europeo de comunicaciones militares, interoperable con las capacidades nacionales de los Estados miembros, otros sistemas internacionales, y terceros países .

Programa de comunicaciones militares por satélite en España

Las comunicaciones militares por satélite en España se iniciaron a través del Sistema HISPASAT en el año 1992. Los satélites *Hispat* (*1A* y *1B*) eran satélites multimisión que incorporaban una carga útil militar en banda X con haces de cobertura global, fijos y orientables, con transpondedores para comunicaciones estratégicas con antenas fijas de gran diámetro, así

TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

como terminales a bordo de barcos, unidades transportables y sistemas portátiles (*Manpack*). Para el desarrollo de terminales se pusieron en marcha los Programas CICSAT y SECOMSAT que permitieron dotar a distintas unidades de terminales con velocidades muy variadas. Los primeros terminales de comunicaciones militares por satélite del Ejército español se desplegaron en las unidades integradas en las fuerzas de la Organización de Naciones Unidas (ONU) para el mantenimiento de la paz en la antigua Yugoslavia. Posteriormente, se desplegaron unidades en distintas operaciones internacionales que han seguido utilizando capacidad de satélite proporcionada a través del Sistema SECOMSAT, hasta el fin de vida útil de estos primeros satélites.

En el año 2001 se puso en marcha un nuevo programa de comunicaciones militares en España, previo al fin de vida útil de los satélites *Hispasat*. Para ello se constituyó la empresa operadora HISDESAT, con participación de empresas públicas: INSA y privadas: Hispasat, Indra, Sener, EADS-CASA Espacio que desarrolló el Sistema SPAINSAT/Xtar, compuesto por

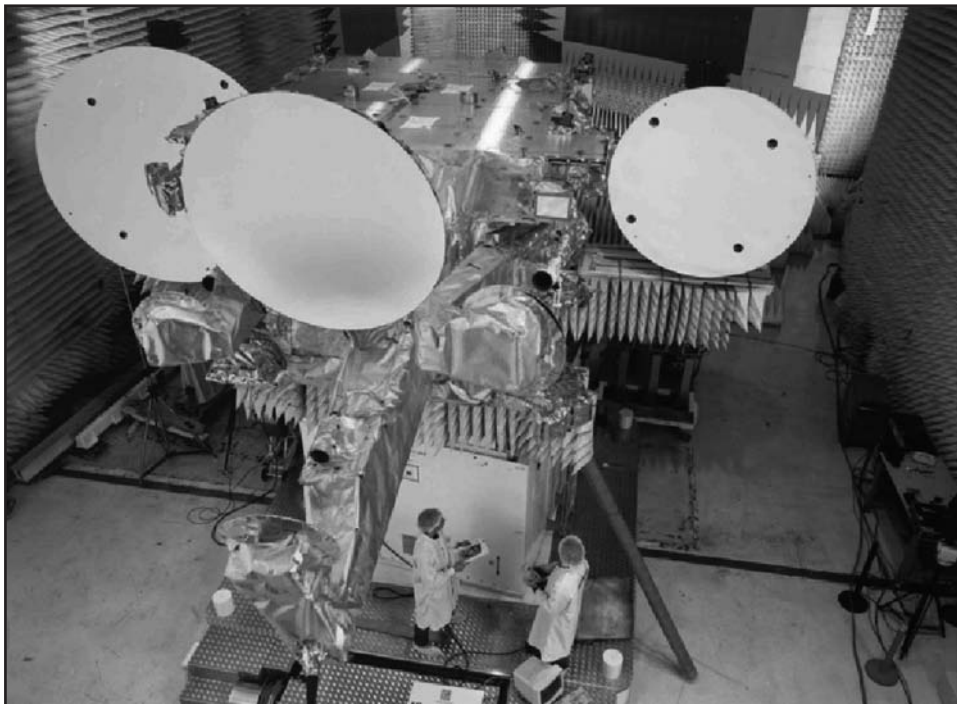


Figura 1.– Satélite Hispasat en fase de pruebas.

dos satélites (*SPAINSAT* y *Xtar-EUR*), en colaboración con la empresa americana Xtar. Esta capacidad, garantiza por un lado la continuidad del programa de comunicaciones militares por satélite, y por otro dota de mayor capacidad y funcionalidades al sistema de comunicaciones militares en España. El satélite *SPAINSAT* permite enlaces de satélite en banda X y banda K, y está dotado de mayor capacidad de comunicaciones, además de contar con haces fijos y orientables, y de un Sistema Avanzado de Antena Activa a Bordo (IRMA) que proporciona una mayor protección contra interferencias, figura 1.

Características de los sistemas de comunicaciones militares por satélite para la defensa

REQUISITOS Y NECESIDADES DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR SATÉLITE PARA LA DEFENSA

Los sistemas de comunicaciones por satélite para la defensa juegan un papel clave en las operaciones y organización de las unidades militares y tiene características propias que los diferencian de otros sistemas de satélite de uso civil, aunque compartan buena parte de las bases tecnológicas. Estas características son:

- Fiabilidad.
- Características y prestaciones elevadas.
- Larga duración.
- Necesidad de terminales ligeros y de alta resistencia.
- Posibilidad de despliegue en tiempos cortos y en cualquier lugar.

Los usuarios militares de comunicaciones por satélite requieren sistemas de fácil uso y disponibilidad garantizada, de tal forma que las comunicaciones y su operación no supongan un problema para la misión encomendada que es el objetivo principal. La fiabilidad en cualquier situación y el rápido despliegue de terminales, es un requisito básico ya que no existe infraestructura previa o no está disponible en la zona de despliegue de las fuerzas, y cada vez es más necesario disponer de movilidad de las mismas. Estas características condicionan en general el tipo de terminales de satélite y las tecnologías a utilizar, prefiriendo terminales de usuario para satélite de menor diámetro de antena, menores requisitos de potencia transmitida y de consumo general, así como durabilidad necesaria en zonas

terrestres, marítimas o aéreas, contando con protección anti vibraciones, protección electromagnética, protección contra agua y polvo, etc. Todo ello a su vez condiciona el desarrollo del satélite en cuanto a ancho de banda, potencia radiada y sistema de antena abordo, desplazando los mayores requisitos al propio satélite. Por otra parte, la necesidad de desplegar terminales en cualquier parte, requiere que el sistema tenga flexibilidad para acondicionar la capacidad de satélite y las coberturas, disponiendo de haces orientables desde el satélite, así como la posibilidad de interconectar distintos haces.

La fiabilidad de los sistemas de comunicaciones militares obliga a utilizar protección en los enlaces de satélite mediante sistemas de comunicación seguros y de alta resistencia contra interferencias como CDMA, Spread-Spectrum, etc., siendo necesario utilizar además sistemas de encriptación que garanticen la seguridad de las comunicaciones en ambiente hostil.

Bandas de frecuencia utilizadas en sistemas de satélites militares

Las bandas de frecuencia utilizadas por los satélites militares cubren un amplio espectro desde UHF hasta EHF. Los sistemas militares de Estados Unidos AF/FLT- SATCOM y UFO trabajaban en la banda de frecuencias 225/400 Megahertzios (MHz), en la que era frecuente sufrir interferencias procedentes de sistemas terrestres que compartían esas mismas frecuencias. En banda L –1,7/2,2 Gigahertzio (GHz)– existen también usos de comunicaciones militares por satélite, como es el Sistema SGLS.

La banda de frecuencias más utilizada por numerosos sistemas militares en diferentes países, es la banda X (7/8 GHz), que presenta una mayor protección frente a interferencias e incrementa el ancho de banda disponible respecto a las frecuencias más bajas. En esta banda se han desarrollado el sistema de comunicaciones militares de los satélites *Hispasat* y más recientemente el Sistema de satélite *SPAINSAT/XTAR*.

En la carrera por disponer de bandas de frecuencia más protegidas y mayores anchos de banda, se han desarrollado sistemas militares en las bandas K y K (19/21 GHz, 29/31 GHz y 43/45 GHz), utilizada por Sistemas como *SPAINSAT*, *ACTS*, *MILSTAR GBS* y *MILSTAR/K*.

En todos los casos la constante ha sido siempre la misma: incremento de frecuencias y mayores anchos de banda disponibles. Para ello ha sido

necesario desarrollar nuevas tecnologías y componentes, capaces de trabajar a frecuencias más elevadas, y sistemas de comunicaciones más robustos basados en protocolos de comunicaciones más eficientes y seguros, incrementando así la capacidad de los sistemas de comunicaciones militares por satélite. La utilización de frecuencias más elevadas ha requerido resolver determinados problemas tecnológicos, facilitando igualmente la disposición de terminales de satélite más pequeños y ligeros, a medida que se reducían los tamaños de antena de los mismos.

Necesidades de capacidad de satélites para la defensa complementadas con sistemas de satélites comerciales

Durante varias décadas el desarrollo de las comunicaciones militares por satélite se basó en sistemas diseñados y adquiridos por los propios ejércitos para su uso exclusivo. Sin embargo, a medida que el número de conflictos y operaciones de mantenimiento de la paz se han incrementado, ha sido necesario complementar la capacidad de los sistemas de satélites militares con capacidad adicional en sistemas comerciales, aprovechando su disponibilidad y cobertura sobre las zonas en conflicto.

En cuanto al uso de sistemas exclusivamente militares y sistemas comerciales, existe una cierta tendencia a canalizar a través de las capacidades de los satélites militares las comunicaciones críticas, mientras que las comunicaciones consideradas no críticas o de apoyo, se canalizan a través de sistemas comerciales de satélites. Compañías y operadores comerciales de satélites tales como *Intelsat*, *Eutelsat*, *Hispasat*, *Inmarsat*, etc., proporcionan capacidad que es utilizada por los ejércitos en distintos escenarios y situaciones.

Las misiones multinacionales en las cuales colaboran fuerzas de distintos países se han incrementado en los últimos años y parece ser una tendencia en el futuro, siendo necesario una mayor integración de arquitecturas de red, en distintas bandas de frecuencia, y diferentes sistemas de comunicaciones y proveedores de capacidad, tanto en sistemas de satélite militares como comerciales.

Los proveedores de capacidad comercial de comunicaciones por satélite, actúan igualmente como soluciones transitorias ante demandas crecientes que no pueden ser satisfechas de forma inmediata a través de sistemas militares.

Por otra parte, las capacidades de comunicaciones por satélite son un elemento más dentro de los presupuestos de la Administración Militar,

sujeto a criterios de eficiencia. El uso de capacidad procedente de sistemas comerciales, obtenida a precios competitivos es un elemento de control presupuestario que reduce las necesidades de inversión.

Se pueden plantear distintas alternativas o soluciones en función de las necesidades de capacidad especialmente en las áreas en conflicto (Oriente Medio, Asia, África, etc.). Estas soluciones contemplan colaboraciones público-privadas con entidades comerciales como es el caso de los Sistemas SKYNET, SICRAL y SPAINSAT en donde los usuarios militares definen sus requisitos en estrecha relación con las entidades comerciales, dejando a las mismas una cierta flexibilidad para elegir los medios con los que satisfacer las necesidades de comunicaciones por satélite. Por otra parte existen otras soluciones para albergar cargas útiles de uso militar a bordo de satélites de carácter comercial, como es el caso de *Hispasat* y sus primeros satélites (1A, 1B) en el año 1992, o el Programa HPP (*Hosted Payloads Program*) de la compañía Intelsat GC creado en el año 2009.

