

CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL



**CUADERNOS
de
ESTRATEGIA**

12

INSTITUTO ESPAÑOL DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS

Estudios de investigación realizados por
el Seminario de "El Espacio y la Defensa".

**EL ESCENARIO ESPACIAL
EN LA BATALLA
DEL AÑO 2000 (y II)**

MINISTERIO DE DEFENSA



CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL



**CUADERNOS
de
ESTRATEGIA**

12

INSTITUTO ESPAÑOL DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS

Estudios de investigación realizados por
el Seminario de "El Espacio y la Defensa".

**EL ESCENARIO ESPACIAL
EN LA BATALLA
DEL AÑO 2000 (y II)**

Mayo, 1990



**CATALOGACION DEL CENTRO DE DOCUMENTACION
DEL MINISTERIO DE DEFENSA**

**INSTITUTO ESPAÑOL DE ESTUDIOS ESTRATEGICOS.
Seminario de El Espacio y la Defensa.**

El escenario espacial en la batalla del año 2000 / Seminario El Espacio y la Defensa, Instituto Español de Estudios Estratégicos.— [Madrid] : Ministerio de Defensa, Secretaría General Técnica, D. L. 1990.—108 p.; 24 cm. («Cuadernos de Estrategia»; 12). Es el tomo II.

ISBN 84-7823-084-X.—NIPO 076-90-028-2.—D. L. M-16360-1990.
I. Ministerio de Defensa. Secretaría General Técnica, ed.
II. Título.

CENTRO DE DOCUMENTACION DEL MINISTERIO DE DEFENSA	
REGISTRO	9054
SIGNATURA
ITEM N°

EDITA: **MINISTERIO DE DEFENSA**
Secretaría General Técnica

ISBN: 84-7823-084-X
NIPO: 076-90-028-2
Depósito Legal: M-16360-1990
IMPRIME: Imprenta Ministerio de Defensa

C E S E D E N

**Instituto Español de Estudios
Estratégicos**

SEMINARIO NÚM. 12: "EL ESPACIO Y LA DEFENSA"

**EL ESCENARIO ESPACIAL
EN LA BATALLA DEL AÑO 2000 (y II)**

ÍNDICE

ÍNDICE

	<u>Págs.</u>
PREÁMBULO	11
<i>Capítulo I</i>	
Satélites de comunicaciones de la defensa	13
<i>Por Luis Izquierdo Echevarría y Luis Pueyo Panduro</i>	
<i>Capítulo II</i>	
Aplicaciones militares de los satélites de navegación	37
<i>Por José Luis de Hierro Alcántara</i>	
<i>Capítulo III</i>	
Satélites para la vigilancia de los océanos	53
<i>Por Manuel Bautista Aranda</i>	
<i>Capítulo IV</i>	
Medios agresivos en el espacio	73
<i>Por Ramón Blanco Rodríguez y Guillermo Velarde Pinacho</i>	
CONSIDERACIONES FINALES	93
COMPOSICIÓN DEL SEMINARIO	107

PREÁMBULO

En un trabajo anterior, elaborado por este mismo grupo de trabajo del seminario El Espacio y la Defensa, ya se inició el estudio de los satélites con una descripción general de sus características, clasificación y tipos de órbitas en las que se sitúan. También en este trabajo se iniciaron estudios, más detallados, de los satélites de navegación, de vigilancia, de observación y los conocidos con las siglas C³I, iniciales de Mando, Control, Telecomunicaciones e Inteligencia.

Con el presente se intenta dar a conocer otro grupo de similar importancia a los ya presentados, y sin que con ello quede agotado el tema de los satélites y de su empleo para misiones de carácter militar.

Se ha dirigido el estudio principalmente hacia las aplicaciones militares de los satélites de navegación, dada la importancia que en la actualidad están adquiriendo, tanto en su uso civil como militar.

Las grandes posibilidades en el ámbito militar de las telecomunicaciones ha aconsejado dedicar un capítulo al estudio de los satélites de comunicaciones, aunque se ha tenido que reducir la documentación recopilada sobre el tema por salirse del marco normal de estos trabajos.

Como ocurre con los satélites de comunicaciones, sucede también con los de vigilancia de océanos, que tanta importancia adquirieron en algunas ocasiones, como en la guerra de las Malvinas.

Por la actualidad que significan los «sistemas agresivos en el espacio», y para no dejarlo por más tiempo sin mencionar, se ha preparado una descripción de cuáles son estos sistemas, dejando para otros posteriores trabajos el estudio pormenorizado de cada uno de ellos. Se han incluido también unas consideraciones sobre los problemas legales del uso de estos sistemas.

Por último, y como consecuencia de la importancia que representa para España el uso del espacio por medio de satélites, se hacen unos comentarios relacionados con la importancia, la necesidad y también la

posibilidad que tiene España de contar con estos ingenios espaciales, no sólo en el campo civil sino también en el estrictamente militar, en aquellos sistemas que más importan para la Defensa Nacional.

Queda aún una larga semejanza de problemas relacionados con el espacio exterior, y especialmente en el tema de los satélites, de los sistemas de lanzamiento, de los sensores que emplean, de los vehículos portadores tripulados o no tripulados, del empleo para fines civiles y militares, y del sistema de neutralización de los diversos tipos de satélites. Este grupo de trabajo espera que en futuros estudios tenga la oportunidad de tratar alguno de estos temas.

EL PRESIDENTE DEL SEMINARIO

CAPÍTULO PRIMERO

**SATÉLITES DE COMUNICACIONES
DE LA DEFENSA**

SATÉLITES DE COMUNICACIONES DE LA DEFENSA

Por LUIS IZQUIERDO ECHEVARRÍA
y LUIS PUEYO PANDURO

Ventajas que ofrece el espacio

La utilización del espacio para la explotación de las redes de comunicaciones al servicio de la Defensa Nacional tiene una serie de ventajas de las que a continuación se citan las más importantes:

— *Capacidad de canales.*

El empleo de frecuencias del orden de los Gigaherzios (Ghz) para los enlaces tierra-satélites permite disponer de ancho de banda suficiente para la transmisión de numerosos canales de voz, datos y telegráficos.

— *Fiabilidad.*

La tecnología disponible actualmente y el empleo de sistemas redundantes permite un elevado grado de fiabilidad, tanto en las estaciones espaciales como en las terrestres.

— *Supervivencia.*

Actualmente no es factible el ataque físico a un satélite geoestacionario de comunicaciones, por lo que las probabilidades de supervivencia física del sistema son elevadas.

El principal ataque al sistema de comunicaciones militares por satélite procede del sistema de contramedidas electrónicas del enemigo.

— *Enlaces a muy largas distancias.*

El medio más seguro de establecer comunicaciones fiables a distancias muy largas que no estén afectadas por perturbaciones

naturales (tipo meteorológico, ionosférico y similares) ni necesiten el empleo de repetidores intermedios es el satélite de comunicaciones.

Tipos de órbitas. Órbita geoestacionaria

En la actualidad, la mayoría de los satélites de telecomunicaciones están situados en órbita geoestacionaria. Esta órbita es un caso particular de las órbitas geosíncronas, que se definen como órbitas en las que el satélite se mueve con la misma velocidad angular que la Tierra y la misma dirección. En consecuencia, el período orbital es igual a un día sideral (23 h, 56 m).

El único parámetro orbital que queda determinado por esta condición es el semieje mayor de la elipse, cuyo valor es de 42.165 km.

El satélite, visto desde la Tierra, describe una curva cerrada cada día. La forma y dimensiones de la curva dependen de los demás parámetros orbitales y se reducen dimensionalmente a medida que la inclinación y la excentricidad disminuyen.

Cuando la órbita es circular, esta curva tiene la forma de un ocho, y cuando además la inclinación es nula, es decir, la órbita es ecuatorial, la curva se reduce a un punto y el satélite está fijo respecto a la Tierra. La órbita entonces se denomina geoestacionaria y se encuentra a una altitud de 35.787 km.

Esta situación es ideal para el enlace entre la Tierra y el satélite, por lo que son muy numerosas las aplicaciones en las que se utiliza esta órbita, tanto civiles como militares, y muy especialmente en comunicaciones.

La línea geométrica (circunferencia) de la órbita geoestacionaria es única, y en consecuencia es un recurso limitado, por lo que se plantean serios problemas de distribución entre los usuarios, debido a que un satélite origina interferencias sobre los satélites próximos.

La distribución de la órbita geoestacionaria entre los usuarios se debe resolver a nivel internacional. Para ello se ha establecido una normativa de coordinación que resuelve la ITU (*International Telecommunications Union*). Para los satélites civiles esto se está haciendo progresivamente más difícil.

En el caso de los satélites militares de comunicaciones que utilizan la órbita geoestacionaria, la situación no es aún crítica, debido a que el número de satélites es reducido y a que las frecuencias asignadas al empleo militar son distintas a las del empleo civil. Sin embargo, los satélites militares pueden ser objeto de interferencias provocadas.

Algunos sistemas de satélites militares de comunicaciones tienen órbitas muy diferentes de la geoestacionaria por diversas razones.

El caso más típico es el de los sistemas de comunicaciones soviéticos, que si bien para uso civil utilizan también, aunque no exclusivamente, satélites geoestacionarios, para los sistemas militares utilizan una red táctica con satélites en órbita baja y el sistema MOLNIYA para servicio del hemisferio norte, cubriendo las latitudes más elevadas del territorio de la URSS.

El sistema táctico emplea numerosos satélites en órbita baja, lo que facilita la comunicación con equipos de baja potencia y en consecuencia es un sistema idóneo para la red de inteligencia. Otras ventajas son la dificultad de captar las emisiones, dirigidas dentro del territorio soviético, y la dificultad de neutralización del sistema (porque, aunque los satélites son accesibles a los sistemas ASAT, debido al gran número de unidades utilizadas, sería muy difícil la destrucción de todos).

El sistema MOLNIYA, utilizando órbitas muy excéntricas, con un apogeo de 40.000 km situado en el hemisferio norte e inclinación de 63 grados y con un total de ocho satélites que se suceden sobre el territorio soviético, consigue la cobertura permanente.

Otro sistema futuro, el MILSTAR de los EE.UU., utilizará ocho satélites en órbita geosíncrona. Cuatro en órbita geoestacionaria y cuatro en órbita de inclinación elevada, a fin de tener cobertura polar, de modo que la cobertura global queda asegurada. Este sistema utilizará las frecuencias de 44 Ghz para enlace ascendente y de 20 Ghz para el descendente, y la frecuencia de 66 Ghz para enlace entre satélites.

Requerimientos de la Defensa

Evidentemente, los requerimientos de la defensa en materia de comunicaciones espaciales son establecidos por cada país, o por cada bloque militar, de conformidad con sus necesidades y con sus posibilidades técnicas y económicas.

Los requerimientos se clasifican como:

- De aplicación.
- De confiabilidad.
- De seguridad.

Estos requerimientos se explican a continuación:

Requerimientos de aplicación

Los requerimientos de aplicación se establecen por el usuario, principalmente los organismos de defensa (aunque no exclusivamente), de cada país

o bloque. Además de la defensa, pueden ser usuarios del sistema otros órganos gubernamentales con competencias en otros sectores, como la diplomacia, la protección civil, etc.

Los requerimientos se definen a partir de la utilización. Con ello se determina la cobertura, de la que se obtiene el número de satélites del sistema y las especificaciones técnicas completas del sistema.

El mayor espectro de requerimientos de aplicación se presenta, sin duda, en los sistemas de comunicaciones militares de los EE.UU. que se describirán posteriormente.

Sin embargo, hay requerimientos específicos de algunos países. Es característico en el caso de la URSS, la utilización de un sistema de numerosos satélites en órbita baja, que permiten la transmisión de información con emisiones de baja potencia, por los agentes soviéticos distribuidos en todo el globo, y el registro de esta información a bordo y su retransmisión a tierra a su paso sobre el territorio soviético.

El sistema británico SKYNET se ha concebido especialmente para las comunicaciones entre la metrópoli y las unidades de la armada destacadas en el Extremo Oriente.

En el sistema francés SYRACUSE, constituido por una carga útil militar integrada en el satélite de comunicaciones civiles *Telecom*, un requerimiento específico militar es el enlace con el área de Nueva Caledonia.

El sistema español HISPASAT sigue la misma constitución que el sistema SYRACUSE, ya explicado. Los requerimientos son más simples porque España no tiene unidades militares destacadas en zonas lejanas, y en consecuencia, la cobertura se limita a la península, las islas Baleares y Canarias y una zona marítima, limitada, para servicio de la Armada.