En Europa se están desarrollando soluciones de coordinación de sistemas militares de comunicaciones futuros, a través de la Agencia Europea de Defensa. Estas soluciones persiguen definir las capacidades que necesitarían los ejércitos de los distintos Estados miembros así como el desarrollo de un marco operativo del ESCPC (*European Satellite Communication Procurement Cell*) cuyo objetivo es la coordinación de las adquisiciones de capacidad de satélite, para la obtención de precios más competitivos de los sistemas comerciales.

Aplicaciones de satélites de comunicaciones para la defensa

COMUNICACIONES COTM-COTP

La movilidad es un aspecto valorado y demandado por los usuarios militares, especialmente en operaciones y en el campo de batalla, de tal forma que las comunicaciones sean accesibles para cada combatiente sobre el terreno. Los satélites de comunicaciones proporcionan flexibilidad en todo momento y lugar, sin necesidad de que exista infraestructura previa disponible. Basándose en estos elementos se ha desarrollado el concepto de Comunicaciones sobre la marcha por satélite COTM (*Communications On-The-Move*), en el que las unidades sobre el terreno acceden a todo tipo de información y comunicaciones desde los vehículos en los que se están desplazando, ya que los terminales a bordo del vehículo son capaces de seguir al satélite mientras

se desplazan. Con un solo salto desde el terminal hasta el satélite, las unidades involucradas en operaciones de comando y control pueden contactar con sus cuarteles y con otros escalones del mando, según sus necesidades. El incremento de Sistemas COTM, se debe principalmente al desarrollo de terminales con prestaciones elevadas, que pueden ser alojados en vehículos, gracias a protocolos y sistemas de comunicaciones robustos en condiciones de baja accesibilidad, y sistemas de antena capaces de mantener el apuntamiento al satélite de forma permanente independientemente de los cambios de orientación y movimientos del vehículo. La combinación de estos elementos garantiza una elevada disponibilidad del enlace de satélite.

Los protocolos de comunicación de los Sistemas COTM han de ser flexibles para admitir variaciones importantes en los niveles de transmisión y recepción del terminal más que bloqueos de la señal, debido al desapuntamiento de la antena del terminal terrestre hacia el satélite, así como interferencias por multitrayecto (reflexiones en objetos y elementos del terreno circundantes al terminal) y variaciones de frecuencia por efecto *doppler* debido a la velocidad del vehículo en casos extremos, siendo todos estos elementos característicos del canal de comunicaciones móviles por satélite. Los protocolos DVB-S2, los Sistemas de Modulación por Codificación Adaptativa (ACM), la modulación por espectro ensanchado y otros, son utilizados para resolver los retos de este tipo de comunicaciones. Como resultado se pueden obtener redes con velocidades de hasta 18 Mbps, con una gran variedad de interfaces (ISDN, WIFI, Ethernet) y soportando aplicaciones de VoIP, datos, imágenes, etc.

En cuanto a las antenas de los terminales de satélite, se montan sobre posicionadores o plataformas estabilizadas en tres ejes que compensan los movimientos del vehículo, detectando el nivel máximo del satélite mediante un receptor específico y los cambios de posición mediante acelerómetros de bajo coste. Con estos datos, la Unidad de Control de Antena actúa los servomotores acoplados a los ejes de la plataforma-posicionador de la antena corrigiendo el apuntamiento en cada momento, reduciendo así la pérdida de señal del satélite. Las antenas deben tener un perfil bajo sin destacar sobre el vehículo, al objeto de no suponer un blanco fácil, y gran robustez ante las dificultades derivadas del terreno y del ambiente del campo de batalla.

Los Sistemas COTM se utilizan en zonas montañosas y de difícil orografía proporcionando unos niveles elevados de disponibilidad del enlace, no sólo cuando los vehículos circulan por una carretera en condiciones aceptables, sino también en circunstancias más adversas sobre el terreno, zonas boscosas, pasos de ríos, etc.

TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

Actualmente un gran número de terminales COTM por satélite trabajan en frecuencias de banda L y en UHF, que permiten circuitos de baja velocidad. El uso de bandas de frecuencia más elevadas (X, Ku y K), permitirá conexiones de banda ancha, e interconexión con otras redes para disponer de productos e información de inteligencia, incluso de Plataformas Aéreas no Tripuladas, UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*).

Los Sistemas COTM permiten nuevos conceptos en comunicaciones militares como es el caso del *Landwarrior and Integrated Soldier System*, en el que cada soldado esta comunicado mediante conexiones radio terrestres a los vehículos de su unidad, y cada vehículo a su vez está conectado vía satélite con el cuartel y mando de la unidad, facilitándose incluso la interconexión con fuerzas aliadas en misiones internacionales. De esta forma la movilidad se aplica tanto a las fuerzas sobre el terreno, como a los puestos de mando que pueden ser igualmente móviles.

Los Sistemas COTM cubren un amplio espectro de aplicaciones en la Defensa: comando y control donde se requiere mayor ancho de banda y velocidad hacia el terminal remoto, y aplicaciones de Inteligencia Supervisión y Reconocimiento en las que el terminal remoto necesita más ancho de banda para transmitir los datos hasta sus cuarteles y unidades de mando, figura 2.



Figura 2.– Vehículo terrestre dotado de COTM.

TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

En el concepto de Comunicaciones en Parada, COTH (*Communications On the Halt*), las unidades están estacionadas durante un tiempo prolongado, permitiendo instalar estaciones terrenas de satélite semipermanentes, con antenas desmontables en pequeñas secciones (antenas de pétalos), y equipamiento ligero a bordo de un vehículo o *shelter*. En otros casos se trata de Comunicaciones durante la Pausa, COTP (*Communications on-the-pause*), en las que las unidades móviles eligen un lugar despejado desde el



Figura 3.– Vehículo terrestre de COTP.

que realizar sus comunicaciones, apuntando la antena del terminal de forma automatizada y rápida. Los requisitos de protocolos de comunicación y sistemas de apuntamiento de antena son menos exigentes que en los Sistemas COTM, figura 3.

Comunicaciones para UAV

Las UAV, tienen un uso creciente en las operaciones militares actuales y futuras. El desarrollo de estas plataformas ha sido posible gracias a elementos clave de la infraestructura espacial como son los sistemas de navegación por satélite y los satélites de comunicaciones. Por otra parte, el desarrollo de sensores compactos y de bajo peso (ópticos, infrarrojos, radar, etc.), han facilitado que las plataformas UAV se utilicen en operaciones militares de muy diferente tipo tanto en acciones de control, contraterrorismo, hasta operaciones en el ámbito de la seguridad, como puede ser el control de fronteras, la vigilancia marítima o el control medioambiental. En muchos casos se requiere que la UAV esté disponible y en vuelo durante largos periodos, requiriendo un control remoto permanente y capacidad de comunicaciones suficiente para transmitir a los centros de control en tierra toda la información de sus sensores, así como la recepción de órdenes de control de la misión, y cambios en el *software* desde tierra. Los satélites de comunicaciones, son una herramienta indispensable para las UAV, ya que permiten su despliegue en cualquier zona sin necesidad de infraestructura previa de comunicaciones, pudiendo encontrarse sus centros de control en tierra a gran distancia de los mismos.

Las UAV, transmiten video en tiempo real a través de enlaces de satélite con velocidades entre cuatro y siete Mbps permitiendo su uso en misiones tácticas no sólo para inteligencia, supervisión, control, sino también en la asignación de objetivos y obtención de los mismos. Gracias a los satélites, las UAV se han convertido en una parte integral de las misiones de guerra y de mantenimiento de la paz, así como en labores de seguridad interior y protección de fronteras entre otros. Las bandas de frecuencia en las que operan las comunicaciones por satélite para UAV son principalmente Ku y L, aunque de manera muy gradual se están introduciendo X y K, figura 4.

Las necesidades de los usuarios de UAV contemplan los siguientes elementos:



Figura 4.– Plataforma UAV Global Hawk.

- *Disponibilidad:* las comunicaciones necesarias para poder desplegar una UAV, tienen que estar disponibles en cualquier lugar donde sea requerido y en cualquier momento.
- *Ancho de banda:* los sensores a bordo de las UAV generan un flujo de datos cada vez mayor y su uso, cada vez más extendido, requerirá anchos de banda de satélite cada vez más importantes.
- *Seguridad y protección de las comunicaciones:* la importancia de las UAV en misiones de reconocimiento y en misiones y acciones tácticas, requiere un elevado grado de protección de las comunicaciones a utilizar.

Las UAV se están utilizando también en emergencias y catástrofes (terremotos, maremotos, inundaciones, incendios) de forma creciente. En estos casos, los satélites de comunicaciones se convierten en una herramienta complementaria imprescindible para las UAV ante la ausencia o destrucción de las redes de comunicaciones e infraestructura en la zona afectada, permitiendo así su despliegue rápido, en prácticamente cualquier lugar. Las UAV desplegadas sobrevuelan el lugar de la catástrofe transmitiendo la in-

formación de sus sensores (generalmente videoimagen) a través de enlaces de satélite, siendo utilizada esta en tiempo real por los órganos encargados de gestión de emergencias para evaluar los daños y seleccionar los medios de intervención más adecuados, según su naturaleza y situación.

Comunicaciones Móviles por Satélite (MSS)

Las comunicaciones móviles por satélite han utilizado tradicionalmente la banda L, y permite la comunicación de los usuarios mediante terminales portátiles y de rápido despliegue, pudiendo incluso ser embarcados en barcos y aviones. Desde hace años, las compañías INMARSAT e IRIDIUM son suministradores de este tipo de comunicaciones para ejércitos de numerosos países.

El Sistema INMARSAT de satélites geoestacionarios trabaja en banda L con terminales ligeros de fácil despliegue, que pueden ser integrados en vehículos, barcos y aviones, y en sistemas portables. Inicialmente se proporcionaban comunicaciones de muy baja velocidad para telefonía, pero actualmente se disponen de conexiones de mayor ancho de banda permitiendo la transmisión de datos, voz e imagen. Los requisitos de antena han ido disminuyendo notablemente, existiendo terminales de usuario con antena plegable, del tamaño de un ordenador portátil. La cobertura es casi global, salvo en las zonas polares de gran latitud, donde los satélites geoestacionarios tienen ángulos de elevación muy pequeños.

El Sistema IRIDIUM de satélites no geoestacionarios tiene cobertura prácticamente global, incluso en zonas polares, y permite la interconexión de terminales satelitales (personal y portátil) con redes terrestres. El terminal satelital es similar a un teléfono móvil de redes terrestres, salvo su mayor tamaño por la necesidad de una antena desplegable, y una batería más voluminosa por su mayor consumo. El concepto de funcionamiento del sistema es similar al de la telefonía celular terrestre, utilizando los satélites como estaciones base, que interconectan el terminal satelital del usuario con redes fijas en tierra y con otros terminales, para la transmisión de voz, y datos de baja velocidad.

Actualmente existen más de 300.000 terminales de usuario a nivel mundial destinados a comunicaciones móviles por satélite, que trabajan sobre ambos sistemas y otros similares, siendo principalmente utilizados para voz y en menor cuantía para datos e imágenes.

Comunicaciones de apoyo a unidades desplazadas

Los satélites de comunicaciones permiten un cierto nivel de comunicación individual de los militares desplazados en misiones de larga duración. Para ello se pueden desplegar sistemas de comunicaciones vocales, datos, acceso a Internet, utilizando para ello estaciones terrenas que permiten la interconexión vía satélite con el país de origen o con centros nodales de tráfico.

En las instalaciones donde están alojadas las unidades militares en este tipo de misiones, la interconexión de ordenadores portátiles y otros equipos se puede realizar mediante *routers* y conexiones WIFI, permitiendo un despliegue rápido y sencillo del sistema. Con estos sistemas se facilita el acceso a programas de radio, periódicos, noticias y otras informaciones, que facilitan la interrelación de los militares con sus familiares y amigos durante las misiones de larga duración.