Requerimientos de confiabilidad

La confiabilidad en el aspecto técnico está relacionada con las frecuencias a utilizar, con la redundancia del equipo, con la disponibilidad de unidades de reserva, con el correcto control de los satélites, etc.; es decir, son condiciones similares a las que caracterizan la confiabilidad de los sistemas civiles comerciales, con las diferencias respecto a los sistemas militares que éstos requieren estaciones de tierra con capacidad de movilidad, mediante un transporte fácilmente aplicable o estaciones totalmente móviles.

Sin embargo, la confiabilidad de los sistemas militares está también asociada a la capacidad de operación cuando están sometidos a acciones agresivas del enemigo.

Estas agresiones pueden ser de diversos tipos y se pueden aplicar contra el segmento espacial, contra el segmento terrestre o contra los enlaces entre ambos segmentos.

Los procedimientos de agresión y las posibles contramedidas aplicables que se pueden identificar son los siguientes:

Requerimientos de seguridad

Las transmisiones militares tienen requerimientos de seguridad contra dos tipos de agresiones:

- *Pasivas*: La lectura o escucha de informaciones por receptores a los que no van destinadas, particularmente por el enemigo.
- *Activas*: Además de las interferencias que afectan a la confiabilidad, que se han considerado anteriormente, hay una agresión activa, especialmente perjudicial, que consiste en que el enemigo puede inyectar su propia señal en el enlace de telemando de modo que puede operar el satélite dentro de sus límites de capacidad.

Los requerimientos de seguridad consisten en asegurar la protección contra estas agresiones.

A fin de conseguir la protección contra el conocimiento por el enemigo de las señales captadas, se utiliza la criptografía.

La técnica de la criptografía ha evolucionado considerablemente en las últimas décadas y ha pasado de técnicas andróginas de transposición y sustitución de caracteres a técnicas digitales cifrando por métodos aleatorios muy complejos y de difícil descripción con las técnicas actuales. Todo mensaje cifrado, se acaba descifrando, pero lo importante es que cuando se consiga descifrarlo, la información no sea útil para el enemigo.

Respecto a la inyección de señales por el enemigo en el enlace ascendente, la protección utilizada es la de firmas digitales en las señales verdaderas que permiten conocer su autenticidad.

Vulnerabilidades de los satélites

Destrucción del satélite con sistemas ASAT

Los sistemas ASAT existentes en la actualidad solamente son aplicables a satélites en órbita baja. En consecuencia, solamente podrían utilizarse contra el sistema soviético de satélites en órbita baja. Sin embargo, este sistema ya se ha concebido con su contramedida a esta agresión, porque

está constituido por un número muy elevado de satélites (entre 20 y 30) a 1.300 km de altitud, además de otra constelación de tres satélites a 800 km de altitud que, evidentemente, sería más fácil neutralizable.

Dado el número elevado de satélites y la continuidad en su reposición (del orden de 20 al año), resultaría muy difícil la destrucción total del sistema, aunque se podría reducir su capacidad con la destrucción de algunas unidades.

Destrucción del segmento terrestre

Implica el ataque a objetivos fijos en territorio enemigo o a blancos móviles, como buques o aviones. El segmento terrestre está constituido por la estación de control del satélite (que generalmente se considera parte del segmento espacial y que sería el objetivo ideal para neutralizar el satélite) y por las estaciones de operación del sistema, que pueden ser muy numerosas y fijas o móviles.

La estación de control estará protegida con todas las medidas posibles, incluso por la redundancia. Así que la neutralización total del segmento terrestre es una operación militar de extrema dificultad.

Neutralización de equipos mediante explosiones nucleares en el espacio exterior

La explosión nuclear produce un intenso impulso electromagnético (EMP) que afecta considerablemente a gran número de elementos del equipo de comunicaciones.

La explosión nuclear elevada está asociada a dos tipos de efectos electromagnéticos de diferente naturaleza, pero ambos relacionados con todo el espectro electromagnético en la banda de longitudes de onda superior al infrarrojo, desde las ondas milimétricas a las ondas más largas.

El primer efecto, corresponde a la emisión de un impulso electromagnético de muy corta duración originado por la explosión (este efecto se puede producir también en detonaciones de explosivos químicos convencionales).

Si la explosión se produce hacia los 40 km de altitud, los efectos térmicos y mecánicos, tan devastadores en una explosión nuclear cerca de la superficie, son despreciables. De la energía total de la explosión solamente persiste una radiación gamma intensa que corresponde aproximadamente al 1 por 100 de la energía total de la bomba, y se localiza en una esfera de un espesor de 2 a 3 m, centrada en el punto de explosión que se expande a la velocidad de la luz.

La expansión de la esfera tiene una incidencia directa sobre satélites en el espacio hasta distancias considerables, del orden de miles de km, pero además la expansión hacia la superficie tiene como consecuencia la interacción con la atmósfera, que se inicia a unos 40 km y que produce el segundo tipo de efecto, debido a la alteración de las propiedades eléctricas de la atmósfera. Este efecto es el que se acusa en las capas de la atmósfera, produciendo perturbaciones en las comunicaciones y en el radar, y en particular, en la superficie, afectando a las instalaciones.

En las instalaciones terrestres, se pueden aplicar medidas de protección, o de «endurecimiento», basadas en los mismos criterios que se utilizan contra agresiones electromagnéticas.

Respecto al segmento espacial, el efecto nocivo resulta de la interacción de la radiación gamma con los equipos del satélite. Este aspecto es menos conocido por el carácter confidencial de los trabajos teóricos y experimentales realizados con simulación de la radiación. Sin embargo, es bien conocido que se aplican procedimientos de protección, o de «endurecimiento» del satélite contra el EMP; es decir, protección de los elementos sensibles a la radiación gamma en los satélites militares de las últimas generaciones.

En resumen, un requerimiento actual de la Defensa es la protección de los segmentos espacial y terrestre de los sistemas espaciales de comunicaciones contra los efectos del EMP originado por las explosiones nucleares en el espacio.

Acción sobre las transmisiones

El enlace, en doble sentido, entre el satélite y tierra es el elemento más vulnerable de la cadena de comunicación.

Las acciones que puede realizar el enemigo para inutilizar las transmisiones son de dos tipos, unas afectan a la confiabilidad, que se consideran en este apartado. Otras, que afectan a la seguridad, se consideran posteriormente.

Un sistema de comunicaciones militares tiene requerimientos respecto a la confiabilidad que comprenden:

- Prescripciones para asegurar la operación del equipo a bordo y del equipo de tierra.
- Medidas para asegurar que las causas naturales no perturban la transmisión.
- Disposiciones contra las acciones del enemigo.

Los dos primeros, son similares a los de los sistemas civiles y están asociados a la calidad de los equipos, precisión de apuntado, redundancias

y utilización de frecuencias no perturbadas por fenómenos naturales. Sin embargo, el nivel de confiabilidad requerido en sistemas militares puede ser superior, particularmente para algunas aplicaciones como las relacionadas con la transmisión de órdenes para proceder a un ataque nuclear.

Los sistemas americanos AFSATCOM y MILSTAR, que se describen posteriormente, son un ejemplo de esta aplicación.

Las acciones del enemigo que afectan a la confiabilidad consisten esencialmente en producir interferencias que imposibiliten la separación de la señal oculta por el ruido intenso de éstas. Para evitar este efecto se utilizan las técnicas usuales de ECCM.

Sistemas de comunicaciones de los EE.UU.

Los sistemas militares de comunicaciones espaciales en los EE.UU. se han configurado para cumplimentar los requerimientos de tres grandes grupos de usuarios:

- Usuarios de banda ancha (UHF/SHF), de servicio fijo, representados por el sistema DSCS (*Defence Satellite Communications System*).
- Usuarios tácticos/móviles, representados por el sistema FITSATCOM (*Fleet Satellite Communication*).
- Usuarios de capacidad nuclear, representados por el sistema AFSATCOM (*Air Force Satellite Communications*).

Sin embargo, no sólo no se trata de sistemas totalmente independientes, sino que también se complementan con otros sistemas, no específicamente militares. Se señala esto para poner de manifiesto la interacción civil y militar en EE.UU., que para esta aplicación llega hasta el nivel operacional.

El valor operacional militar de los sistemas y su flexibilidad de empleo se mejoran notablemente mediante su interconexión, ya sea a través de estaciones de tierra (por ejemplo, el satélite *DCS III* se enlaza con los usuarios del sistema AFSATCOM a través de los terminales de tierra DSDC), o directamente mediante enlaces entre satélites. Para este fin se desarrollan enlaces inter-satélites en láser y en EHF.

A continuación se presenta una breve descripción de los sistemas:

Defense Satellite Communications System (DSCS) (Sistema de comunicaciones de la Defensa por satélites).

El DSCS es el sistema principal de telecomunicaciones a nivel global para el DOP (*Department of Defence-Departamento de la Defensa*) y determinadas agencias del Gobierno. En el interior de los EE.UU. el DSCS utiliza ampliamente canales de comunicación alquilados a empresas comerciales.

La función principal del DSCS es proveer de canales de voz y datos para fines militares u otros de carácter gubernamental en emplazamientos fuera del país, tanto a bases fijas como a unidades móviles y tácticas. Además de esta función, el DSCS atiende a las necesidades de:

- *World Wide Military Command and Control System* (WWMCCS) (Sistema militar mundial de mando y control).
- *National Command Authorities* (NCA). (Comandante en jefe de las Fuerzas Armadas nacionales).
- *Ground Mobile Forces* (GMF). (Fuerzas móviles terrestres).
- *Diplomatic Telecommunications System* (DTS). (Sistema de telecomunicaciones diplomáticas).
- Determinados aliados.

El DSCS es un sistema de alta capacidad, que opera en SHF (8/7 Ghz), y permite las comunicaciones a escala mundial de mando y control, de tráfico administrativo, información de inteligencia y de situaciones de crisis.

El sistema se ha iniciado experimentalmente en la década de los sesenta, su plenitud operacional se ha conseguido con el sistema DSCS II, cuyo primer satélite se inyectó en órbita en noviembre de 1971.

SISTEMA DSCS II

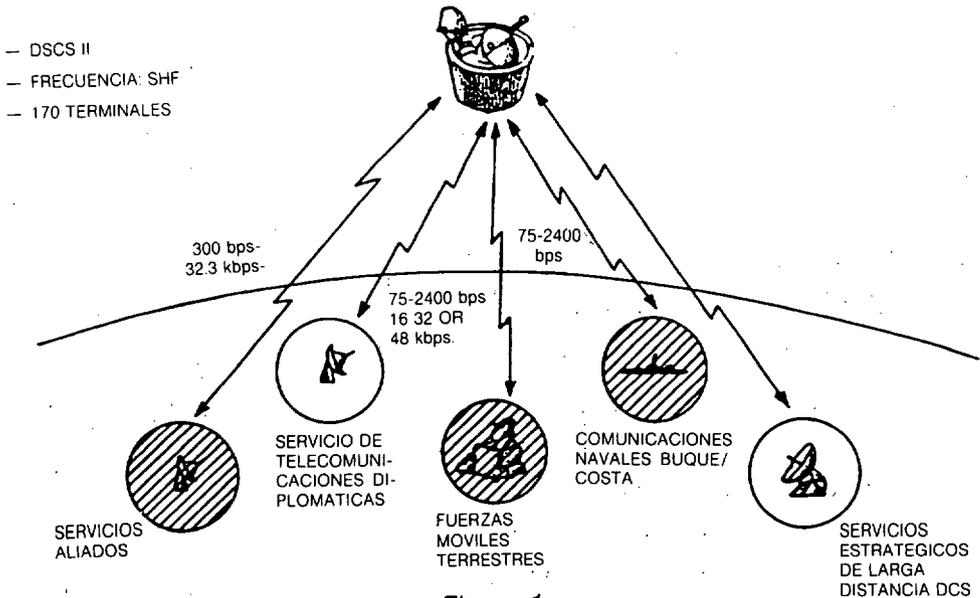
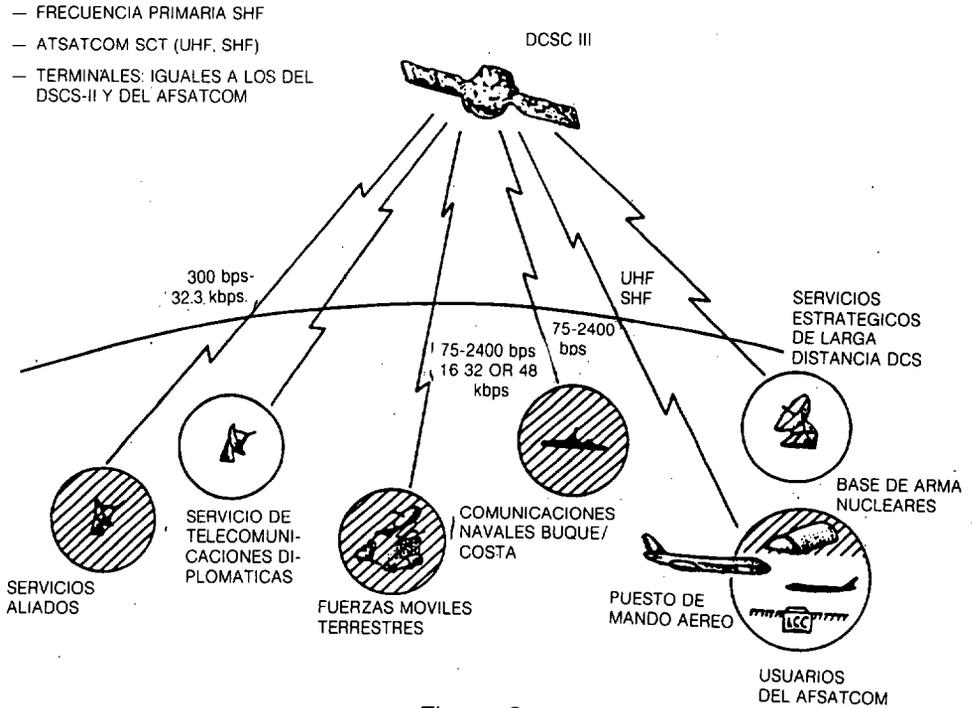


Figura 1

SISTEMA DSCS III



Los satélites se sitúan en órbita geosíncrona con una pequeña inclinación respecto al ecuador.