Para este tipo de sistemas suele utilizarse capacidad sobre sistemas comerciales, al considerarse este tipo de necesidades como no críticas.

Tendencias en la demanda de sistemas de comunicaciones militares para la defensa

Las principales tendencias en los sistemas militares de comunicaciones por satélite son las siguientes:

- Incremento de ancho de banda y nuevas bandas de frecuencia para los satélites militares.
- Uso de los satélites en el Desarrollo de Operaciones en Red, NCO (*Network Centric Operations*).
- Colaboración público-privada en el desarrollo de infraestructuras de satélite para uso gubernamental y de defensa.

INCREMENTO DE ANCHO DE BANDA Y NUEVAS BANDAS DE FRECUENCIA PARA LOS SATÉLITES MILITARES

La experiencia acumulada en el uso de los sistemas de comunicaciones por satélite indica, que a medida que éstos se incorporan a las necesidades de la defensa, los usuarios requieren mayores capacidades y prestaciones de los sistemas. En el transcurso de los últimos 20 años, las necesidades de datos se han multiplicado por 50 tomando como referencia los efectivos

TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

desplegados en distintas operaciones militares. En la operación *Tormenta del Desierto* del año 1991, en la que se hizo un uso intensivo de las comunicaciones por satélite, se utilizó un ancho de banda total equivalente de 100 Mbps, con una fuerza total desplegada de 542.000 efectivos, mientras que en las actuales operaciones desarrolladas en Irak el ancho de banda utilizado es de 2.400 Mbps con una fuerza desplegada de 235.000 efectivos. La tendencia de incremento de ancho de banda es creciente y sigue leyes parecidas a las aplicables a la capacidad y velocidad de los sistemas de procesado (Ley de Moore), incrementando de forma exponencial el ancho de banda disponible y el volumen de datos requeridos por cada efectivo desplegado.

En cuanto a bandas de frecuencia, los sistemas de comunicaciones militares por satélite han ido incorporando frecuencias cada vez más elevadas, lo que permite también incrementar el ancho de banda disponible. Se ha pasado de los sistemas iniciales en UHF a bandas de frecuencia más elevadas como son la banda X (7/8 GHz), banda Ku (12/14 GHz) y banda Ka (20/30 GHz), y actualmente se están considerando nuevas bandas de frecuencia más elevadas (S, Q y V) que suponen retos tecnológicos muy importantes en componentes y sistemas de satélite, para poder satisfacer las necesidades crecientes de las unidades militares y sus sistemas de comunicaciones.

USO DE LOS SATÉLITES EN EL NCO

El concepto militar de NCO requiere un uso más eficiente de los distintos elementos utilizados por los ejércitos (personal, sistemas de mando y control, sensores, sistemas de armas, plataformas, etc.) haciéndolos interoperables y más eficientes, independientemente de donde se encuentren. Los satélites de comunicaciones militares son un instrumento adecuado que permite la interconexión de forma flexible entre los distintos nodos de la red, al proporcionar capacidad de comunicaciones allí donde los recursos están disponibles, y con unas necesidades de infraestructura reducidas, facilitando un despliegue rápido. La interoperabilidad requiere el desarrollo de aplicaciones de comunicación ágiles, acordadas previamente entre los distintos participantes, y resistentes ante las amenazas de los distintos ambientes en que se van a desarrollar las comunicaciones, tanto estratégicas como tácticas.

Por otra parte la utilización de Protocolos de Internet (IP) adaptados a satélite IPoS tiene ventajas en términos de flexibilidad, eficiencia en el uso

TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

de los enlaces, y capacidad de interconexión en comparación con el uso clásico de circuitos. El Protocolo IPoS permite segmentar la información de todo tipo (voz, datos, imagen, etc.) en paquetes identificados para su destinatario. En cuanto a flexibilidad, el IP no necesita un conocimiento previo de cuáles son los enlaces que es necesario establecer, pudiendo utilizar el sistema sin una asignación previa de capacidad en función del tiempo. Esto contribuye a utilizar la capacidad de satélite y sus enlaces de forma más eficiente, especialmente con capacidad de procesado y direccionamiento de tráfico a bordo del satélite, ya que se elimina la necesidad de «doble salto» para interconectar terminales remotos sin pasar por un nodo central (*hub*). Igualmente se obtienen ventajas en la topología de red al permitir redes totalmente interconectadas, además de las estructuras clásicas de redes en estrella, o enlaces punto/punto.

COLABORACIÓN PÚBLICO-PRIVADA EN EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURAS DE SATÉLITE PARA USO GUBERNAMENTAL Y DE DEFENSA

El modelo de cooperación público-privado permite el desarrollo de infraestructuras sin estar sujeto a los avatares presupuestarios, y ha sido seguido ampliamente en el caso de: España, Reino Unido, Alemania, y parcialmente en Francia e Italia. En Estados Unidos no ha sido utilizado este instrumento para la creación de infraestructuras de comunicaciones por satélite militares, aunque sí existen colaboraciones con empresa comerciales y privadas para el suministro de capacidad de satélite. Sin embargo, la Administración Federal de Estados Unidos utiliza este mecanismo de colaboración público-privada para el desarrollo de infraestructuras penitenciarias y sus servicios adicionales (servicios farmacéuticos y médicos, transporte de presos, alimentación, etc.). La colaboración público-privada aplicada al campo de las comunicaciones militares por satélite consiste en el desarrollo de la infraestructura de comunicaciones por satélite (satélites y sus estaciones de control, redes y terminales de usuarios, interconexión con otras redes) mediante inversión privada, que obtiene su amortización y un beneficio razonable sobre el capital aportado a través de un contrato con la Administración Pública, generalmente a largo plazo, reteniendo, esta última derechos que garanticen la prestación del servicio y el acceso a la infraestructura.

Bajo esta figura se han desarrollado los Programas de comunicaciones militares SKYNET 3 y 4 a través de la iniciativa denominada PARADIGM,

en la que una compañía operadora privada financia y opera los satélites y otras infraestructuras terrestres, proporcionando la capacidad que necesita el Ejército de Reino Unido en operaciones militares en las que participa. La capacidad excedentaria de los satélites *Skynet*, es ofrecida a otras administraciones de países aliados a través de la empresa operadora, garantizando un cierto nivel de interoperabilidad de los sistemas.

Un caso similar en España fue HISPASAT y posteriormente el Sistema SPAINSAT/Xtar de HISDESAT, sistemas de comunicaciones militares desarrollados por compañías privadas, en las que participan socios privados y existe una participación pública minoritaria, y que han permitido el desarrollo de sistemas complejos de comunicaciones por satélite con un impacto reducido en las cuentas públicas. La Administración Pública española mantiene una participación en la compañía operadora, garantizándose el control de los objetivos de la misma. Igualmente la capacidad de satélite excedentaria se ofrece a terceros países aliados, contribuyendo a la viabilidad económica de la compañía y el establecimiento de lazos de cooperación internacional. Las colaboraciones público-privadas se están aplicando en distintos ámbitos de la Administración Pública y constituyen un instrumento financiero muy útil en el desarrollo de infraestructura y servicios.

La colaboración público-privada ofrece ventajas en el desarrollo de los programas de comunicaciones por satélite tanto en los aspectos programáticos como en sus prestaciones y coste. El interés de la parte privada en la recuperación de sus inversiones desde la puesta en marcha de los sistemas, incentiva el control del calendario, así como la obtención de las prestaciones esperadas, ya que en caso contrario pueden existir penalizaciones por la parte pública al no obtenerse los objetivos globales del programa. Este tipo de colaboraciones es accesible a grandes empresas constructoras y operadoras de infraestructuras que poseen una capacidad financiera elevada, planificando su operación a largo plazo (10-15 años), durante la vida operativa de la infraestructura en cuestión. Un aspecto relevante de la colaboración público-privada es el análisis, distribución y control de riesgos a lo largo del periodo de creación y explotación de la infraestructura. En el caso de satélites de comunicaciones, los riesgos están relacionados principalmente con el calendario de puesta en marcha del sistema, las prestaciones que debe proporcionar, el tráfico y utilización que se va a realizar a lo largo de su vida útil, y con la operación y funcionamiento en órbita (fallos durante el lanzamiento, anomalías de operación orbital), y el reemplazamiento o incremento de capacidad en órbita.

TELECOMUNICACIONES POR SATÉLITE EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

Por otra parte, la frontera entre comunicaciones y aplicaciones críticas y no críticas en comunicaciones militares es difusa. El análisis de las necesidades de capacidad de satélite utilizadas en las distintas zonas de conflicto que han surgido en los últimos años, muestra que inicialmente se concentran sobre la zona capacidades de satélites militares, que son complementadas con capacidad de otros sistemas comerciales. La incertidumbre en la duración y el incremento exponencial de ancho de banda que se despliega para las unidades militares sobre el terreno, contribuyen a esta colaboración mantenida durante largos periodos de tiempo. Los sistemas comerciales actúan como amortiguador de las necesidades de capacidad que surgen de manera no previsible, y que en años posteriores pueden ser absorbidas por sistemas militares propios tras una planificación y desarrollo más detallado.

PEDRO MOLINERO SANZ

Director general de HISPASAT (Canarias)

TECNOLOGÍAS PARA UNA ASISTENCIA SANITARIA GLOBAL: LA TELEMEDICINA

Introducción a la Telemedicina

Cuando a principios del pasado siglo, un médico con dudas sobre la sintomatología de alguno de sus enfermos, hacía preguntas por teléfono a un colega suyo, para confirmar lo que según su opinión podía ser la conclusión relativa a la enfermedad que el citado paciente pudiera padecer, al fin y al cabo estaba realizando una sesión de Telemedicina. Es decir había una teletransmisión de datos médicos, en este caso por voz a través del hilo telefónico, para que fueran interpretados por un especialista ubicado en un punto remoto, con la intención de que proporcionara o confirmara un diagnóstico sobre el que el médico generalista no se atrevía a decidir.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

No es posible precisar con exactitud cuando fue la primera vez que las telecomunicaciones se utilizaron como ayuda para la práctica de la medicina. Y menos aún cuando de la necesidad, surgió la idea de transmitir por los medios disponibles en la época, información relativa a temas de salud. En la Edad Media por ejemplo se sabe que las epidemias de peste se daban a conocer a lugares remotos por medio de hogueras o utilizando heliógrafos.

A medida que surgían nuevas tecnologías, su incorporación a la idea anterior era muy rápida. La transmisión telegráfica ya fue utilizada en la guerra civil americana, para remitir relaciones de bajas en las batallas y para solicitar suministros médicos. Desde el año 1900, una vez establecido el uso normal del teléfono para las comunicaciones de voz, empezó a ser usado por los médicos en sus actuaciones profesionales y todavía su em-

pleo, por la universalidad y globalización de su red de usuarios y por la evolución permanente de las tecnologías que utiliza en una constante adaptación a los requisitos que se le exigen, mantiene protagonismo entre los demás medios, para realizar intercambio de información médica.

La transmisión por ondas hertzianas, la radio en términos vulgares, fue utilizada en entornos médicos con cierta relevancia durante la Primera Guerra Mundial. Escenarios idóneos para esta forma de transferir información médica durante el periodo transcurrido entre la Primera y la Segunda Guerra Mundial, fueron remotas áreas de gran extensión y escasamente pobladas, tales como Australia y Alaska, con equipos de radio bidireccionales, alimentados por generadores movidos por pedales de bicicleta, para comunicarse con el lejano hospital que les atendiera. Pero también la radio fue utilizada durante la guerra de Corea en las decisiones sobre el envío mediante helicópteros, de equipos de médicos a zonas de operación (la película *MASH* lo muestra con humor).