En los Anexos (tablas 1 y 2, pp. 34-35) figuran las características principales de los satélites del sistema DSCS II y del DSCS III.

En las figuras 1 y 2 se presentan esquemas simplificados de los sistemas citados.

Fleet Satcom Communication System (FLTSATCOM). (Sistemas de Comunicaciones por satélite de las flotas norteamericanas)

El sistema FLTSATCOM satisface los requerimientos de comunicaciones vía satélite de la Armada norteamericana en UHF.

Los satélites, están equipados con el transponder AFSATCOM para uso operacional de alta prioridad de las Fuerzas Aéreas.

Los satélites *FLTSATCOM* se han puesto en órbita en febrero de 1978, mayo de 1979 y enero y octubre de 1980, estos satélites constituyen el elemento esencial del segmento espacial del sistema.

Los satélites están constituidos por un módulo de carga útil, que incluye las antenas, y un módulo de plataforma con paneles solares. Ambos módulos son exagonales. El módulo de carga útil contiene el equipo de comunicaciones de UHF, de SHF y las antenas. El módulo de plataforma incluye los equipos de los subsistemas, de control de actitud, telemetría y telemando, potencia y distribución, baliza para seguimiento, motor de apogeo, etc.

Las características de los satélites se exponen en el Anexo (tabla 3, pp. 36-37).

Además de los cuatro satélites mencionados puestos en órbita para establecer el sistema, se han construido inicialmente dos de repuesto y otros tres más posteriormente, para la sustitución de los satélites del sistema a medida que quedaran fuera de servicio.

En la figura 3 se muestra un esquema simplificado del sistema *FLTSATCOM*.

SISTEMA *FLTSATCOM*

- FRECUENCIAS: UHF, SHF
- 1000 TERMINALES

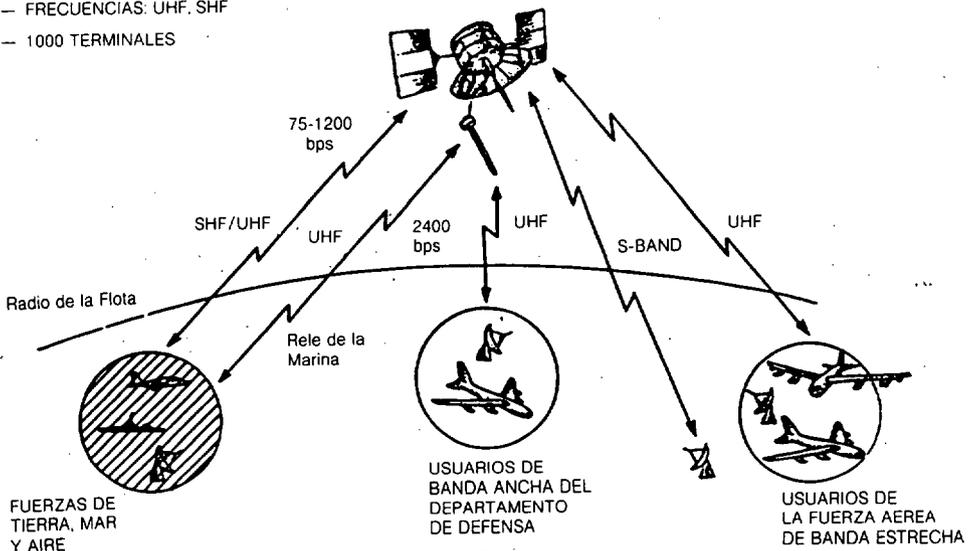


Figura 3

Air Force Satellite Communications System (AFSATCOM). *Sistema de comunicaciones por satélite de las Fuerzas Aéreas*

Proporciona comunicaciones de mando y control a las autoridades del Mando Nacional (*National Command*), Junta de Jefes de Estado Mayor, los Comandantes en Jefe militares, las fuerzas nucleares y ciertos usuarios de alta prioridad.

La característica de este sistema es el requerimiento operacional de que debe operar en un ambiente bélico caracterizado por radiación nuclear, interferencias y elevada potencia de energía electromagnética en todo el espectro.

Su forma típica de utilización es el empleo de mensajes breves de baja velocidad y con el uso de técnicas anti-interferencias, lo que permite el empleo de dispositivos simples para terminales de baja potencia en aviones de bombardeo, puestos de mando aerotransportados y centros de control de lanzamiento de ICBM.

La capacidad inicial del AFSATCOM se ha conseguido integrando el transponder AFSATCOM en los satélites *FLTSATCOM* de la Navy y en los satélites *SDS (Satellite Data System)* de la Air Force. El sistema SDS es parte del programa AFSATCOM.

El sistema AFSATCOM opera en UHF y provee comunicaciones en acceso múltiple a terminales en tierra, en aviones (B-52, F-111, EC/RC-135, KC-10, E-4B y TACAMO), en Centros de control de lanzamiento de misiles estratégicos *Titan* y *Minoteman* y en los puestos de mando de la fuerza estratégica.

Los terminales de AFSATCOM están desplegados en los elementos de fuerza del *Single Integrated Operational Plan*, de operaciones en casos de crisis y de operaciones de emergencia.

Los terminales de aviones y de tierra son idénticos excepto en la configuración de las antenas y la alimentación de potencia. La *Rockwell International* suministra estos terminales que se han instalado en puestos de mando aéreos, en aviones B-52, FB-111, cisternas, aviones de reconocimiento y en los TACAMO de la Navy, en los centros de control de lanzamiento de misiles y en centros de mando en tierra.

El terminal es de diseño modular, lo que permite integrar los módulos necesarios para el enlace visual entre los terminales a bordo y los terminales en tierra.

Todos los terminales proveen comunicaciones en doble sentido de teletipo en canales normales UHF, utilizando modulación por desviación de frecuencia (*Frequency Shift Keying*) (FSK) a 75 bps.

El elemento fundamental del terminal es el transmisor-receptor, que es común a todos los tipos de terminales. Este módulo opera en el intervalo de frecuencia de 225 a 400 Mhz, con una separación de 25 KHz entre canales.

En la figura 4 se presenta un esquema simplificado del sistema AFSATCOM.

SISTEMA AFSATCOM

- EQUIPOS DE COMUNICACIONES A BORDO DE SATÉLITES
- FRECUENCIAS: UHF, SHF
- 75 bps
- 1100 TERMINALES

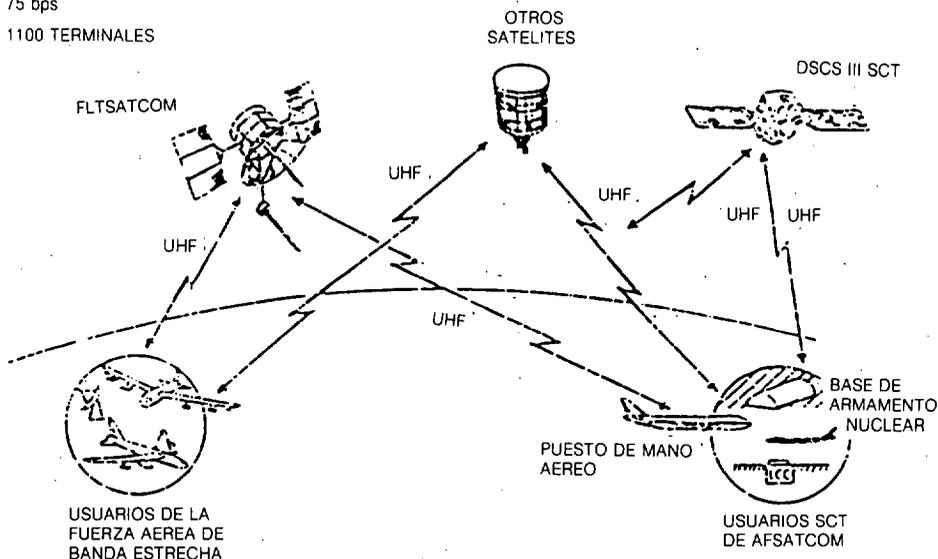


Figura 4

Single Channel Transponder (SCT) Injection Subsystem (SCTIS) del DSCS III (Transponder de un solo canal)

El SCT del satélite DSCS III transmite en UHF de modo que es compatible con los terminales UHF de AFSATCOM.

El DSCS III permite en consecuencia el enlace entre los terminales del sistema DSCS y los terminales del AFSATCOM en UHF.

Satélite Data System (SDS) (Sistema de datos por satélite)

Los satélites de los sistemas FLTSATCOM y DSCS están situados en órbitas geosíncronas por lo que la cobertura de las zonas polares queda excluida.

Los satélites del sistema SDS están situados en una órbita elíptica con una inclinación de 63 grados, similar a la utilizada por los satélites soviéticos *Molniya*. El sistema suministra enlace transpolar para mando (en tiempo real), control y comunicaciones para el sistema AFSATCOM y servicio con la estación de ASTF en Thule (Groenlandia).

El Futuro del SDS depende esencialmente del desarrollo del programa MILSTAR, puesto que este sistema prolongará las comunicaciones estratégicas que realizan los satélites SDS.

Military Strategic, Tactical and Relay (*MILSTAR*)

Se trata del sistema espacial de comunicaciones militares de desarrollo más avanzado en los EE.UU. y atenderá las necesidades estratégicas de las fuerzas nucleares y las necesidades prioritarias de las fuerzas tácticas móviles.

Un aspecto esencial en la concepción del sistema ha sido la seguridad en su operación, a cuyo fin se utiliza el enlace satélite-satélite para comunicaciones y control. Se han adoptado unas frecuencias muy elevadas, 20 Ghz para el enlace descendente y 44 Ghz para el ascendente por ser muy difíciles de interferir y presentan además otras ventajas evidentes, como el incremento de anchura de banda y la utilización de pequeñas antenas.

Los enlaces descendentes de 20 Ghz son compatibles con los planeados para los satélites *DSCS III*.

La utilización del enlace ascendente en EHF permite el empleo de antenas de dimensiones reducidas para formar haces estrechos. La transmisión se extiende en un ancho de banda de 1 Ghz. Con la técnica actual, es prácticamente imposible interferir esta transmisión desde fuera del haz.

La doble misión estratégica y táctica de MILSTAR ha derivado de conceptos anteriores de la utilización del espacio para estos fines.

La misión estratégica se ha derivado del concepto previo del *Strategic Satellite System*.

La misión táctica se ha derivado del programa anterior del *Tactical Satellite Communications* (TACSATCOM) que no se ha llegado a establecer como un sistema operacional, principalmente por dos serios inconvenientes:

- La vulnerabilidad de la transmisión en UHF por las interferencias.
- El ancho de banda reducido que se puede utilizar en esta frecuencia.

El segmento espacial de MILSTAR está constituido por una constelación de 8 satélites en órbita geosíncrona. Cuatro de estos satélites se situarán en órbita ecuatorial (geoestacionaria) para dar cobertura a las áreas del Atlántico, del Pacífico, del Índico y del Norte y Sur de América. Uno de estos cuatro satélites será de repuesto. Los otros cuatro satélites se situarán en órbitas inclinadas para dar cobertura a las zonas polares y a las áreas de Europa, África y Oeste de Asia.

El sistema MILSTAR incorpora nuevas tecnologías que han requerido un trabajo intenso de investigación y desarrollo realizado en el *Lincoln Laboratory* durante varios años. Aunque la planificación del sistema es secreta, se puede esperar que sea operativo en los primeros años de la década de los noventa.

El sistema incorpora avances técnicos importantes. Ha sido el primero de comunicaciones espaciales que especifica su supervivencia en un medio hostil, no sólo ante intentos de interferencia o de inyección de señales, sino ante ataques desde tierra o desde el espacio, incluyendo protección contra efectos de explosiones nucleares en el espacio (EMP) y contra radiación de láser.

SISTEMA MILSTAR

- BANDA ANCHA
- ANTENA DE HAZ ESTRECHO
- TERMINALES PEQUEÑOS MÓVILES
- ALTA PROTECCIÓN CONTRA INTERFERENCIAS Y CENTELLEO
- 75, 1200, 2400 bps

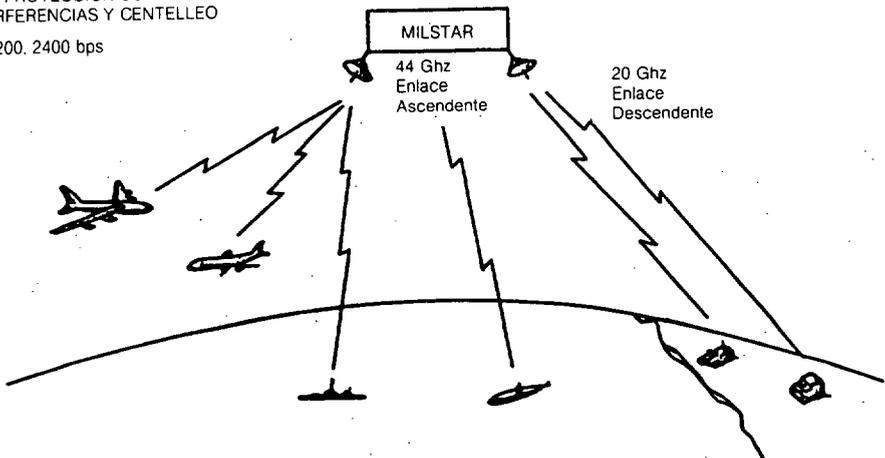


Figura 5

La configuración del segmento espacial, que constituye la constelación, da al sistema un buen nivel de autonomía por lo que es poco vulnerable a una pérdida de soporte en tierra. Al parecer se trata de que el sistema pueda operar durante seis meses sin soporte de tierra.

Los enlaces entre satélites operan a 60 Ghz, frecuencia que no se propaga en la atmósfera, lo que hace estos enlaces invulnerables desde tierra y permiten, también, evitar enlaces con estaciones de tierra que puedan ser críticos en ciertas circunstancias.

Los aspectos técnicos más substanciales del sistema son los siguientes:

- Tecnología avanzada de antenas.
- Procesado de señal a bordo.
- Utilización de bandas EHF.

Se ha previsto que los segmentos espacial y terrestre de MILSTAR se desplieguen y operen simultáneamente con los sistemas de comunicaciones militares existentes durante un período de tres o cuatro años.

Las primeras pruebas de la tecnología avanzada de comunicaciones de MILSTAR se realizarán poniendo en órbita el equipo EHF en dos satélites *FLTSATCOM*.

En la figura 5, aparece un esquema simplificado del sistema MILSTAR.

Actividades en otros países

En la actualidad hay dos sistemas operativos, el sistema SKYNET británico y el sistema SYRACUSE francés basado en la integración de una carga útil militar en los satélites civiles *Telecom*. En España se desarrolla con el mismo criterio una carga útil militar para su integración en el satélite civil *Hispatat*.

En Italia se ha estudiado el proyecto SICRAL de satélite de comunicaciones gubernamentales, esencialmente de carácter militar, que no ha llegado a la fase de desarrollo. El sistema estaría constituido por dos satélites que operarían en UHF y SHF. La banda UHF se emplearía para transmisiones de pequeña capacidad entre los puestos de mando militar y las unidades móviles, terrestres, navales y aéreas; y la banda SHF para transmisiones de alta capacidad, militares y de protección civil.

Sistema SKYNET (Gran Bretaña)

El sistema de comunicaciones espaciales militares SKYNET (el primero para esta aplicación por un país europeo) es operativo desde 1969. Desde entonces se han sucedido diversas generaciones hasta la actual, el SKYNET 4.

El primer satélite *Skynet* se construyó en EE.UU. y se inyectó en una órbita geosíncrona con 2,4 grados de inclinación por un vehículo *Thor Delta*. Las sucesivas generaciones se han construido en Gran Bretaña, pero se ha mantenido la dependencia de los EE.UU. para la operación de lanzamiento, hasta el satélite *Skynet 4B* que se ha inyectado en órbita por un vehículo europeo *Ariane*. La generación 4 ha representado un considerable avance hacia la europeización porque la plataforma está basada en la de los sistemas civiles de ESA, ECS y MARECS, construida por *British Aerospace*.

La evolución de la carga útil también ha sido considerable. La primera generación respondía a un requerimiento militar claro, las comunicaciones de la metrópoli con los buques de la flota destacados a grandes distancias, en particular en el Extremo Oriente.

El sistema SKYNET 4 consta de tres satélites en órbita (uno de reserva) y un segmento de tierra constituido por un conjunto diverso de estaciones terrestres fijas o transportables y estaciones embarcadas en buques. El sistema proporciona comunicaciones entre las estaciones fijas, transportables o a bordo de buques y estaciones terrenas en la banda SHF y comunicaciones con submarinos en UHF.

El repetidor en SHF emplea cuatro modelos de cobertura de antena:

- Global.
- Europa.
- Atlántico Norte.
- Haz estrecho, Europa Central.

Los cuatro enlaces en SHF se transmiten independientemente desde tierra y se reciben a bordo del satélite en una antena de bocina de cobertura global.

Para las comunicaciones en UHF se utiliza una antena helicoidal en tierra para recepción y transmisión.

El usuario del sistema SKYNET es el Ministerio de Defensa británico. Después de veinte años de experiencia en el desarrollo y operación de satélites de comunicaciones militares se ha llegado a un sistema de tecnología avanzada, con cargas útiles de alto índice coste/eficacia y con terminales de pequeñas dimensiones.

Sistema SYRACUSE (Francia).

El sistema SYRACUSE (*Système de Radio-Communications utilisant Satellite*) utiliza como segmento espacial una carga útil militar integrada en los satélites de comunicaciones civiles *Telecom* del PTT francés. La

operación del sistema se ha iniciado en 1986, con la primera generación SYRACUSE I.

El sistema consta de dos satélites *Telecom 1*, geoestacionarios, *Telecom 1A* situado a 8 grados oeste y *Telecom 1B* situado a 5 grados oeste. Con ambos satélites la cobertura se extiende desde las Antillas a la isla de Reunión. Cada satélite emite dos haces para localización y seguimiento desde tierra.

Dado el carácter militar de la misión se adoptan las medidas de seguridad adecuadas para evitar la vulnerabilidad de las transmisiones, como el encriptado y las técnicas de ECCM normales. El tráfico se hace en telefonía, télex y datos con transmisión a 75, 2.400 y 16.000 bits.

El segmento de tierra del sistema está constituido por un conjunto de terminales fijas, transportables, móviles, en tierra y a bordo de buques.

Las estaciones fijas están situadas en el territorio metropolitano, disponen de antenas de 8 m. de diámetro de seguimiento automático, con amplificadores de Klystrom de 1.500 w. Estas estaciones están enlazadas con la red militar, de modo que se pueden utilizar los enlaces espaciales para comunicación entre ellas o con los destacamentos equipados con terminales.

Los terminales transportables, con antenas de 3 m. y apuntado manual, tienen también amplificadores Plystron de 1.500 w, se montan sobre camión, de modo que son transportables por tierra. También se pueden transportar por aire.

Los terminales tácticos, con antena de 1,3 m. de diámetro y un amplificador (tubo de ondas progresivas, de 150 w) se montan sobre vehículo. También se pueden transportar en un avión Transall.

Los terminales navales constan de dos antenas de 1,5 m. de diámetro, estabilizadas en tres ejes, que se instalan en el buque de modo que al menos una no esté en la sombra producida por la infraestructura del buque. Las antenas se orientan utilizando los datos de seguimiento programados o las señales emitidas por el satélite.

Se ha tratado de reducir el desarrollo de los elementos del segmento de tierra, con el criterio de que los cuatro tipos de terminales tienen elementos comunes como convertidores ascendentes y descendentes, amplificadores de alta potencia (excepto los terminales tácticos), receptores de los haces de localización, amplificación de bajo ruido, etc.

La siguiente generación del sistema, SYRACUSE II, se base también en la integración de una carga útil militar (de mayor capacidad que la de SYRACUSE I) en satélites civiles, *Telecom 2*.

La carga útil está constituida por cinco repetidores, uno global, dos de haz estrecho, uno con haz orientable y uno de reserva. Esta carga útil presenta la novedad técnica del haz orientable, que permite la comunicación puntual con las zonas que en cualquier momento puedan tener una necesidad militar de enlace.

Previsiones futuras

Los proyectos más avanzados de los que se tiene conocimiento son los que se desarrollan en EE.UU., donde además de un programa permanente de desarrollo de tecnología de comunicaciones soportado por el DOD, principalmente a través del Ejército y de la Marina. Se pueden identificar dos programas específicos de gran importancia:

- «Comunicaciones Espaciales Avanzadas», de las Fuerzas Aéreas.
- «Comunicaciones Láser para Submarinos» de la Agencia para Proyectos de Investigación Avanzada de la Defensa (DARPA).

El programa de las Fuerzas Aéreas está orientado a la transición a las comunicaciones en EHF, con la finalidad de conseguir que los satélites de comunicaciones sean más adaptables a las situaciones tácticas cambiantes y mejorar su resistencia a las interferencias.

El programa comprende el desarrollo de nuevos elementos de los sistemas, como amplificadores de potencia, antenas, procesadores de señal, receptores y sintetizadores.

Para los amplificadores de potencia el desarrollo se orienta a los amplificadores de estado sólido y a nuevos tubos de ondas progresivas, en particular a componentes de larga vida para los enlaces desdecentes a 20 Ghz, para su aplicación a MILSTAR y siguientes generaciones del DSCS, y para el enlace entre satélites.

Otros campos de desarrollo de tecnología son el procesado de señal a bordo, en particular con procesadores de banda base, y procesado de espectro extenso avanzado, receptores de bajo ruido y terminales de comunicaciones de avión. En el desarrollo de estos terminales se realiza un gran esfuerzo dirigido a equipos EHF y de doble banda EHF/SHF. En este programa se ha realizado la primera demostración de tecnología de satélite de comunicaciones en EHF, utilizando los satélites *Les 8* y *9* y un terminal de doble banda instalado en un avión C-135.

Las Fuerzas Aéreas también investigan las comunicaciones con láser, que por su enorme capacidad de transmisión de datos y por la práctica inmunidad a las interferencias (por la estrechez del haz), resulta un

procedimiento muy atractivo para Satélites Relé de datos y para su utilización en un puesto de mando aeotransportado.

DARPA desarrolla un programa extenso de Comunicaciones Láser para Submarinos (SLC) que comprende la tecnología de comunicaciones Avión/Submarino (SLCAIR) y Satélite/Submarino (SLCSAT), basado en la utilización de un láser azul-verde para la comunicación a través del agua con submarinos sumergidos.

De hecho, la Armada después de muchos años de operación de sus submarinos nucleares estratégicos no dispone de sistemas de comunicaciones suficientemente satisfactorios con submarinos sumergidos, lo que justifica el gran esfuerzo dedicado a este programa.

El programa, dada su novedad, implica la investigación de fenómenos físicos, como la propagación del láser en la atmósfera y en el agua, la medida de ruido a frecuencias ópticas, y el desarrollo de nuevas tecnologías, necesarias para el transmisor, el receptor y los filtros de banda muy estrecha.

También son objeto de estudio las posibles configuraciones del sistema, como la utilización de un láser de alta potencia en tierra, que dirige su haz a un satélite que actúa como reflector para reflejar el haz a la zona elegida o la utilización de un láser de menor potencia a bordo de un satélite que dirige el haz directamente a la zona de recepción.

ANEXO

TABLA 1 Características de los satélites del sistema DSCS II

<i>Peso:</i>	1.300 libras
<i>Dimensiones:</i>	Diámetro: 9 pies Altura: 13 pies
<i>Potencia eléctrica:</i>	Al lanzamiento: 535 w. Cargas de comunicaciones: 235 w.
<i>Vida:</i>	Nominal: 5 años
<i>Precisión:</i>	Plataforma: 0,14 grados Antena de haz estrecho: 0,2 grados
<i>Capacidad de cambio de longitud:</i>	15 grados/día
<i>Inclinación orbital:</i>	3 grados
<i>Subsistema de telemetría y telemando:</i>	Seguridad criptográfica Telemandos: 215 Velocidad de telemando: 1.000 baudios Telemetría: 250 bps
<i>Lanzamiento:</i>	Doble en TITAN III C.