PRIMEROS PASOS

Los programas espaciales con vehículos tripulados de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) norteamericana en los años sesenta, fueron el origen de desarrollos de los que los sistemas actuales de Telemedicina se han beneficiado. Desde que en abril del año 1961, el astronauta soviético Yuri Gagarin permaneciera algo menos de dos horas en el espacio, se fueron continuamente incrementando no sólo la duración de los vuelos sino también la complejidad de las misiones y en consecuencia el número de componentes de la tripulación. Cuatro días estuvieron en el espacio, Armstrong, Aldwin y Collins del *Apollo 11*, en julio de 1969, cuando consiguieron la hazaña de ser los primeros hombres que pisaban la Luna y unos pocos meses más tarde, en noviembre del mismo año, el vuelo del *Apollo 12*, con una tripulación de tres astronautas que realizaron con éxito las actividades programadas en la superficie lunar, tuvo una duración de 10 días.

Consecuencia lógica de esta continua progresión en el crecimiento de la duración de los vuelos espaciales y del número de tripulantes, fue el enorme impulso a las actividades de investigación y desarrollo sobre Telemetría, emprendidas por la misma NASA, la cual, aplicada a parámetros médicos, permitía la monitorización de las funciones fisiológicas de los astronautas

por médicos de especialidades diversas, desde estaciones terrestres a millones de kilómetros de distancia.

Inicialmente los científicos de la NASA estaban preocupados por los efectos psicológicos que, por la continua exposición a una gravedad cero, se podrían presentar en los tripulantes, con los consiguientes efectos perjudiciales para su salud y, porqué no decirlo, para el éxito de la misión. Habiéndose comprobado que cada astronauta podía ser monitorizado por médicos desde la Tierra, una pléyade de científicos e ingenieros desarrollaron sofisticados sistemas de telemetría biomédica y telecomunicaciones para ser utilizados al efecto. Y así, de una forma continua se podía analizar la información transmitida sobre el ritmo cardíaco, la presión sanguínea sistólica y diastólica y la temperatura de cada uno de los tripulantes.

Pero a medida que la duración de los vuelos se hacía mayor, se iban desarrollando sistemas con los que se podían reproducir sesiones similares a las que se llevaban a cabo en tierra, con el paciente atendido por un médico en su consulta. De esta forma se mejoraban considerablemente las posibilidades de monitorizar, diagnosticar y tratar al personal en vuelo, con los mismos niveles de calidad que si el astronauta hubiera finalizado su misión.

El siguiente factor que afectó de forma muy importante a la evolución de la Telemedicina fue la introducción de la televisión que no sólo fue una herramienta trascendental en las sesiones entre médicos y pilotos de la NASA sino que se extendió su aplicación a los diversos programas que se estaban realizando para medios rurales donde concurrían una necesidad de asistencia médica y una considerable distancia entre médico y enfermo que hacía imposible la atención directa de este último por el primero.

Y así, aplicando al entorno sanitario los importantes desarrollos que se produjeron a finales de los años cincuenta, en circuitos cerrados de televisión y video telecomunicaciones, en el año 1964 se estableció un enlace video interactivo entre un centro psiquiátrico en Omaha (Nebraska) y el Hospital Estatal de Norfolk, a 112 millas de distancia. Un poco más tarde, en el año 1967, se instaló el primer sistema completo de Telemedicina que permitía encuentros entre médicos y pacientes, enlazando el centro de atención primaria del Boston's Logan Airport con el Massachusetts General Hospital. Durante los periodos iniciales de experimentación y pruebas se pudo comprobar que los historiales médicos, las placas de rayos X y los datos de laboratorio podían ser transmitidos con éxito y que los diagnósticos remotos eran posibles a través de la televisión interactiva.

Durante finales del año 1969 y principios de los años setenta, en Estados Unidos se consiguieron fondos del Gobierno Federal para diversos proyectos de Telemedicina en programas de investigación y demostración de sus capacidades, cada uno de ellos dirigido a un área específica sobre temas de asistencia sanitaria, tanto relativos a la capacidad de los equipos a emplear como a la idoneidad de los diagnósticos obtenidos.

Muchos de estos programas se desarrollaron en áreas rurales donde la asistencia sanitaria era realmente un problema crítico. Entre los mismos podemos citar, INTERACT, con base en la Dartmouth Medical School de Hanover (New Hampshire); al de Rural Health Associates de Farmington (Maine); al del Blue Hill Memorial Hospital de Blue Hill, (Maine); y al Programa de Telemedicina de Puerto Rico (Ponce), Puerto Rico.

Desde los años 1970 a 1975 surgieron cerca de 20 proyectos de este tipo. Citaremos como pionero el proyecto STARPAHC (*Space Technology Applied to Rural Papago Advanced Health Care*) impulsado por la NASA para proporcionar asistencia sanitaria a los indios papago en su reserva del estado de Arizona. El equipo que se utilizó fue un vehículo medicalizado, manejado por dos paramédicos de raza india, que transportaba una cierta cantidad de instrumentos médicos, entre los que incluía un electrocardiógrafo y un aparato de rayos X. El vehículo estaba enlazado también por microondas con médicos especialistas del Public Health Service Hospital de San Francisco.

Detenemos en los numerosos intentos y programas que desde entonces y hasta mediados de los años noventa del pasado siglo, se han ido sucediendo sin ninguna coordinación aparente, carece de sentido para el propósito de este trabajo y su extensión excedería con mucho los límites del mismo. Sólo queda entonces reseñar que es en estos años cuando aparecen políticas promovidas por organizaciones internacionales, para un intento de sistematizar la amplia experiencia obtenida con los diversos programas que de forma puntual se habían realizado hasta entonces, para normalizar la aplicación y empleo de las nuevas tecnologías en el campo de la salud.

DEFINICIONES Y CONCEPTOS GENERALES

En el mundo de las aplicaciones relacionadas con la salud, conviven tres conceptos, de límites generalmente confusos, diferenciados por el ámbito de su utilización y que vamos a tratar de aclarar mediante el gráfico de la figura 1. Estos tres conceptos, respetando sus nombres en lengua inglesa

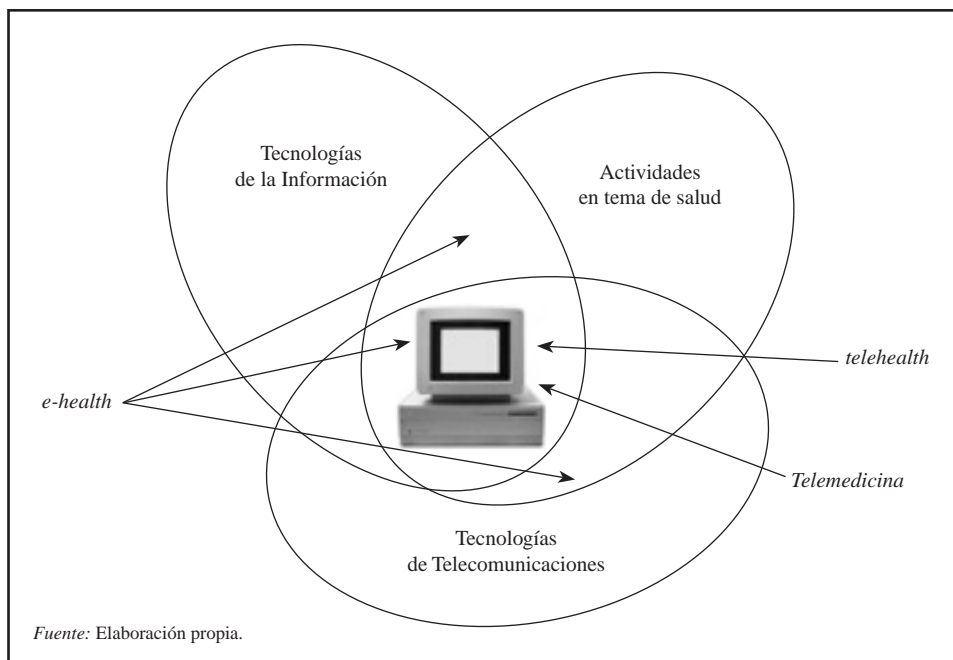


Figura 1.— e-health, telehealth y Telemedicina.

por ser así más ampliamente conocidos, son *e-health* (e-salud), *telehealth* (telesalud) y Telemedicina.

Apoyándonos en la citada figura, todas aquellas actividades en temas de salud que para su desarrollo requieran el empleo de Tecnologías de Telecomunicaciones y/o de Tecnologías de la Información son actividades de *e-health*. Dentro de estas existiría un grupo que precisaría del uso de ambas tecnologías, grupo que entraría dentro de las actividades de *telehealth*. Finalmente, la Telemedicina estaría compuesta por aquellas actividades de *telehealth* que se refirieran al intercambio de información médica a través de comunicaciones electrónicas entre dos sitios distantes, para mejorar el estado de salud de un paciente.

En este sentido la Organización Mundial de la Salud, WHO (*World Health Organization*), en el año 1997 definía la Telemedicina como la prestación de servicios médicos, cuando la distancia es un factor crítico, por profesionales que utilicen Tecnologías de la Información y de Telecomunicaciones en el intercambio de información válida para la diagnosis, tratamiento y prevención de enfermedades y lesiones, para investigación y

evaluación, así como para la formación permanente del personal sanitario, todo con el fin de mejorar la salud de las personas y las condiciones sanitarias de las comunidades en que viven

El concepto de *e-health*, fue promovido en el año 1999 por John Mitchell, en un estudio nacional de Telemedicina en Australia, como un sector relacionado con la salud, equivalente al *e-commerce* de las actividades comerciales. En ese estudio se investigaba el punto de vista de que, con la convergencia de tecnologías y el consecuente incremento de posibilidades para realizar múltiples funciones con estas tecnologías no era razonable potenciar la Telemedicina aisladamente de los otros usos, que resultaban de la aplicación de otras tecnologías emergentes en el área de la salud. Se analizaron en profundidad 19 casos y se demostró claramente que al ser como puede verse en la figura 1, *telehealth* y Telemedicina una parte de *e-health*, el coste eficacia mejora considerablemente cuando en ambas se utilizan de forma integrada, las Telecomunicaciones y las Tecnologías de la Información empleadas en el sector de la salud.

Según Mitchell, en una definición recogida en el estudio citado que todavía es vigente, se entiende por *e-health* la utilización combinada en el sector de la salud, de comunicaciones electrónicas y Tecnologías de la Información, con propósitos clínicos, educacionales y administrativos, tanto localmente como a distancia.

De la figura 1 se desprende que la Telemedicina está incluida en la *telehealth*, pero que no están claramente definidos sus límites. Vamos por ello a insistir un poco más en este concepto.

Telemedicina significa medicina practicada a distancia e incluye tanto diagnóstico y tratamiento, como también la educación médica. Es un recurso tecnológico que posibilita la optimización de los servicios de atención en salud, ahorrando tiempo y dinero y facilitando el acceso a zonas distantes para tener atención de especialistas. Otras aplicaciones de gran utilidad y profusión son las educacionales donde el conocimiento de especialistas y expertos puede ser transmitido, a través de redes dedicadas, hasta alumnos con titulación de medicina o de enfermería que de esta forma remota pueden incrementar sus conocimientos, apoyados por profesores dedicados y hasta con la presencia de pacientes.