EQUIPO DE COMUNICACIONES

<i>Repetidor:</i>	Banda X = Conversión a una frecuencia
<i>Potencia efectiva radiada:</i>	Haz de cobertura terrestre: 28 dBW Haces de cobertura estrecha: (por haz) 40 dBW
<i>Potencia de salida:</i>	20 w. en cada TWT (hay 2)
<i>Ancho de banda total:</i>	410 Mhz
<i>Capacidad:</i>	1.300 canales de voz dúplex o hasta 100 Mbit en datos
<i>Antena de cobertura terrestre:</i>	Bocina - Polarización circular - Ancho de haz transmitido 18 - Ganancia 16,8 dB
<i>Antena de cobertura estrecha:</i>	Parabólica - Polarización circular - Ancho de haz transmitido 2,5 - Ganancia 33 dB - Desplazamiento 10

TABLA 2 Características de los satélites del sistema DSCS III

<i>Peso:</i>	2.400 libras
<i>Estabilización:</i>	Tres ejes. Un eje orientado al Sol
<i>Potencia eléctrica:</i>	Al lanzamiento 1.100 w.
<i>Vida:</i>	10 años (proyecto)
<i>Precisión:</i>	0,08 grados
<i>Propulsión:</i>	Capacidad de hidracina: 600 libras
<i>Supervivencia:</i>	Contra radiación
<i>Lanzamiento:</i>	Titán 34 D.

EQUIPO DE COMUNICACIONES

<i>Antena receptor:</i>	Banda ancha, lentes de guía de ondas de 61 haces Completo control de haz Nulos de banda ancha
<i>Antenas transmisoras:</i>	Dos bocinas para cobertura terrestre Dos lentes de guía de ondas de 19 haces Dos bocinas para cobertura terrestre Plato de alta ganancia
<i>Potencia del transponder:</i>	Canales 1 y 2 - 40 w. Canales 3, 4, 5 y 6 - 10 w.
<i>Ancho de banda del transponder:</i>	Nominal 60 Mhz

TABLA 3 Características de los satélites del FLTSATCOM

<i>Peso:</i>	2.170 libras
<i>Dimensiones:</i>	Cuerpo hexagonal de ocho pies Altura: 50 pulgadas Dos paneles solares de 7 x 13 pies

Potencia eléctrica: 1,2 Kw.
Estabilización: Ruedas de inercia de tres ejes
Propulsión hidracina
Vida: Nominal 5 años
Lanzador: Atlas Centaur

EQUIPO DE COMUNICACIONES

Antena receptora UHF: Helicoidal 18 vueltas
Antena transmisora UHF: Parabólica desplegable de 16 pies Ø
Canales: Uno de 25 Khz radio flota
Nueve de 25 Khz relé-flota
12 de 5 Khz AFSATCOM
Uno de 500 Khz banda ancha

CAPÍTULO SEGUNDO

APLICACIONES MILITARES DE LOS SATÉLITES DE NAVEGACIÓN

APLICACIONES MILITARES DE LOS SATÉLITES DE NAVEGACIÓN

Por JOSÉ LUIS HIERRO ALCÁNTARA

Generalidades

El objetivo general de este trabajo es dar una visión general de las aplicaciones militares de los satélites de navegación, y más concretamente del *Navstar Global Positioning System*, conocido vulgarmente por sus siglas GPS. Se explicará además el estado del desarrollo del sistema en relación con estas aplicaciones.

El GPS fue, en principio, una iniciativa del Departamento de Defensa de los EE.UU., exclusivamente orientada a satisfacer las necesidades de militares, en orden a poder disponer en cualquier parte del mundo de un sistema que proporcionase continuamente los datos de situación geográfica, velocidad y tiempo horario, con gran precisión. Posteriormente, vista su gran utilidad y con la finalidad adicional de limitar la proliferación de sistemas de radio-navegación, el Senado de los EE.UU. autorizó la utilización civil del sistema, con ciertas limitaciones.

Otro de los motivos que indujeron al Departamento de Defensa de los EE.UU. a desarrollar este sistema es la facultad de mejorar significativamente la coordinación entre los elementos de una fuerza, los diferentes ejércitos nacionales y los de las naciones aliadas. Influyó también, sin duda, la posibilidad de incrementar notablemente la exactitud en el lanzamiento de armas de todo tipo. Al final de este trabajo daremos un resumen de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas durante el desarrollo del programa.

Desde el momento que se tomó la decisión de autorizar el acceso del campo civil al GPS, se está desarrollando un enorme esfuerzo científico y

técnico para la aplicación del sistema a dicho campo, lo que sin duda repercutirá en el área militar, como es el caso de la navegación en el espacio, una de las aplicaciones en cierto modo más interesantes para este seminario.

Dado el previsible creciente número de usuarios del sistema, y su desglose en dos campos civil y militar, los EE.UU. han decidido asignar al Departamento de Defensa la recopilación, procesamiento y distribución de la información a los usuarios militares; en tanto que el Departamento de Transportes será el encargado de distribuir a los usuarios civiles aquella información que se estime necesaria a esos fines.

Repetiremos que el GPS se ha desarrollado para contar con un procedimiento aplicable a la navegación militar, fiable, exacto, mundial, capaz de proporcionar continuamente el tiempo, velocidad y situación en tres dimensiones, y además evitar la gran proliferación de sistemas de navegación existentes que actualmente intentan satisfacer dichos requisitos parcial y deficientemente. Entre los inconvenientes de los sistemas actuales citaremos: su corto alcance, necesidad de estar dentro del horizonte radioeléctrico, influencia de las condiciones atmosféricas o ambientales, baja fiabilidad, poca capacidad de supervivencia y, finalmente, degradación de la exactitud a lo largo del tiempo de su funcionamiento, como ocurre en los sistemas inerciales.

Las ventajas fundamentales del GPS radican en que los componentes básicos del sistema, los satélites, están en el espacio exterior. Esto posibilita la cobertura mundial, una referencia geográfica común, el gozar de capacidad «todo tiempo» y el permitir una actitud pasiva y discreta a los utilizadores que en número limitado y simultáneamente estén enlazados con el sistema. Todas las ventajas antes reseñadas, unidas a una gran resistencia ante perturbaciones radioeléctricas, naturales o intencionadas, dan al sistema un alto valor militar, y permitirán en un futuro próximo eliminar los costosos sistemas de navegación radio basados en tierra.

La integración del GPS con otros sistemas autónomos de navegación, como por ejemplo los inerciales, mejorarán su resistencia a las perturbaciones y aumentarán la seguridad, calculándose que se ahorrará un 50 por ciento del coste en relación con los sistemas inerciales de alta calidad.

El Gobierno de los EE.UU. que traza la política y los planes de los sistemas de radio navegación promovidos federalmente, ha reconocido la necesidad de reducir y consolidar el número de sistemas actuales utilizados por el Departamento de Defensa y el de Transportes. Existe el propósito de que el Departamento de Defensa tome las siguientes acciones en las fechas

que se citan: en el año 1994, dejar fuera de servicio militar el LORAN-C y el OMEGA; en el año 1996, reemplazar el ILS por el MLS y cesar el funcionamiento del TRANSIT; y en 1997 poner fuera de servicio también el VOR/DME y los TACANES basados en tierra.

El Departamento de Transportes prevé por su parte un período de transición de unos 15 años a partir del momento en que el sistema GPS esté completamente operativo y haya demostrado su exactitud, cobertura, integridad y economía para satisfacer las necesidades civiles aéreas, navales y terrestres. En ese momento cesarán las emisiones de los sistemas VOR/DME y OMEGA federales.

De cualquier forma, el LORAN-C, que tiene muchos usuarios civiles, quedará inoperativo a partir del año 1994, ya que el responsable de su funcionamiento, el Servicio de guarda costas de los EE.UU. lo mantiene en servicio atendiendo exclusivamente a las necesidades de la Armada norteamericana.

Aplicaciones militares generales

Efecto multiplicador de la fuerza

La razón militar primordial en la elección de un sensor o de una mezcla de sensores de navegación es satisfacer una necesidad operativa, jugando el factor económico un papel secundario. La ejecución de muchas de las operaciones militares dependen directamente de la precisión, respecto al tiempo horario y a la situación geográfica, dado que generalmente llevan implícitas funciones tales como una navegación, la adquisición de blancos y el lanzamiento de armas.

Con el GPS se satisfacen plenamente todas las necesidades de navegación militar, excepto las entradas en puerto y las aproximaciones aéreas de precisión, y como antes queda dicho reemplazará a casi todos los sistemas de radionavegación existentes y, en su caso, podrá suplementar a otros sistemas autónomos como los AHRS y los inerciales. La decisión se tomará, en cada caso, considerando las necesidades de seguridad y redundancia en relación con su coste. En pocas palabras, la gran exactitud que proporciona el GPS, en cuanto a conocimiento de la situación, la velocidad y el tiempo, actúa como un factor multiplicador del conjunto de la fuerza, no sólo porque cada uno de sus componentes gocen individualmente de sus ventajas, sino también porque permite la combinación fluida entre dichos componentes y elementos de distintos servicios, ejércitos y naciones que podrán realizar con precisión y flexibilidad aquellas operaciones en las que el empleo de una referencia horaria y geográfica exacta y común sea primordial.

Otra particularidad importante del GPS radica en que el sistema funciona en dos modalidades diferentes: una que proporciona información muy exacta denominada PPS, y otra menos exacta o *standar* conocida por SPS. El acceso a la modalidad de precisión PPS (16 metros de exactitud), está restringida, en principio, mediante el cifrado de la señal, a la generalidad de los usuarios y reservada para usos militares. El SPS por el contrario está continuamente a disposición de cualquier utilizador y proporciona una exactitud en la navegación próxima a los 100 metros. Sin embargo —y ello es un problema importante a nivel mundial— la señal podrá ser selectivamente degradada de forma tal que el GPS no pueda ser utilizado por adversarios potenciales de los EE.UU., en su propio beneficio.

Mando, control, comunicaciones e inteligencia. El C³I

En el mundo occidental se denomina C³I al conjunto de funciones de obtención, procesado y deseminación de la información operativa para el combate, con la finalidad de localizar a las unidades amigas y hostiles, y en consecuencia tomar y difundir las decisiones a las unidades subordinadas. En síntesis, optimiza el empleo de las fuerzas propias en el momento y lugar más oportuno.

Un nuevo concepto de acción táctica de la NATO, que podría traducirse por «ataque en fuerza continuo», requiere sin duda el C³I para realizar con «todo-tiempo» tareas como: adquisición de blancos, procesado de la información en tiempo real y organización de las fuerzas propias con la misión de localizar al enemigo, paralizar sus ataques y reaccionar en fuerza de manera ininterrumpida para de esta manera ocasionar la ruptura y el desgaste. Es obvio que el GPS representará una ayuda sustancial en los sistemas C³I.

Básicamente existen tres procedimientos para la fusión de datos de un sensor: a) Transformar la situación del blanco expresada en coordenadas de a bordo en coordenadas geodésicas exactas, que puedan ser convertidas directamente en asignaciones de blancos a nivel local. b) Correlacionar informes de blancos de múltiples sensores. c) Reducir la incertidumbre en la localización de los blancos planificando los medios disponibles a nivel de teatro de operaciones. Un estudio ha demostrado que el GPS, integrado con sensores precisos digitales de búsqueda (electroópticos, de infrarrojos o sistemas de radar de apertura sintética), posibilita la localización directa del blanco, expresada en coordenadas geodésicas y en tiempo real, con una exactitud de 30 metros.

En la correlación de datos de blancos, provenientes de varios sensores que dispongan del GPS integrado, la fusión de dichos datos es casi perfecta,

consiguiéndose una fácil identificación. Sin embargo, cuando se emplean sensores con navegador inercial y la densidad de blancos es grande el proceso de fusión se degrada.

Las investigaciones al respecto han llegado a la conclusión que en un ambiente de múltiples sensores y blancos, el GPS supera a cualquier otro sistema de navegación existente, y simplificará el proceso de vigilancia en todo el mundo con un mínimo apoyo logístico.

Los EE.UU. están desarrollando un sistema de radar aéro-táctico de búsqueda conjunto, el JSTARS, que se prevé estará operativo en el año 1995. El funcionamiento de JSTARS se basa en la integración de un radar de apertura sintética (SAR), un receptor GPS, mapas digitales y la incorporación de un sistema de comunicaciones de a bordo, resistente a las perturbaciones. Este sistema de comunicaciones utiliza el tiempo exacto que proporciona el GPS para calibrar un reloj de a bordo, y de esta manera utilizar la técnica de «salto de frecuencias».