En ambos casos, el proceso se puede representar por el esquema de la figura 2. Una fuente de información, simbolizada por el redondel de la izquierda, transmite hacia un punto lejano (redondel de la derecha) los datos de un paciente, tal como las opiniones del médico generalista sobre su dolencia,

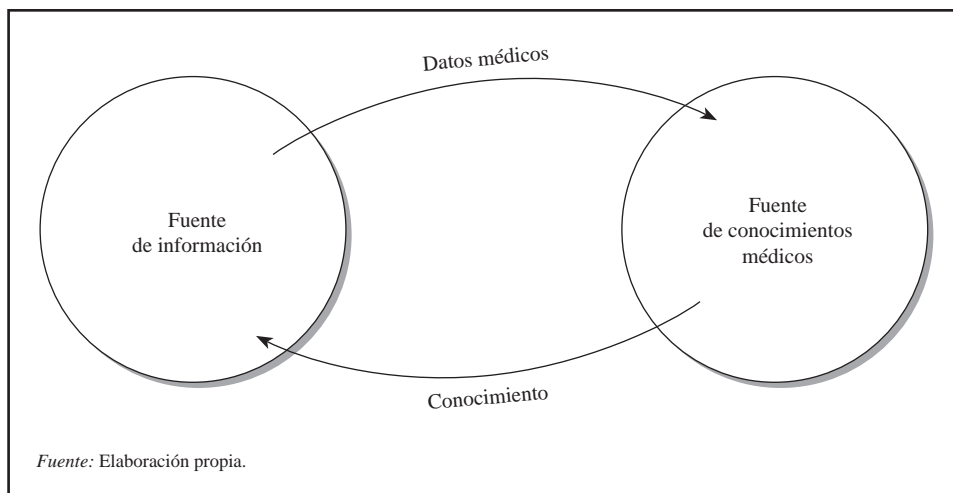


Figura 2.– Esquema.

anamnesis, parámetros clínicos, historiales, sesiones de videoconferencia, resultados de análisis, etc., información que procesada por el o los especialistas que se integran en la fuente de conocimientos médicos del redondeo de la derecha, conforma el conocimiento que se transmite, hasta puede ser que en tiempo real, hacia el punto donde se originó la necesidad. Para el caso de aplicaciones educativas el esquema es fácilmente aplicable, sin más que reemplazar enfermo por alumno y médico especialista por profesor.

La Telemedicina abarca diferentes servicios hacia pacientes o alumnos, entre los que se pueden citar:

- Sesiones clínicas con diagnósticos en tiempo real por parte de un médico especialista en un área determinada.
- Servicios complementarios entre médicos especialistas, como por ejemplo la obtención de una segunda opinión.
- Educación remota de alumnos de las escuelas de enfermería y medicina.
- Servicios de archivo digital de exámenes radiológicos, ecografías y otros.

Ello se traduce, en el caso de procesos educativos en una disminución de tiempos entre la realización de exámenes y la obtención de resultados, o en el caso de prestación de servicios clínicos en la mejora de atención especializada para la obtención de acertados diagnósticos, evitando viajes de larga duración y elevado coste, con las consiguientes reducciones en tiempo y dinero.

El papel impulsor de organismos internacionales

La Telemedicina es un concepto global. Su evolución ha demostrado claramente este postulado. De las primeras sesiones locales, cuando entre dos puntos se producía una necesidad de intercambio de conocimientos médicos y se empleaban, con mucha imaginación, los medios técnicos disponibles para satisfacerla, se pasó a la creación de redes, cubriendo multitud de puntos emisores y receptores de las ingentes cantidades de información que a través de ellas circulaba. Todo ello hacía necesaria la elaboración previa de protocolos y estándares de utilización, así como la definición y aprobación de normas para las debidas garantías de seguridad y confidencialidad en su operativa. Y las redes, que habían surgido de los intereses comerciales de compañías médicas y de comunicaciones, se quedaron pequeñas. Se hacía patente que el motor impulsor para el estudio y creación de nuevos sistemas debía ser el individuo, el sujeto generador de esa necesidad, al que aplicar los avances que se fueran obteniendo. Y ello precisaba una toma de conciencia de organizaciones internacionales que se involucraran y dieran vida y cuerpo a dicho concepto global.

LA ASOCIACIÓN AMERICANA DE TELEMEDICINA,
ATA (*AMERICAN TELEMEDICINE ASSOCIATION*)

La ATA fue creada en el año 1993, como una organización sin ánimo de lucro que perseguía relacionar diversos grupos de la medicina tradicional, de la académica, compañías tecnológicas y de telecomunicaciones, asociaciones profesionales de médicos y de técnicos sanitarios, sociedades médicas y hasta gobiernos, en general todo lo que estuviera implicado en la *He-health*, para promover la expansión de la Telemedicina por todo el mundo. Con sede en Washington D.C., rápidamente se desplegó por todo el territorio americano y dispone de miembros asociados en muchos países del mundo.

Entre las principales actividades de la ATA se incluyen:

- Educar, desde al público en general hasta a los mismos gobiernos, dando a conocer que la Telemedicina es un componente esencial en la provisión de una moderna asistencia médica.
- Actuar como cámara de compensación para la información telemédica y servicios.
- Fomentar la colaboración entre diversas partes interesadas en medicina y tecnología.

TECNOLOGÍAS PARA UNA ASISTENCIA SANITARIA GLOBAL...

- Promover la investigación y la educación, incluyendo el patronazgo de reuniones científicas educacionales.
- Elaborar y difundir estándares y protocolos apropiados para establecimientos médicos e industriales.

Fundamentalmente la ATA está creando las bases para asegurar una calidad uniforme en la provisión de servicios clínicos remotos, mediante la producción de guías prácticas de procedimientos y estándares, tanto en el ámbito médico como en el industrial para los equipos.

LA TM ALLIANCE

La Comunidad Europea, a través de la Agencia Europea del Espacio (ESA), ha llevado a cabo estudios de importancia sobre sistemas globales de Telemedicina y su posible presencia en la sanidad de estos primeros 10-15 años del siglo XXI.

Estos estudios se realizaron bajo el Programa conocido por TM Alliance dentro del V Programa-Marco de la misma. Su objetivo general era formular las líneas generales de las políticas de aplicación de la He-health a los ciudadanos europeos, definiendo los pasos a seguir en la creación de una red personal de asistencia sanitaria de la que todos podrían ser usuarios.

Las entidades participantes en esta TM Alliance eran organizaciones internacionales integradas por un amplio abanico de naciones, con lo que podían aportar los diferentes, en su caso, puntos de vista de cada una de ellas. Además eran organismos especializados en cada uno de los temas que se iban a desarrollar dentro de las áreas a considerar en la referida formulación.

Las entidades fueron:

- La ESA, con una posición clave en Europa por su reconocida capacidad en ciencia y tecnología y su experiencia en la aplicación de esta capacidad a las comunicaciones por satélite. Las teleoperaciones y el control de tripulaciones en órbita espacial sobre la Tierra, ha proporcionado a la Agencia, a lo largo de las dos últimas décadas, una considerable experiencia en tecnologías para la monitorización médica del personal embarcado. Igualmente la ESA ha adquirido una amplia experiencia en la coordinación y control de proyectos internacionales que abarcaban una gran variedad de disciplinas, consiguiendo para la Agencia el reconocimiento de los Estados miembros por su calidad, funcionalidad y fiabilidad. Dentro de la ESA, la organización que lideró el desarrollo

del Programa fue ESTEC (*European Space Research and Technology Centre*) ubicada en Noordwijk (Holanda) y fueron dos de sus grupos de investigación, de una parte el ESA Human Spaceflight Directorate, con experiencia en tecnología avanzada de sensores, monitorización remota de parámetros médicos, soluciones avanzadas de *software* para entrenamiento y aplicaciones de *e-learning*. De otra, el ESA Telecommunications Department, responsable de coordinar, dar forma y prestar apoyo a la innovación en las comunicaciones por satélite.

- La WHO, Agencia especializada de Naciones Unidas cuya principal responsabilidad se refiere a temas de salud pública en el ámbito internacional. Tiene un interés especial en la Telemedicina como solución a problemas relativos a la monitorización remota y control de enfermedades. WHO/Europe es una de las seis oficinas regionales que existen en este mundo, cada una de ellas con programas propios dirigidos a resolver los particulares problema de salud de las regiones en las que están ubicadas. En particular, la región europea, con 870 millones de habitantes, comprende desde Groenlandia en el noroeste y el Mediterráneo en el sur, hasta la costa del Pacífico de la antigua Federación Rusa. WHO tiene su cuartel general en Ginebra (Suiza), mientras que WHO/Europe está ubicada en Copenhague (Dinamarca) y mantiene en Barcelona una oficina, la Integrated Healthcare Services, que también ha participado en el proyecto.
- La Unión Internacional de Telecomunicaciones, ITU (*International Telecommunication Union*) es, al igual que WHO, otra agencia especializada de Naciones Unidas que ha elaborado miles de estándares y recomendaciones para tele y radio comunicaciones. Sus conocimientos y experiencia han sido de gran utilidad para el Programa TM Alliance en las áreas de redes de telecomunicación y aplicaciones, estándares y seguridad.

LA TM VISION

La primera conclusión del TM Alliance fue poner como ya se ha expuesto, al ciudadano en el centro de su visión, para formular un sistema de salud que fuera capaz de atenderlo en sus necesidades de servicios médicos. Esta visión, aunque evidente en teoría era muy difícil de realizar en la práctica, no siendo como ocurre hasta ahora, dicho ciudadano el sujeto de los cuidados sino que más bien era el objeto de los mismos. No es nada fácil para

una persona, al contrario de lo que puede ocurrir con sus datos financieros, acceder a sus datos de salud y son innumerables las veces que se tienen que repetir informes e historiales médicos por esta circunstancia. Seguramente si cada uno tuviera el control de sus datos, esto sería evitable.

La propuesta por lo tanto, de sistemas de salud centrados en el ciudadano es difícil de realizar. Es difícil pero no imposible. Faltan actitudes, organización y procedimientos, pero no falta la tecnología ni los medios. Y los conceptos de *e-health* pueden facilitar enormemente el proceso y la educación y difusión de sus principios mejorarán las actitudes negativas que por seguir antiguas rutinas, pudieran permanecer.

Otro de los mayores problemas que dificultan la expansión de la Telemedicina es el tema de la privacidad y la seguridad de los datos, cuya transmisión requiere de mecanismos para garantizar la autenticación, privacidad e integridad del intercambio entre los diferentes actores que juegan un papel en el proceso, profesionales sanitarios y pacientes.

Finalmente en el estudio también se consideraron como factores problemáticos a tener en cuenta, las diferencias culturales entre los diversos países europeos y la necesidad de crear una infraestructura tecnológica, no sólo referida a la Tecnología de las Comunicaciones, suficiente en el momento actual para cubrir las necesidades de *e-health*, sino a otras como la imaginaria digital, que ha evolucionado desde imágenes en 2D soportadas en papel a sistemas de imágenes 3D digitales almacenadas en soporte electrónico o como los sistemas de adquisición de datos y su tratamiento, cubriendo los aspectos de identificación, selección y muestreo, para procesos informáticos posteriores.

Vemos pues que el Programa TM Alliance no puede considerarse en la práctica como terminado. De ahí que requiera una segunda fase para hacer realidad el unificado sistema europeo de *e-health* que perseguía. Esta segunda fase es el llamado TMA-Bridge, participado por los mismos agentes que llevaron a cabo el TM Alliance y que intenta cubrir el vacío entre las aspiraciones de la TM Vision y la realidad actual.

Redes de comunicaciones

La Telemedicina ya no se reduce a la transmisión de información y conocimiento médicos entre dos puntos remotos. Ni siquiera está limitada a sistemas que utilicen redes creadas en Internet entre profesionales de la salud, cuya utilidad está restringida por dos importantes factores; un

ancho de banda insuficiente y la necesidad de transmitir en tiempo real, factores que en otro tipo de redes tales como sociales de tipo general, sociales profesionales, de noticias, etc., no plantean problemas para su funcionamiento. Por ello descartamos para su análisis aquellos sistemas donde la transmisión de datos e información médica se realice a través de medios que no proporcionen capacidad para su envío en tiempo real (ancho de banda suficiente), con la calidad médica requerida para un diagnóstico acertado.

GENERALIDADES SOBRE REDES

Las redes de comunicación no son únicamente grupos de ordenadores que, aun pudiendo funcionar de forma autónoma, están conectados entre sí. En el caso de ser utilizadas por sistemas de Telemedicina, para cumplir su función, es decir para efectuar a distancia el intercambio específico de información que se precisa, en forma de voz, de datos, de contenidos video o de una mezcla de los anteriores, deben disponer de una serie de elementos (*hard* y *soft*) que las habilite para su tarea. Y deben estar dotadas de los más avanzados medios para garantizar la seguridad en la transmisión de la información y la privacidad de los datos

Las redes se pueden clasificar de muchas maneras, pero sólo vamos a considerar aquellas que se efectúen por tener en cuenta características que tengan relación con los requisitos definidos por su empleo en la Telemedicina. Así por ejemplo, existen redes de difusión, cuando la información enviada se recibe en cualquier terminal conectado en ese momento, como ocurre en la televisión convencional, o de otra parte, redes conmutadas, cuando cada usuario tiene su propia identificación y puede intercambiar información con cualquier otro de los usuarios conectados. Las redes de Telemedicina son redes conmutadas.

Además, en determinados usos de las redes de comunicaciones, los extremos de las conexiones establecidas pueden generar distinta cantidad de información. Se habla entonces de grado de simetría, refiriéndonos a la distribución del flujo de información entre los dos puntos considerados y se establece la distinción entre redes asimétricas y redes simétricas. En las primeras uno de los extremos de la comunicación genera mucha mayor cantidad de información que la otra parte y el mayor ancho de banda mayor se situará en el camino de emisor a receptor, siendo muy inferior el dispuesto en sentido contrario.

También pueden distinguirse por el hecho de si la información que por ella circula se mueve en ambos sentidos (redes bidireccionales) o sólo en uno (redes unidireccionales). En este último caso no pueden ser interactivas, como es lógico.

Por último, dependiendo del formato de la información, que puede ser analógico o digital, las redes serán clasificadas en una de estas dos categorías. Podemos aventurar, por las ventajas que este último formato proporciona, que en muy breve espacio de tiempo, la categoría de redes analógicas habrá desaparecido.

No vamos a entrar en una descripción exhaustiva sobre las características técnicas de una red de Telemedicina. Lo que si interesa señalar es que en todo proyecto, lo primero disponible para analizarlo son, la situación de los nudos y sus parámetros, es decir su localización, incluido el lugar donde se instalarán los equipos, y sus necesidades de ancho de banda. Los enlaces entre los puntos se definirán teniendo en cuenta las comunicaciones disponibles entre ellos, pudiendo dar lugar a líneas en las que se mezclen tecnologías de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), de cable o de satélite procurando que el servicio facilitado se ajuste a los anchos de banda descritos y a las condiciones de seguridad y privacidad que ya hemos mencionado.

ELEMENTOS

Ya hemos advertido que no vamos a entrar en prolijas descripciones técnicas que alargarían innecesariamente este trabajo, sin ninguna ventaja didáctica puesto que el autor no es ni con mucho un experto en el tema. Pero si me interesa hacer una primera clasificación de la variedad de elementos que constituyen la red.

La primera categoría son los elementos de acceso, o aquellos elementos que componen el tramo que enlaza el punto donde se encuentra el usuario, con los elementos de transporte de la red que describimos un poco más adelante. Dentro de estos elementos contamos con el que proporciona la interfaz o entrada, generalmente un Ordenador Personal (PC), para que el cliente (paciente, profesional sanitario) interactúe con dicha red de acceso. Ese PC en la mayoría de los casos actúa, además de como servidor de datos al disponer del adecuado *software* y como servidor de comunicaciones, facilitando la entrada de información en la red de transporte. No es fácil establecer de manera inequívoca cuando termina la red de acceso. Depende

enormemente de las tecnologías que se utilicen y del diseño. De forma general podemos decir que acaba en el lugar donde el tráfico de los usuarios particulares es encaminado a su destino mediante la red de transporte, es decir donde se uniformiza el tratamiento de la información que procede de cada uno de los usuarios conectados, para ser encaminado a su destino.

La segunda categoría son los elementos que constituyen la red de transporte, también llamada red troncal o *backbone*, que concentra el tráfico recibido para reconducirlo a los puntos lejanos de destino. Dentro de ellos incluimos todos los relacionados con los medios y procedimientos de conmutación y señalización, así como los diversos protocolos utilizados.

Hace unos años estas redes eran de tipo muy diferente entre sí, dependiendo de las características de la información que transportaban. Sin embargo, con la digitalización de la información, las redes fueron convergiendo a un modelo único, capaz de transportar cualquier tipo de información, independientemente de su origen. Este proceso de convergencia fue favorecido por la posibilidad de utilizar de forma masiva, la fibra óptica como el medio físico de preferencia para el transporte.

LA RED TEMÁTICA SANITARIA TM-64 (RED TM-64)

La Red TM-64 es una red privada, desarrollada por y propiedad de la empresa española Comitas Comunicaciones, que está diseñada especialmente para las aplicaciones de Telemedicina en tiempo real. Es además conmutada, bidireccional y simétrica, de banda ancha y digital.

En la filosofía de este diseño se han tratado de respetar los siguientes conceptos asistenciales:

- El acceso de cualquier paciente debe producirse en condiciones de equidad, en el momento y lugar necesarios, con independencia de su ubicación o de su lugar de residencia.
- Es importante reducir el tiempo requerido para obtener un diagnóstico e iniciar el tratamiento o, en su caso, para estabilizar e intervenir al paciente.
- Debe potenciar la medicina de equipo, facilitando la consulta entre especialistas
- La Telemedicina debe mover datos (información médica) y no pacientes.
- En ella se seleccionarán e integrarán solamente aquellas especialidades médicas que sean asistencialmente prioritarias, técnicamente viables y económicamente financiables.

- El funcionamiento del sistema se adecuará y respetará los principios éticos y declaraciones internacionales también sobre la práctica de la Telemedicina.

Consecuentemente con esta filosofía, en su desarrollo se tuvieron en cuenta los requisitos siguientes:

1. Utilizar e integrar aplicaciones y herramientas de *software* que cumplieran con estándares internacionales como DICOM v.3 o soluciones generalmente admitidas como las del entorno Windows.
2. Conseguir una transmisión de los datos sanitarios segura y fiable, quedando plenamente garantizada la confidencialidad de los datos sobre la salud de los pacientes, mediante la adopción en las comunicaciones de sistemas de seguridad y encriptación de la información sanitaria que permitan, por un lado, preservar la intimidad personal de los usuarios, y por otro lado, garantizar la integridad y autenticidad de la información transmitida.
3. Procurar un funcionamiento fácil, intuitivo, amigable y atractivo, tanto para el médico de atención primaria como para el especialista.
4. Obtener una calidad de los datos e imágenes médicas generadas o utilizadas, al menos del mismo nivel que la exigida en la práctica médica hospitalaria.
5. Facilitar una buena comunicación interactiva entre el médico especialista, el médico de atención primaria y el paciente, por lo que ha de disponer de videoconferencia de alta calidad.
6. Permitir la transmisión/recepción de datos e imágenes médicas en tiempo real (videoconferencia, ecografía, etc.) o, al menos en tiempo útil, para las imágenes fijas (radiografías).
7. Procurar una cobertura geográfica del sistema muy amplia, permitiendo la prestación del servicio de Telemedicina en todo el territorio español, incluyendo las islas y norte de África.
8. Conseguir, mediante la digitalización de los datos e imágenes médicas y de adecuados programas de gestión, la progresiva desaparición del almacenamiento en soportes físicos (papel, placas radiográficas, etcétera).

El cumplimiento de los requisitos contenidos en los puntos 2, 3, 4 y 5 exigen la utilización de técnicas de comunicación de banda ancha, vía satélite.

El Sistema TM-64 se compone de tres elementos: equipamiento, *software* y canales de comunicación. El primero cumple con características comunes indispensables en la Telemedicina tales como portabilidad, robustez, fácil manejo e integrabilidad.

El *software* TM-64, desarrollado por Comitas, permite la integración de la información médica para su posterior envío, recepción y visualización a través del canal de comunicación. Es una herramienta básica para el funcionamiento del Sistema TM-64.

El canal mínimo de comunicación para la realización de una sesión de Telemedicina con voz y videoconferencia es de 64 Kilobyts por segundo (Kbps). La comunicación se puede realizar tanto por vía satélite como por circuitos terrestres dedicados.

Todos los centros que en la actualidad emplean el Sistema TM-64 están integrados en una red de Telemedicina que permite constituir una comunidad médica y científica virtual. Además de las labores asistenciales hace posible compartir experiencias, sesiones clínicas, conferencias o cursos de formación de manera simultánea e interactiva, gracias a un equipamiento de multiconferencia.

La Red TM-64 opera sobre circuitos dedicados, no compartidos (a diferencia de Internet), y con un ancho de banda de hasta dos Megabyts por segundo (Mbps). Todos los circuitos están protegidos por equipos de encriptación para garantizar una total confidencialidad.

En ella se encuentran conectados diversos centros sanitarios públicos y privados dentro de territorio español, así como buques e instalaciones sanitarias fuera del mismo. Ello permite que nudos configurados y equipados como hospitales de referencia presten apoyo médico especializado a otros nudos, configurados y equipados como centros remotos, que no cuenten con la especialidad requerida o, incluso, que carezcan de profesionales sanitarios, haciendo posible la transmisión en tiempo real de una amplia información médica sobre el paciente, como signos vitales, electrocardiograma, exploración visual superficial y en detalle (para dermatología, oftalmología y otorrinolaringología) e imágenes, tanto radiológicas fijas como ecográficas en movimiento.

La transmisión de los datos es segura y fiable, y su confidencialidad está, igualmente, garantizada ya que el Sistema TM-64 opera sobre circuitos dedicados, no compartidos, simétricos, encriptados y con un ancho de banda garantizado.

Esto es necesario, en primer lugar, porque resulta imprescindible una adecuada resolución y precisión de las imágenes dinámicas, con una alta

velocidad de refresco y sin pérdidas de sincronismo. De esta forma su calidad diagnóstica está garantizada y permiten la realización del acto médico. Igualmente, se precisa que el profesional médico reciba en tiempo real la telemetría (datos de signos vitales y electrocardiograma del paciente) para posibilitar un diagnóstico fiable y a tiempo.

En segundo lugar, el uso de circuitos dedicados permite contar con un ancho de banda que no depende del número de usuarios conectados y garantiza la confidencialidad de la comunicación. Asimismo, dichos circuitos deben posibilitar que el ancho de banda sea siempre idéntico, ya se considere en el sentido hospital de referencia-centro remoto, ya se considere en sentido inverso.

En tercer lugar, si los anteriores circuitos, además de ser dedicados están encriptados, la posibilidad de que algún intruso pueda acceder a las sesiones clínicas o las bases de datos de los pacientes es francamente remota.