Operaciones tácticas

Un sistema de navegación tan exacto como el GPS simplifica todas las fases de una operación táctica, especialmente en aquellas que participan varios elementos diferentes, como son: el apoyo aéreo a tierra, la patrulla marítima, la interceptación aérea y las operaciones anfibas. En todas ellas, la sincronización de las acciones particulares y el poder trabajar en una cuadrícula común es una ayuda inestimable, que podría tener aún más valor si por ejemplo, todas las fuerzas de tierra, mar y aire de la OTAN, contaran con equipos GPS. Precisamente para un mejor análisis de la cuestión estudiaremos a continuación las aplicaciones terrestres, navales y aéreas GPS.

Aplicaciones a las operaciones aéreas

Muchas son las operaciones aéreas que se verán afectadas por el GPS, entre ellas la interceptación, la interdicción, el apoyo a tierra, el reconocimiento, la búsqueda y el rescate, lanzamientos en paracaídas, transporte «todo-tiempo» y la patrulla marítima. La eficacia en cada una de las fases que se suceden en estas misiones mejorarán con la adopción del GPS, especialmente en lo que se refiere al lanzamiento (despegue), la recuperación (toma), la navegación en línea de vuelo, los encuentros («rendezvous»), la adquisición de los blancos y el lanzamiento de las armas.

Lanzamiento y recuperación (tomas y despegues)

Con el GPS se puede proporcionar el ajuste o alineación del inercial en vuelo, lo que permite un rápido despegue en misiones de defensa aérea,

búsqueda y rescate, o alertas, reduciendo al propio tiempo la dependencia de equipos de tierra, tales como el TACAN o el VOR/DME: Las tomas o recuperaciones podrán realizarse sin temor a que las ayudas de tierra se hayan visto afectadas por un ataque, ya que el GPS puede asegurar tomas del tipo «sin precisión» en todo el mundo. Incluso si se dispone de un GPS Diferencial y un MLS combinado sería posible efectuar tomas de precisión.

Navegación en línea de vuelo

El hecho de mejorar la exactitud y la seguridad en la navegación proporciona la flexibilidad de variar la ruta durante el vuelo o bien planear rutas complejas por razones de seguridad. Todo ello es muy importante en misiones de interdicción aérea y reconocimiento cuando es necesario el vuelo rasante sobre el terreno o el empleo de vehículos pilotados por control remoto. Empleando el GPS y mapas digitales resultará posible efectuar vuelos contorneando el terreno a 50 metros de altitud.

Es cierto que, normalmente, no existen mapas digitales de la necesaria exactitud, pero mediante el empleo del GPS para realizar mapas fotográficos y el establecimiento de una red de puntos coordinados se podrían confeccionar mapas digitales de la exactitud conveniente.

Encuentros ("Rendezvous")

La sincronización exacta del tiempo y una buena situación en cuadrícula son los datos fundamentales para realizar el «rendezvous», fase casi obligada en las operaciones de apoyo a tierra (CAS), búsqueda y rescate, aprovisionamiento de combustible en vuelo, etc. El GPS, como tantas veces se ha repetido, puede proporcionar exactamente estos datos, y facilitar así el «rendezvous», en cualquier condición de tiempo y de forma discreta y pasiva, o al menos con breves períodos de emisiones radar o radio. Con su empleo decrece en consecuencia el riesgo, aumenta la velocidad de ejecución y en último extremo repercute económicamente en los gastos militares, ya que, como ejemplo, se puede asegurar que serán necesarios menos aviones tanques para aprovisionamientos de combustible en vuelo.

Adquisición de blancos

La probabilidad de adquirir un blanco depende de una serie de factores de entrada: perfil del vuelo, naturaleza del terreno, situación del blanco, incertidumbre del sistema de navegación, etc. La probabilidad de adquisición de un pequeño blanco, por ejemplo del tipo de un emplazamiento de misiles SAM en el transcurso de una única pasada de un avión que se acerca al

objetivo volando a 600 pies de altura y equipado con un sensor de infrarrojos de alta resolución. Como la situación del blanco se conoce con cierta exactitud la probabilidad de adquisición es una función de la exactitud en la navegación del avión. Las experiencias demuestran que el GPS incrementa la probabilidad de adquisición del blanco en comparación con los demás sistemas de navegación, reduce la exposición del avión al fuego enemigo y facilita flexibilidad en la elección de la maniobra de acercamiento al blanco.

Lanzamiento de armas

La exactitud en el lanzamiento de las armas depende directamente de la exactitud en la navegación de la plataforma portadora. La exactitud en la navegación, y el poder trabajar todas las fuerzas en una misma cuadrícula reducen la posibilidad de alcanzar a fuerzas propias en operaciones CAS, permitiendo el lanzamiento de campos de minas desde el aire, el bombardeo coordinado en tiempo meteorológico adverso y el empleo de misiles de interceptación.

En cuanto a los misiles en misiones de interdicción cabe decir que el GPS dará una gran flexibilidad a estos vectores, porque no se verán constreñidos a volar por determinados recorridos y no necesitarán mapas especiales para aplicar las técnicas de correlación donde ahora no es posible, como sobre el mar.

El SLAM, misil derivado del HARPOON, diseñado para satisfacer las necesidades de la armada en cuanto a disponer de un misil lanzado desde el aire para el ataque a superficie, utilizará el GPS como sistema de guiado.

En fin, la mejora en el lanzamiento de las armas reducirá el número de salidas, la cantidad de municiones necesarias, incrementará el tiempo de permanencia sobre el área objetivo y mejorará la seguridad.

Aplicaciones a las operaciones navales

En las operaciones navales tienen lugar operaciones aéreas como las anteriormente expuestas a las que son aplicables las mismas consideraciones. Nos ceñiremos a continuación a relacionar aquellas operaciones estrictamente navales donde el GPS representa una ventaja importante, como la guerra anfibia, guerra submarina, guerra de minas y guerra de superficie.

Enganche en cuadrícula

Uno de los problemas más críticos y cotidianos en la ejecución de misiones tácticas navales es la necesidad de contar con una situación de referencia común a todos los buques, lanchas o aeronaves, participantes,

máxime cuando la mayoría de los informes sobre la localización y situación de blancos enemigos se transmiten vía *data-link* a los centros de operaciones de los cuarteles generales. La exactitud en la navegación y en la localización acrecienta el proceso de correlación de datos y, por lo tanto, el conocimiento de la situación general, permitiendo la conducción de operaciones con mayor eficacia.

Citaremos como ejemplo algunas aplicaciones en donde la exactitud en la navegación o en la localización de blancos, el GPS puede jugar un papel importante:

- a) Convoyes navegando de noche, en condiciones adversas de tiempo y bajo severas condiciones EMCON. Los buques podrán mantener fácilmente su puesto (estación) sin riesgo ni indiscreciones.
- b) Los submarinos podrán minimizar su exposición al enemigo, porque en sólo unos segundos podrán recibir una situación exacta GPS para «alimentar» su sistema de navegación inercial.
- c) Asignación de blancos para unidades navales que estén más allá de su horizonte visual o radar, que así no se verán obligados a utilizar sus sensores.

Reconocimiento de blancos a grandes distancias

El GPS se utilizará en la guerra de superficie para proporcionar el exacto enganche en cuadrícula entre un buque equipado con misiles antibuque de gran alcance y helicópteros situados en posición avanzada y dotados con sensores para la búsqueda de blancos. De esta suerte se conseguirá al mismo tiempo seguridad para la fuerza naval propia y aumentar las posibilidades de impacto de nuestras armas. Las mismas consideraciones son aplicables a la guerra antisubmarina, cuando el arma empleada sea un torpedo buscador lanzado desde un buque que ha recibido la situación del blanco desde otra unidad.

Operaciones combinadas

Sin duda el buen enganche en cuadrícula es una de las claves del éxito en las operaciones antisubmarinas coordinadas. De esta manera el avión de patrulla marítima, los helicópteros, los buques y submarinos propios podrán informar su situación geográfica exacta y la de los contactos que obtengan, lo que permitirá la mejor localización del blanco, la asignación de unidades y finalmente el correcto lanzamiento de las armas antisubmarinas.

Otras posibles aplicaciones donde la coordinación es fundamental son: las operaciones de búsqueda y rescate, el apoyo aéreo y el bombardeo de costa en el transcurso de las operaciones anfibas.

“Rendezvous” (encuentros) encubiertos

Cuando la situación lo exige puede ser necesario realizar asaltos anfibs nocturnos, con malas condiciones meteorológicas y bajo severas restricciones en las emisiones radioeléctricas propias. En esas condiciones tiene suma importancia que cada unidad naval, terrestre o área participante (buques, lanchas, vehículos anfibs, helicópteros, etc...) cuenten con un sistema de navegación exacto, discreto y autónomo como el GPS, que les permitirá realizar con seguridad y precisión todos los movimientos y encuentros que son propios de este tipo de operaciones.

El «golpe de mano anfibo» es una operación que realizan fuerzas especiales reducidas, generalmente embarcadas a bordo de un submarino, desde el cual en balsas o a nado, se aproximan a su objetivo, y regresan de nuevo a aquél una vez concluida la operación. La operación se realiza normalmente de noche y con las más severas limitaciones radioeléctricas. Es evidente la gran utilidad del GPS en las maniobras de localización del objetivo y de «rendezvous» de los comandos y el submarino a su regreso.

Operaciones de campos de minas

La guerra de minas tiene una vital importancia para las naciones de la NATO, especialmente las europeas, dado que la mayoría del tráfico discurre a través de un limitado número de estrechos que conectan los mares interiores y los océanos. Gracias al GPS los campos de minas propios podrán tener canales de seguridad más estrechos y sin necesidad de ser señalizados. En las operaciones de dragado y caza de minas también es muy importante el conocimiento exacto de la situación, tanto de nuestros propios campos de minas como de las áreas y canales libres y barridas de minas enemigas. El uso de receptores GPS en buques, submarinos y aeronaves empeñados en operaciones de minado ofensivo y contraminado verán aumentar su precisión y velocidad.

Aplicaciones a las operaciones terrestres

Aunque la precisión en la navegación no es generalmente un requisito necesario en las operaciones terrestres, sí lo es la facilidad y rapidez con que se pueda obtener esta información. A continuación mencionaremos algunas de las aplicaciones terrestres del GPS, como por ejemplo el guiado de misiles o los sistemas de vigilancia.

Armas de fuego directo

En las armas de fuego directo (puntería), el conocimiento de la situación geográfica exacta no tiene una consecuencia directa sobre el tiro. Sin embargo es indudable que, si las reducidas dotaciones de armas y carros de combate se ven liberadas de atender a la «navegación» al tener automatizada esta función, podrán concentrar su atención en su misión primordial. Actualmente se está desarrollando un receptor de mano, del tamaño de un paquete de cigarrillos, que posibilitará a las fuerzas terrestres a equiparse con el GPS incluso en los niveles más bajos.

En resumen, el GPS facilitará la localización de las fuerzas enemigas y determinará con seguridad el eje de la acción, de forma tal que el apoyo artillero y aéreo resulten más efectivos. Los controladores avanzados en operaciones CAS, al trabajar en una misma referencia geográfica que los aviones, no estarán agobiados por la incertidumbre habitual.

Las fuerzas de operaciones especiales se beneficiarán también del uso de receptores GPS especialmente diseñados, y los EE.UU. están desarrollando un receptor específico para fuerzas paracaidistas.

Armas de tiro indirecto

El conocimiento exacto de la posición propia y la del blanco enemigo es de suma importancia en el tiro artillero indirecto de cañones, cohetes, morteros y misiles superficie-superficie; y condiciona la probabilidad de alcanzar el blanco. Las baterías propias pueden, con el GPS, entrar en batería en escasos minutos y sin preparación, lo que se traduce en una mayor flexibilidad en los cambios de posición. La identificación de los blancos por los observadores avanzados y el proceso de la información a través de sistemas C³I, unido al empleo del GPS, podrá multiplicar por tres la eficacia de la artillería.

Armas de defensa aérea

En la defensa aérea cuando los radares de interceptación y tiro tienen a la vista el vector de interceptación y el blanco, el empleo del GPS tiene una utilidad muy limitada. Sin embargo, cuando el blanco ha sido adquirido por un radar de exploración y el sistema de armas interceptador es un avión, el empleo del GPS puede facilitar la interceptación y aumentar la posibilidad de abatir el blanco.

Operaciones estratégicas

En las páginas anteriores se ha hablado de las mejoras que el GPS introducirá en el desarrollo de las funciones que acaecen en el transcurso

de las misiones tácticas tales como el lanzamiento y recuperación de aeronaves, el lanzamiento de armas, etc. Como es sabido, las armas estratégicas se pueden lanzar desde un avión, una unidad naval o mediante emplazamientos terrestres fijos o móviles. Todos los beneficios, previamente descritos al hablar de misiones tácticas, tienen pues idéntica aplicación cuando las plataformas de lanzamiento se emplean en misiones estratégicas, y no las vamos a repetir ahora.

El mayor impacto del GPS en su aplicación estratégica, será sin duda, la mejora en la exactitud de las armas, especialmente los misiles de crucero lanzados desde la mar o desde el aire. El incremento en la exactitud en la navegación de la plataforma lanzadora se traduce en una mejor trayectoria inicial del misil en la eliminación de las desviaciones del vuelo sobre la mar. En definitiva, serán necesarias menos cabezas para lograr éxito en el ataque. Se podrá emplear también el GPS, integrado con un inercial de bajo coste y mapas de base digital, haciendo posible gracias al incremento de la exactitud de los impactos el empleo de armas convencionales en muchas misiones que anteriormente habían sido asignadas a armas nucleares.

En el lanzamiento de misiles desde plataformas móviles en tierra, el GPS puede facilitar el posicionamiento rápido y la inyección de los datos iniciales al misil, la posibilidad de que el misil pueda permanecer en estado «durmiente» y de que las operaciones de alineación en tierra puedan eliminarse o reducirse consiguiendo una rápida respuesta.

El GPS, en suma, aporta una gran flexibilidad en el empleo de misiles estratégicos, por la facilidad con que puede ser modificada la misión. Incluso técnicamente, cabría reasignar un blanco durante el vuelo del misil.

Aplicaciones del GPS en la medición de distancias y el seguimiento.

Desde el año 1981 los tres ejércitos de los EE.UU. mostraron su interés por un sistema GPS que fuera capaz de realizar las tareas de medición y seguimiento. Después de muchas experiencias, se llegó a la conclusión, unánimemente admitida, que el GPS satisface, en un 95 por 100, los requisitos necesarios, y tiene menor coste y mayores ventajas técnicas que todos los demás sistemas existentes para la misma función.

En el año 1983 se creó una oficina para desarrollar un programa de aplicaciones al seguimiento y la medición, con el propósito de desarrollar una familia de equipos GPS adaptados a las necesidades del conjunto de los ejércitos y organismos de los EE.UU. En esta línea de acción han fabricado varios componentes tales como equipos adaptados a alta y baja dinámica, un equipo de alta dinámica en *pod* una unidad de referencia inercial y un *data-link*.

Con estos procedimientos se consiguen los datos imprescindibles para el seguimiento que son la situación, el espacio (*space*) y la hora (TSPI - *time, space, and position information*). Con este procedimiento se obtiene el TSPI, que puede ser utilizado por el propio vehículo, y mediante un *data-link* se transmite a una estación principal en tierra, de suerte que el número de vehículos que pueden seguirse simultáneamente sería teóricamente ilimitada. El TSPI —cuando el vehículo no está enlazado con la estación en tierra— puede registrarse y retransmitirse en el momento oportuno. Claramente las ventajas superan a algunos inconvenientes, como que la señal puede perderse debido a una extremadamente alta dinámica del vehículo, de suerte que parte del TSPI puede ser irrecuperable.

La U.S. Navy enfocó de forma diferente su sistema de seguimiento para los misiles *TRIDENT* (que lanzan submarinos en inmersión). Consecuentemente se desarrolló un sistema de seguimiento basado en un «trasladador» de la señal GPS a una base en tierra. Las ventajas radican en que un trasladador de la señal es mucho menos complejo que un receptor GPS, reduce los costes, el tamaño y el peso, y traslada a la base la tarea de computerizar el proceso; consiguiéndose, además, una seguridad adicional similar al GPS Diferencial.

Las desventajas del *TRIDENT* son: que sólo se pueden seguir simultáneamente un limitado número de blancos por causa del ancho de banda del transmisor del trasladador, que el TSPI no es utilizable directamente por el vehículo, y que el registro a bordo de las señales es imposible, siendo necesario que exista un enlace continuo entre el vehículo y la estación en tierra.

Por estas razones se ha escogido el sistema de seguimiento basado en un trasladador de la señal GPS en los programas de interceptadores basados en el espacio e interceptadores de vehículos de reentrada estratosféricos, ambos parte del programa de Iniciativa de Defensa Estratégica (SDI). Es el propósito de estos programas, desarrollar un equipo de seguimiento de las armas de energía cinética de alta dinámica con la finalidad de evaluar estas nuevas armas.

Resultados de las pruebas operativas

Las pruebas operativas se han realizado con la meticulosidad, abundancia de medios y cuidada sistemática habituales, en el Departamento de Defensa de los EE.UU., desde la validación del concepto del arma hasta su desarrollo y fase de producción.

Después de completar 600 misiones a bordo de vehículos de todo tipo (jeeps, aviones, helicópteros, etc...) con nueve tipos de receptores GPS

diferentes, los resultados demostraron que se podía alcanzar la exactitud de 16 metros en la situación y los 0,1 m/s en la velocidad.

Las conclusiones generales sobre el valor militar del GPS son: a) Es un «multiplicador» de la potencia de las armas y de los medios; b) La efectividad de la fuerza aumenta cuando está presente, pero no se degrada cuando falta; c) Mejora la supervivencia porque es un sistema pasivo, y d) No reemplaza pero sí suplementa a otros sistemas autónomos.

Durante el transcurso de unas pruebas en vuelo se realizaron 25 aproximaciones a tierra con aviones equipados con receptores GPS en los que se introducían los datos del punto de iniciación del descenso, rumbo y ángulo de descenso de la senda de aproximación; mediante la actuación sobre los mandos de los aviones en los momentos oportunos, se realizaron las aproximaciones a tierra sin referencia visual. Los resultados alcanzados indicaron que las desviaciones en el plano horizontal fueron buenas (dentro de los límites de una aproximación tipo ILS) mientras que en el plano vertical excedieron en un tercio en relación con la misma referencia. Este mayor error en el cálculo de la altura en la vertical podría subsanarse utilizando el sistema GPS Diferencial, y alcanzar de esta manera los límites fijados para las «aproximaciones de precisión».

Como ejemplo de la precisión en el lanzamiento de armas, un avión F-4 con la misión de bombardeo a ciegas en táctica «homing» lanzó más de 100 bombas de 500 libras, obteniéndose unos resultados espectaculares y demostrando que el GPS había causado una revolución con la exactitud obtenida.

Ya en la fase específica de evaluación operativa se demostró su utilidad, disponibilidad y efectividad operativa en nueve tipos diferentes de vehículos, desde aviones de la USAF F-16 y B-52, aviones de la armada A-6 y P-3, portaviones, submarinos y helicópteros y carros del ejército.

En fin, los resultados de las pruebas operativas reafirmaron que el GPS proporciona una información segura sobre la situación geográfica y la navegación en general y mejora la capacidad para el combate, siempre que esté adecuadamente integrado en el conjunto de sistemas de los vehículos portadores. Como consecuencia de estas pruebas, se mejoraron también las cualidades de los propios equipos GPS en cuanto a resistencia y facilidad de mantenimiento.

CAPÍTULO TERCERO

SATÉLITES PARA VIGILANCIA DE LOS OCÉANOS

SATÉLITES PARA VIGILANCIA DE LOS OCÉANOS

Por MANUEL BAUTISTA ARANDA

Consideraciones generales

En un trabajo anterior hemos examinado la forma de actuar, las posibilidades y las limitaciones de los satélites de reconocimiento fotográfico. Son los más adecuados para obtener información de objetivos fijos, cuya situación es conocida. Por ejemplo, son los que permiten obtener la información más detallada sobre una determinada base naval, sobre las instalaciones de que dispone, sobre los buques en ella fondeados, sobre los que están en reparación, etc.

Pero la vigilancia de los océanos plantea problemas especiales. Los buques a detectar son objetivos relativamente pequeños, perdidos en la inmensidad de los océanos. Y, sobre todo, son objetivos móviles, cuya velocidad y rumbo pueden variar en cualquier momento. Por ello, los satélites destinados a este fin deben reunir unas características especiales, que iremos examinando en las páginas siguientes.

Para los altos mandos militares, la meta ideal sería disponer de un sistema de observación y vigilancia que les permitiese conocer en todo momento la situación, rumbo y velocidad de cada uno de los barcos del enemigo (declarado o en potencia), cualquiera que sea el punto del globo en que se encuentren, y tanto si son barcos que navegan en superficie, como submarinos en inmersión.

Antes de seguir adelante debemos aclarar que en la práctica y con los medios actuales disponibles estamos lejos de poder alcanzar este objetivo ideal, si bien poco a poco nos vamos acercando a él. Y una herramienta que está ayudando eficazmente en este proceso es el empleo de satélites especialmente concebidos y equipados para la vigilancia de los océanos.

Los satélites no son el único medio disponible. Los aviones, por ejemplo, se han utilizado y se siguen utilizando ampliamente para estos fines. Y lo normal es que cualquier sistema que se organice para la vigilancia de los océanos utilice la combinación más eficaz de todos los medios disponibles, sean satélites, aviones, sonoboyas, o cualquier otro.

En las líneas que siguen nos vamos a referir exclusivamente a los satélites, examinando sus posibilidades y limitaciones para la vigilancia de los océanos y haciendo después un resumen de las actividades norteamericanas y soviéticas en este campo.

Satélites fotográficos

Es evidente que los satélites que obtienen fotografías a base de impresionar película, que se recupera después al cabo de unos días, son totalmente inadecuados para la vigilancia de los océanos. Dado el carácter móvil de los objetivos, la información obtenida sobre ellos sólo es útil si se recibe en directo, o, como se suele decir, en tiempo real. Esta información pierde rápidamente valor a medida que transcurre el tiempo, aunque sólo se trate de unas cuantas horas.

La transmisión de imágenes en directo es perfectamente posible utilizando medios radioléctricos. De hecho, los satélites norteamericanos del tipo *KH-11* lo están haciendo ahora. Cada imagen se descompone en puntos, que se transmiten secuencialmente a tierra en forma digital, y una vez recibidos se recompone punto a punto la imagen original.

Pero los satélites fotográficos, que operan normalmente en las bandas visibles e infrarroja del espectro, tienen siempre la grave limitación de que necesitan una atmósfera limpia y transparente para poder obtener imágenes útiles. La presencia de niebla, bruma, calima, polvo en suspensión, humos, turbulencia, etc., degrada la calidad y resolución de las imágenes. Y no pueden obtener ninguna información en zonas cubiertas de nubes.

Esto significa que hay áreas de alto interés militar, como por ejemplo la del Atlántico Norte, que en ciertas épocas del año pueden permanecer muchos días seguidos con cielos cubiertos y durante todo ese tiempo los satélites fotográficos no pueden obtener ninguna información sobre los barcos que naveguen por ellas.

Además, si el satélite utilizado opera sólo en las bandas visibles e infrarrojo próximo del espectro (de 0,4 a 1,0 micrómetros), tiene también la limitación de que sólo puede obtener imágenes si el objetivo está iluminado, es decir, durante las horas diurnas; pero no durante las nocturnas. En cambio, sí puede operar en el infrarrojo térmico (de 3 a 5 y de 9 a 14

micrómetros), es decir, si es capaz de recibir, no la energía reflejada por el objetivo dentro de la banda de los infrarrojos, sino la que emite ese mismo objetivo como consecuencia de su temperatura y de la diferencia que existe con la temperatura del medio circundante, entonces el satélite puede seguir captando información útil tanto de día como de noche. Permite señalar la presencia de barcos por su diferente temperatura con respecto a la de las aguas en que navegan. Y también permite, en ciertas condiciones, detectar la presencia de submarinos en inmersión, debido a que el agua utilizada en la refrigeración de sus motores sale más caliente, sube a la superficie y deja una estela térmica, una estela de agua a mayor temperatura que el resto.

Las imágenes obtenidas en el infrarrojo térmico tienen una resolución muy inferior a las que se obtienen dentro del espectro visible. Con ellas puede detectarse la presencia de barcos, pero no distinguir detalles de los mismos.

De todo lo anterior se deduce que los satélites fotográficos pueden aportar algunas informaciones útiles, pero que tienen tantas limitaciones que un sistema de vigilancia de los océanos no puede basarse en ellos. Necesita satélites con instrumentación especialmente concebida para esta misión, como son los que vamos a examinar a continuación

Escucha radioeléctrica

Los satélites de este tipo, también denominados *EORSAT (Electronic Intelligence Ocean Reconnaissance Satellite)*, se limitan a recibir las múltiples señales radioeléctricas que emite cualquier buque de guerra por sus radares, equipos de comunicaciones con otros buques, con aviones, con sus bases en tierra, etc.