Además de lo anterior, la Red TM-64 dispone de un potente equipamiento de multiconferencia de Protocolo de Internet, en banda ancha, que permite que todos los centros sanitarios integrados en el sistema puedan participar conjuntamente en la realización de sesiones clínicas, conferencias y cursos de formación. Un servidor de videostreaming, que posibilita el envío de videos y retransmisiones simultáneas en directo, es utilizado como una herramienta de gran utilidad para contribuir también a la formación del personal sanitario.

Todos los centros integrados en la red tienen la posibilidad de intercambiar y compartir experiencias y servicios de Telemedicina. De hecho, se ha formado una comunidad virtual, en torno a la red de Telemedicina, en la que se integran centros sanitarios distribuidos por todo el territorio peninsular, Baleares y Canarias.

En esta Red TM-64, sin hacer mención por ahora de los centros y nodos operados por la Sanidad Militar, cuyas actividades médicas fueron la causa y origen de su creación y permanencia durante sus primeros años, se encuentran integrados grandes centros hospitalarios públicos y privados, mutuas de accidentes laborales y centros de aseguradoras médicas junto con otros diversos centros remotos distribuidos por la geografía nacional. Adicionalmente, utilizando la red de Inmarsat se encuentran conectados barcos del Instituto Social de la Marina, de la Secretaría General de Pesca Marítima, de la Compañía Transmediterránea y de la Xunta de Galicia, que como usuarios de la red, tienen la posibilidad de conectarse a los primeros centros sanitarios indicados, en función de sus necesidades y también de sus circunstancias.

Sistemas de Telemedicina

Los sistemas de Telemedicina que operan en la actualidad pueden clasificarse en dos categorías dependiendo de la forma en que se utilicen y de su propósito médico. Ello conforma la tecnología que van a emplear.

En la primera categoría, la de sistemas llamados *store and forward* (almacenamiento y envío), se transfieren de una localidad a otra las imágenes digitales obtenidas con equipos médicos apropiados, cuyo destino para la obtención de un diagnóstico más preciso puede ser el ordenador de un médico especialista ubicado en el mismo edificio, en otro edificio de la misma ciudad o en un lugar situado a miles de kilómetros de distancia en cualquier parte del mundo. Imágenes o archivos digitales transmitidos desde luego, con todas las garantías de seguridad y confidencialidad.

Estos sistemas se emplean comúnmente en casos en los que no se precisa una interactividad, por no ser situaciones de urgencia y el diagnóstico puede esperar un par de días para ser recibido en origen. La teleradiología, el envío de placas de rayos X y de ecografías son las aplicaciones de Telemedicina de uso más común hoy en día. Otras especialidades médicas que utilizan de forma importante la tecnología de estos sistemas son la patología y la dermatología, aunque esta última esté utilizando cada vez más la segunda categoría de sistemas que pasamos a comentar a continuación.

La segunda categoría, se utiliza cuando se pretenden realizar consultas virtuales, reproduciendo de manera fiel sesiones médicas de este tipo. Con el paciente y un profesional sanitario de medicina general en el centro remoto, se establece por medio de un terminal de videoconferencia la conexión con un hospital principal o centro de referencia donde un médico especialista, ya sea con la visualización de la imagen video del paciente transmitida a través de la televisión interactiva y escuchar en tiempo real las respuestas a sus preguntas, ya sea utilizando la información que sobre los datos médicos del paciente le transmiten los adecuados equipos instalados en dicho primer centro, recoge y analiza la información que precisa para emitir un diagnóstico o para prescribir el tratamiento oportuno, en la misma forma que lo haría como si el paciente estuviera en su consulta.

LOS CENTROS DE REFERENCIA

Su función es la de posibilitar que diferentes especialistas puedan prestar un apoyo integral y multidisciplinario al paciente. Se ubica habitualmente

TECNOLOGÍAS PARA UNA ASISTENCIA SANITARIA GLOBAL...

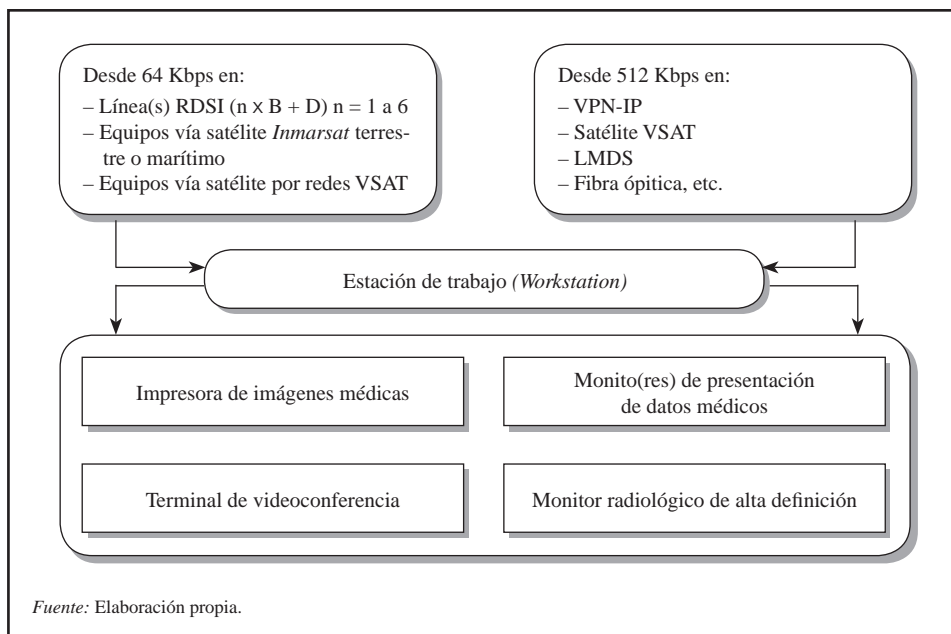


Figura 3.— Configuración de un centro de referencia.

en hospitales, donde se pueda contar con la colaboración de facultativos de diferentes especialidades médicas. Dispone del equipamiento médico y de las comunicaciones necesarias para dar servicio a varios centros remotos.

El equipamiento de los centros de referencia es menos complejo que el de los centros remotos, descrito en el siguiente punto. En el esquema de la figura 3, los equipos de comunicaciones vienen representados en los dos cuadros de la parte superior, indicándose en el de la derecha el caso de utilizar banda ancha, desde 512 Kbps en adelante y en el de la izquierda el equipamiento para bandas inferiores. Elemento imprescindible del equipamiento, aparte del PC con el que se controlarán todas las sesiones de trabajo, es el terminal de videoconferencia. El resto, pueden ser o no precisos, dependiendo del tipo de consulta que se vaya a realizar. Pero en términos generales siempre es aconsejable disponer de todos ellos y utilizarlos o no utilizarlos según el caso.

LOS CENTROS REMOTOS

En los centros de referencia se produce conocimiento médico especializado, mientras que en los centros remotos se genera información médica

del enfermo. Quizás por ello lo importante para los primeros es contar con un buen médico especialista, mientras que para los segundos es disponer de excelentes equipos médicos de calidad diagnóstica, para obtener los datos requeridos del paciente y en razón de ello estos últimos, disponen de un material más abundante que los anteriores.

Casi todas las especialidades médicas son susceptibles de ser objeto de una sesión de Telemedicina, incluyendo psiquiatría, rehabilitación, medicina interna, urología, cardiología, pediatría, ginecología y neurología. En la figura 4, se muestra una configuración de centro remoto con muchos de los dispositivos periféricos que pueden ser conectados al PC para obtener en cada caso los datos a transmitir al de referencia. La relación no es exhaustiva, ni tampoco determinante, es decir no todos los equipos que aparecen tienen porqué estar a disposición del médico generalista. La dotación de uno de estos centros tiene que definirse con criterios de racionalidad, siendo como son los equipos de un precio muy elevado.

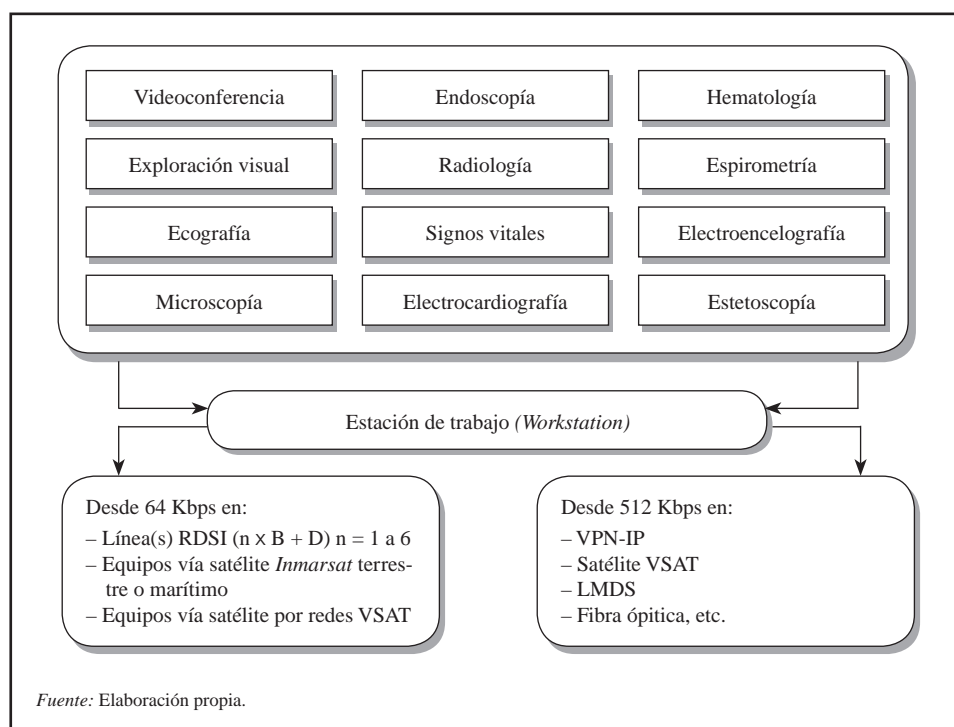


Figura 4. – Configuración de un centro remoto.

Otra forma de reducir costes es dotar a estos centros de la capacidad de ser transportados, ya sea por instalaciones fijas en plataformas móviles, de forma que sin desmontarlos puedan ser utilizados en los lugares precisos y de esta forma con un mucho más reducido número de centros servir a todas las localidades del sistema que lo precisen.

Para ahorrar también el precio de la plataforma, la empresa Comitas ha creado unos bancos de trabajo-contenedores transportables que llevan integrados:

1. Un módulo básico de Telemedicina con todos los elementos de un terminal de video conferencia.
2. Un módulo de ECG y signos vitales.
3. Un módulo de cámara de exploración.
4. Un módulo de luz blanca, compuesto por:
 - Fuente de luz blanca.
 - Dermatoscopio.
 - Otoscopio.
 - Oftalmoscopio.
5. Un módulo de ecografía.
6. Un módulo de comunicaciones.
7. El contenedor reforzado (donde se ubican todos los módulos).

Cuando sea preciso, bien sea por consultas programadas o por urgencias debidas a catástrofes naturales, el módulo se transporta con facilidad al lugar donde sea requerido debido a su reducido peso y dimensiones y una vez terminada su función de asistencia sanitaria, se recupera por la organización propietaria para los usos posteriores que procedan.

LA TELEMEDICINA EN LAS FUERZAS ARMADAS ESPAÑOLAS

En junio de 1996, Su Majestad el Rey Don Juan Carlos presidía los actos conmemorativos del Centenario del Hospital Militar «Gómez Ulla» y con ocasión de los mismos, inauguró su servicio de Telemedicina, primero en las Fuerzas Armadas y me atrevo a decir que pionero en todo el territorio nacional, a través de una sesión de videoconferencia con el centro médico del destacamento que se encontraba en Mostar (Bosnia-Herzegovina) en operaciones de mantenimiento de la paz. Los equipos que se utilizaron eran terminales Tandberg conectados por la sección de comunicaciones de

la empresa Tecnobit, sección que más tarde se escindió para convertirse en Comitas, que así inició su Red TM-64 ya descrita. Los enlaces se realizaron por medio de una línea RDSI de 64 Kbps. Se transmitieron placas radiológicas de fracturas óseas y si bien la calidad no era tan excelente como la que se obtiene hoy en día, la satisfacción de los presentes fue completa, más aún cuando el mismo Rey les felicitó por el éxito alcanzado.

Aún se tardaron algunos años en establecer el siguiente enlace operativo dentro de las Fuerzas Armadas, pero con la experiencia anterior se había comenzado una etapa en la que la Sanidad Militar española iba a hacer una apuesta decidida por la utilización de estas tecnologías en sus misiones de ayuda humanitaria. A partir del año 2002, después de la instalación de centros remotos en Afganistán y en Irak, la llamada Red Hospitalaria de Defensa fue creciendo de forma paulatina, por la creación de centros de referencia en todos sus hospitales y su incorporación a la Red TM-64 de Comitas. En la actualidad, dichos centros de referencia están ubicados en:

- Hospital Central de la Defensa en Madrid.
- Hospital General de la Defensa en Zaragoza.
- Hospital General de la Defensa en San Fernando.
- Hospitales Básicos de la Defensa en Valencia, El Ferrol y Cartagena, cuya entrega a las respectivas administraciones civiles está prevista en breve plazo.
- Hospital Militar de Ceuta.
- Hospital Militar de Melilla.

La red de centros remotos es amplia y funciona satisfactoriamente, la mayoría de ellos utilizando conexiones vía satélite a través de *Inmarsat* y por parte del Ejército de Tierra se ha contado o se cuenta con instalaciones en:

- Base *España* en Istok (Kosovo), actualmente fuera de servicio por la retirada de las tropas española en ese país.
- Base de Qala i Naw (Afganistán).
- Base Antártica *Gabriel de Castilla*.
- Base *Miguel de Cervantes* en Marjayoun (Líbano).
- Islas o peñones de Chafarinas, Peñón de Vélez y Alhucemas.
- Las tres Agrupación de Sanidad de la Brigada de Sanidad y su Unidad de Apoyo Logístico Sanitario.

En la Armada, se han instalado centros remotos en:

- Buques de desembarco *Galicia* y *Castilla*.

- Buque de apoyo al combate *Patiño*.
- Buque-Escuela *Juan Sebastián de Elcano*.
- Fragatas F100, *Álvaro de Bazán*, *Méndez Núñez* y *Blas de Lezo*.
- Patrulleros de altura *Tarifa*, *Alborán*, *Arnomendi* y *Chilrreu*
- Tercio de Armada de Infantería de Marina.

Finalmente para el Ejército del Aire se han montado centros en:

- Base de Herat en Afganistán.
- Escuadrón de Vigilancia Aérea (EVA) número 5, en la Sierra de Aitana (Alicante).
- EVA número 7, en Soller (Mallorca).
- EVA número 11, en Alcalá de los Gazules (Cádiz).
- EVA número 12, en Espinosa de los Monteros (Burgos).
- EVA número 21, en Pico de las Nieves en San Mateo (Las Palmas).
- Unidades Médicas Aéreas de Apoyo al Despliegue, en la base aérea de Torrejón y en Zaragoza.
- Unidad Médica de Aeroevacuación en la base aérea de Torrejón.

La amplitud de la red sanitaria de Defensa proporciona una notable capacidad para atender a las sesiones de Telemedicina que pueden producirse, no sólo por consultas programadas entre hospitales y centros clínicos sino, lo que es más importante, por las consultas urgentes de unidades sanitarias que actúan en apoyo directo a los destacamentos de las Fuerzas Armadas, en operaciones militares dentro de zonas de conflicto.

El sistema cumple además con otras funciones primordiales como las desarrolladas por un aula de enseñanza en el Hospital «Gómez Ulla», igualmente conectada a la Red TM-64, en la que además de impartirse clases de formación se realizan sesiones clínicas interhospitalarias, con participación de todos los hospitales de la referida red de Defensa, donde se comparten en tiempo real los conocimientos sobre temas específicos de diversos especialistas.

España también es miembro activo del TMED *Expert Panel* o panel de expertos en Telemedicina de la Organización del Tratado del Atlántico Norte, integrado en el COMEDS (*The Committee of the Chiefs of Military Medical Services*) y aporta toda la experiencia y conocimientos que le han proporcionado los catorce años de intensa actividad en esta rama de la Sanidad en la que tanto queda por hacer, no sólo en cuanto a la incorporación de nuevas tecnologías y equipamientos, sino en cuanto a organización, pro-

TECNOLOGÍAS PARA UNA ASISTENCIA SANITARIA GLOBAL...

cedimientos, protocolos, determinación de responsabilidades, protección de la información y en general, todos los aspectos legales que puedan relacionarse con lo anterior.

EDUARDO AVANZINI BLANCO
General de brigada del Ejército del Aire

CONCLUSIONES

A lo largo de todo este *Documento de Seguridad y Defensa*, tanto en las discusiones mantenidas en las diversas reuniones de los ponentes como en las reflexiones recogidas en los capítulos que configuran este texto, hay un concepto que prevalece nítidamente, sobre cualquier otro; se trata del «doble uso» de las tecnologías del espacio.

Ciertamente, el «doble uso» es una de las características más relevantes de prácticamente todas las tecnologías desarrolladas a partir del siglo XIX; pero no se había llegado a alcanzar nunca tan alto grado de interrelación e incluso de interdependencia como en el caso de las tecnologías del espacio.

En efecto, tomando como ejemplo las tecnologías aeronáuticas, cuyo aprovechamiento para usos civiles trasciende ampliamente el ámbito aeronáutico, resulta sin embargo evidente que entre ellas existe una larga nómina de tecnologías específicas para los aviones militares que no pueden ser consideradas como de «doble uso» y esta especificidad diferencial se manifiesta, incluso en el ámbito de los aviones de transporte, entre los de uso civil y los de uso militar.

En contraste con ello, no pueden significarse tecnologías en el campo espacial de uso militar exclusivo y resulta difícil encontrar alguno de los frecuentes avances tecnológicos en el espacio, desde los más elementales hasta los más sofisticados, que no proporcione utilidades tanto para el uso civil como para la defensa y la seguridad.

Otra característica singular de las tecnologías del espacio desde la perspectiva que nos ocupa en nuestras reflexiones, es el elevado grado de autocontrol y equilibrio con el que se están desarrollando. Ciertamente, cuando se estaban dando los primeros pasos en estas tecnologías, en plena guerra fría, se hacían consideraciones sobre la capacidad ofensiva y de disuasión que podían proporcionar estos desarrollos. Pronto derivaron estos planteamientos belicistas hacia otros más moderados de carácter estratégico, como

CONCLUSIONES

es la lucha por la preeminencia tecnológica, en lo que se llamo la «carrera del espacio», entre las grandes potencias para acreditar la mayor capacidad tecnológica, relacionándola como fruto de la idoneidad de las filosofías políticas occidentales o las de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas.

Esta nueva orientación viene siendo reforzada y garantizada, con acuerdos y compromisos internacionales sobre la desmilitarización del espacio, con el fin de evitar que puedan reeditarse problemas similares a los derivados de la «proliferación nuclear».

España, como ha podido verse en los capítulos precedentes, no ha perdido el tren en estos desarrollos tecnológicos ni en el «doble uso» de sus aplicaciones tecnológicas y se encuentra perfectamente situada, hasta la fecha, en los mismos.

Solamente me queda, como presidente de este grupo de trabajo, expresar mi reconocimiento por la valiosa aportación de los ponentes del mismo y por la colaboración imprescindible del profesor del Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional que, como coordinador ha aclopado el desarrollo de los trabajos.

FERNANDO DE LA MALLA GARCÍA
General de brigada del Ejército del Aire

COMPOSICIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

Presidente: D. FERNANDO DE LA MALLA GARCÍA
General de brigada del Ejército del Aire

Coordinador: D. RICARDO GALÁN MORENO
Capitán de navío y profesor de la Escuela de Altos Estudios de la Defensa del CESEDEN

Vocales: D. EDUARDO AVANZINI BLANCO
General de brigada del Ejército del Aire

D. FERNANDO DAVARA RODRÍGUEZ
General de brigada del Ejército de Tierra

D. PEDRO MOLINERO SANZ
Director general de Hispasat (Canarias)

Las ideas contenidas en este trabajo son de responsabilidad de sus autores, sin que refleje, necesariamente el pensamiento del CESEDEN, que patrocina su publicación

DOCUMENTOS DE SEGURIDAD Y DEFENSA

- 1.** Visión española del África Subsahariana: Seguridad y Defensa
- 2.** Futuro de Kosovo. Implicaciones para España
- 3.** Actuación de las Fuerzas Armadas en la consolidación de la paz
- 4.** El futuro de la OTAN después de Riga
- 5.** La cooperación militar española con Guinea Ecuatorial
- 6.** El control de los flujos migratorios hacia España: situación actual y propuestas de actuación
- 7.** Posible evolución de Afganistán. Papel de la OTAN
- 8.** Modelo español de Seguridad y Defensa
- 9.** Posibles escenarios de los *battlegroups* de la Unión Europea
- 10.** Evolución geopolítica del norte de África: implicaciones para España
- 11.** La aportación de las Fuerzas Armadas a la Economía Nacional
- 12.** Reflexiones sobre la evaluación del conflicto de Irlanda del Norte
- 13.** Fuerzas Armadas y medio ambiente
- 14.** La configuración de las Fuerzas Armadas como entidad única en el nuevo entorno de Seguridad y Defensa
- 15.** Seguridad y Defensa en Iberoamérica: posibilidades actuales para la cooperación
- 16.** España y el conflicto del Líbano
- 17.** La aproximación estratégica a la Europa del Este
- 18.** La crisis energética y su repercusión en la economía. Seguridad y Defensa Nacional
- 19.** Seguridad y estabilidad en la cuenca mediterránea
- 20.** La intervención de las Fuerzas Armadas en el apoyo a catástrofe
- 21.** Medidas de confianza en el campo de la seguridad en el área euromediterránea

22. Las Fuerzas Armadas y la legislación tributaria
23. Dimensión ético-moral de los cuadros de mando de los Ejércitos
24. Iniciativa norteamericana de misiles y su repercusión en la Seguridad Internacional
25. Hacia una estrategia de Seguridad Nacional para España
26. Cambio climático y su repercusión en la Economía, la Seguridad y la Defensa
27. Respuesta al reto de la proliferación
28. La seguridad frente a artefactos explosivos
29. La creación de UNASUR en el marco de la Seguridad y la Defensa
30. El laberinto paquistaní
31. Las nuevas tecnologías en la seguridad transfronteriza
32. La industria española de defensa en el ámbito de la cooperación internacional
33. El futuro de las fuerzas multinacionales europeas en el marco de la nueva política de seguridad y defensa
34. Perspectivas del personal militar profesional. Ingreso, carrera profesional y sistema de responsabilidades
35. Irán como pivote geopolítico
36. La tercera revolución energética y su repercusión en la Seguridad y Defensa
37. De las operaciones conjuntas a las operaciones integradas. Un nuevo desafío para las Fuerzas Armadas
38. El liderazgo motor del cambio
39. El futuro de las relaciones OTAN-Rusia
40. Brasil, Rusia, India y China (BRIC): una realidad geopolítica singular