La simple recepción de una señal radioeléctrica de frecuencia superior a unos 30 Mhz ya puede revelar la presencia de un buque dentro del horizonte visible desde el satélite. Pero esta información es demasiado pobre, porque la extensión de océano que queda dentro del horizonte visible desde un satélite es normalmente superior al millón de kilómetros cuadrados.

Utilizando a bordo antenas directivas se puede determinar la dirección de llegada de las ondas y con ello la dirección en que se encuentra el buque con respecto al satélite en ese momento.

Durante la última guerra mundial llegó a ser muy corriente la utilización en tierra de estaciones receptoras provistas de antenas directivas (radiogoniómetros) para conocer la dirección de llegada de las señales transmitidas por los barcos enemigos en alta mar. Con ayuda de dos o más estaciones

receptoras, situadas en puntos geográficamente separados, se podía, por triangulación, obtener rápidamente la posición del buque emisor.

En el caso de los satélites, pueden emplearse varios procedimientos para determinar la posición del buque, utilizando únicamente las señales transmitidas por el mismo y recibidas en el satélite.

Uno de ellos es aprovechar el rápido movimiento del satélite a lo largo de su órbita (unos 7,5 kilómetros por segundo) e ir obteniendo la dirección de llegada de las ondas para distintas posiciones de este satélite. Esto equivale a lo que antes decíamos de recibir las señales en dos o más estaciones en tierra geográficamente separadas. Por triangulación se fija la posición del buque. El procedimiento es válido porque las medidas pueden completarse en pocos segundos y el desplazamiento del buque en este tiempo es despreciable. Los cálculos se hacen, por supuesto, de forma automática.

Otro procedimiento es hacer uso del llamado efecto Doppler. Cuando el satélite aparece por el horizonte del buque y se va acercando a él, la frecuencia de las señales que capta el satélite es superior a la frecuencia con que realmente son emitidas. Cuando la distancia entre ambos es mínima, la frecuencia recibida coincide con la transmitida. Y cuando se aleja, la frecuencia recibida es menor. En este mismo principio de la medida del efecto Doppler se basan los satélites de navegación tipo *TRANSIT*. La diferencia estriba en que el transmisor, que sirve de base para la medida del desplazamiento Doppler de la frecuencia, está en el satélite en este caso y en el barco en el caso anterior. Los cálculos a realizar para obtener la posición del buque a partir de estas medidas son complejos, pero en la práctica, con el uso de ordenadores a bordo o en tierra, no ofrecen dificultad.

Un tercer procedimiento es utilizar métodos interferométricos. En este caso se emplean tres o más satélites volando en formación, es decir, manteniendo entre sí unas determinadas posiciones bien conocidas y controladas. Las señales emitidas por un buque se reciben simultáneamente en todos los satélites de la formación; pero como la distancia del buque a cada satélite es distinta, también es distinta la fase de las señales que recibe cada uno. Tomando los satélites de dos en dos y comparando las fases de las señales que reciben, es posible determinar con bastante precisión la posición del buque emisor. Aunque la idea así expuesta parece sencilla, su realización práctica presenta numerosas dificultades. Como veremos más adelante, los satélites norteamericanos del tipo *White Cloud* utilizan este procedimiento.

En los tres procedimientos antes citados se ha dado por supuesto algo que es imprescindible y es que se conoce con gran precisión la posición del

satélite receptor en todo momento. En la práctica así ocurre y esta exigencia no suele crear problemas.

La recepción y análisis de las señales transmitidas por un buque, además de permitir fijar su posición, permiten obtener en muchos casos información sobre el tipo de buque de que se trata, pues los equipos emisores no son los mismos en un portaaviones que en una fragata, o en un buque auxiliar de aprovisionamiento.

Utilización de radares

La información que se consigue con los métodos basados en la simple recepción de las señales radioeléctricas emitidas por un buque es sin duda valiosa; pero es manifiestamente menos completa que la que puede obtenerse con un radar montado a bordo de un satélite. Con un radar de adecuadas características puede detectarse la presencia del buque, conocer su posición de forma muy precisa y, además, determinar su rumbo, su velocidad y el tipo de buque de que se trata. Los satélites equipados con radar se denominan también *RORSAT (Radar Ocean Reconnaissance Satellite)*.

La pregunta que surge inmediatamente es: ¿si con un radar a bordo puede obtenerse una información más completa que con otros medios, por qué usar estos otros medios? La contestación viene por sí sola cuando se profundiza un poco en el tipo de radar que se necesita y en los problemas que plantea su instalación en un satélite.

La utilización de la información obtenida con un radar depende básicamente de la resolución que pueda lograrse con él. Si la resolución es baja, por ejemplo inferior a 100 metros, la imagen de un buque será poco más que un simple punto y apenas dará información sobre sus características. Cuanto mayor sea la resolución, más detalles se apreciarán y más valiosa será la información obtenida.

La máxima resolución que puede obtenerse con un radar instalado a bordo de un satélite está limitada fundamentalmente por tres factores: altura de la órbita, tipo de antena y potencia del transmisor. Analicemos brevemente cada uno de ellos.

La altura del satélite interesa que sea la menor posible, pero la presencia de la atmósfera impone limitaciones. Si se quiere que el satélite pueda permanecer algunos meses en órbita, hay que situarlo a una altura no inferior a unos 250 ó 300 kms. En caso contrario, el continuo frenado producido en las altas capas de la atmósfera le irá absorbiendo energía y el satélite irá perdiendo altura poco a poco, hasta que penetre en las capas

más densas y acabe desintegrándose. Algunos fragmentos llegarán a la superficie terrestre y el resto se volatizará en la atmósfera.

En cuanto a la antena, hay que tener presente que su misión fundamental es conseguir que la energía del transmisor del radar se radie concentrada en un fino pincel, que barre y explora el área a vigilar. Cuando más fino sea este pincel, mayor es la resolución que puede conseguirse, pero paralelamente la antena necesaria tiene que ser cada vez de mayores dimensiones. Y justamente el máximo tamaño y peso de la antena que puede instalarse a bordo de un satélite es lo que limita la finura del pincel citado.

Los primeros estudios realizados en los EE. UU. a principios de la década de los sesenta sobre la instalación de equipos de radar a bordo de satélites fueron poco estimulantes. Resultaban satélites desproporcionadamente pesados y costosos para la información que podían proporcionar.

Sin embargo, el panorama cambió bastante con la aparición de los llamados radares de «apertura sintética». En ellos se aprovecha el efecto Doppler producido por el rápido desplazamiento del satélite a lo largo de su órbita (unos 27.000 km/h) para conseguir una resolución en la dirección del movimiento del satélite equivalente a la que se obtendría con una antena de dimensiones iguales a la distancia recorrida por el satélite durante cada barrido, es decir, que equivale a utilizar una antena de dimensiones muy superiores a las que físicamente tiene la instalada en el satélite.

Debido al secreto militar que envuelve estos temas, no se dispone de datos fidedignos sobre la máxima resolución que se está consiguiendo actualmente. Con el satélite oceanográfico *SEASAT*, puesto en órbita por la NASA en 1978 y equipado con radar de apertura sintética, se consiguieron resoluciones del orden de 25 m. desde una altura relativamente alta, 800 kms. Y en cierto modo sorprendió la gran cantidad de información que contenían las imágenes obtenidas. En un reciente informe presentado en la UEO (Unión Europea Occidental), documento 1.160, de fecha 7 de noviembre de 1988, se supone que los satélites con radares de apertura sintética pueden alcanzar resoluciones de 2,5 m. en la dirección paralela al movimiento del satélite y de 1,5 m. en la dirección perpendicular a este movimiento. Y que es previsible que esta resolución llegue a ser de 1 m. hacia el año 2000.

El tercer factor a que nos referíamos al principio es la potencia del transmisor, que influye no sólo en la resolución, sino también en el alcance máximo del radar. Debe ser superior a un kilowatio y, a ser posible, bastante superior. Ello significa un gran consumo de energía eléctrica, de varios kilowatios, muy difícil de conseguir en un satélite con los métodos habituales.

a base de células solares. Habría que recurrir a paneles de células solares de enormes dimensiones, con los problemas de peso y volumen que ello supone, aunque en la fase de lanzamiento estos paneles vayan plegados para reducir su volumen.

Una solución, que como veremos más adelante ha sido adoptada por la URSS a pesar de los riesgos que conlleva, es la de recurrir a reactores nucleares como fuentes generadoras de energía eléctrica. Con ellos es perfectamente posible generar potencias útiles del orden de los 10 kw. El riesgo que se corre es la posibilidad de que el reactor caiga a tierra, bien por un fallo del cohete lanzador durante la fase de puesta en órbita, o bien por una reentrada fuera de control, si fallan los sistemas de seguridad instalados a bordo. En cualquiera de estos casos podría causar una grave contaminación con productos radiactivos en la zona de caída.

Para terminar con las consideraciones que estamos haciendo sobre el empleo de radares para la vigilancia de los océanos, diremos que, si bien, la calidad de las imágenes obtenidas es sensiblemente inferior a la que puede conseguirse con cámaras fotográficas, tienen la gran ventaja de que la observación puede hacerse exactamente igual de día que de noche, y lo mismo con tiempo despejado, que con cielos cubiertos de nubes. Además, parece que en las imágenes de radar es posible en ciertos casos detectar submarinos en inmersión, por las ondas que produce el casco del barco al desplazarse, que afloran a la superficie y crean una estela capaz de ser detectada por el radar, si la superficie del mar está tranquila.

Aspectos operativos

Teniendo en cuenta que los buques son objetivos esencialmente móviles, dos características fundamentales en cualquier sistema operativo para la vigilancia de los océanos son la frecuencia con que cada buque puede ser localizado y el tiempo que transcurre desde que el satélite capta la información hasta que ésta llega a sus usuarios.

El ideal, como indicábamos al principio, es que cada buque pueda ser observado de forma ininterrumpida, cualquiera que sea su posición. Pero en la práctica y con los medios actuales esto no es posible. La observación ininterrumpida podría lograrse por dos procedimientos. El primero sería utilizando tres satélites en órbita geoestacionaria, espaciados entre sí 120 grados. Con este sistema únicamente quedarían sin cubrir las zonas próximas a los polos, que a efectos de navegación marina carecen de interés. Pero la gran altura de la órbita geoestacionaria (35.800 kms.) la hace muy poco adecuada para la observación detallada de la superficie terrestre.



El segundo procedimiento sería a base de montar un sistema muy numeroso de satélites en órbitas bajas, posiblemente más de cincuenta, que, adecuadamente distribuidos en el espacio, mantuviesen una cobertura completa de toda la superficie terrestre.

Vamos a ver brevemente qué puede conseguirse con un solo satélite. Para poder dar algunas cifras, vamos a considerar el caso concreto de uno situado en órbita circular, a 440 kms. de altura y 65 grados de inclinación, que es justamente la órbita que utilizan los satélites soviéticos del tipo *EORSAT*.

Para que un satélite pueda recibir las señales de los radares de un buque y de la mayor parte de sus equipos transmisores, es necesario que haya «visión» directa satélite-buque, es decir, que el satélite tiene que estar por encima del horizonte visible desde el buque.

En el ejemplo que estamos considerando, el satélite da quince vueltas diarias a la Tierra, pero, si el buque está en el ecuador o próximo a él (posición *A* en la figura 1) que es la situación más desfavorable, el satélite sólo pasará sobre su horizonte una o dos veces consecutivas en órbitas ascendentes (de S. a N.) y, doce horas después, otra vez una o dos veces en órbitas descendentes (de N. a S.). Y en total, de las veinticuatro horas del día, sólo habrá podido recibir las señales del buque en cuatro órbitas como máximo, con un tiempo total inferior a treinta minutos.

A medida que el buque se encuentre en latitudes mayores, sean Sur o Norte, las posibilidades del satélite van mejorando. Así, por ejemplo, si se encuentra a 60 grados N (posición *B* en la figura 1), el satélite pasará unas siete u ocho veces diarias por encima de su horizonte, con una duración media de unos ocho minutos en cada paso. En la citada figura 1 se han representando los puntos que sobrevuela diariamente el satélite que estamos considerando, las posiciones *A* y *B* de los dos buques y los círculos que abarcan las áreas de visión directa satélite-buque.

En cualquier caso, vemos que con un solo satélite situado en una órbita como la del ejemplo (440 km de altura y 65 grados de inclinación), es posible situar un buque entre 2 y 8 veces al día, según la altitud en que se encuentre. Si la altura del satélite es mayor, esta capacidad mejora y, recíprocamente, si es menor, empeora.

Evidentemente, si en vez de un solo satélite se tiene un sistema formado por 2 ó 3 o más satélites, con sus órbitas adecuadamente espaciadas, es posible vigilar la posición de cada buque con mayor frecuencia.

La otra característica fundamental que citábamos de un sistema operativo es el tiempo que transcurre desde que un satélite capta

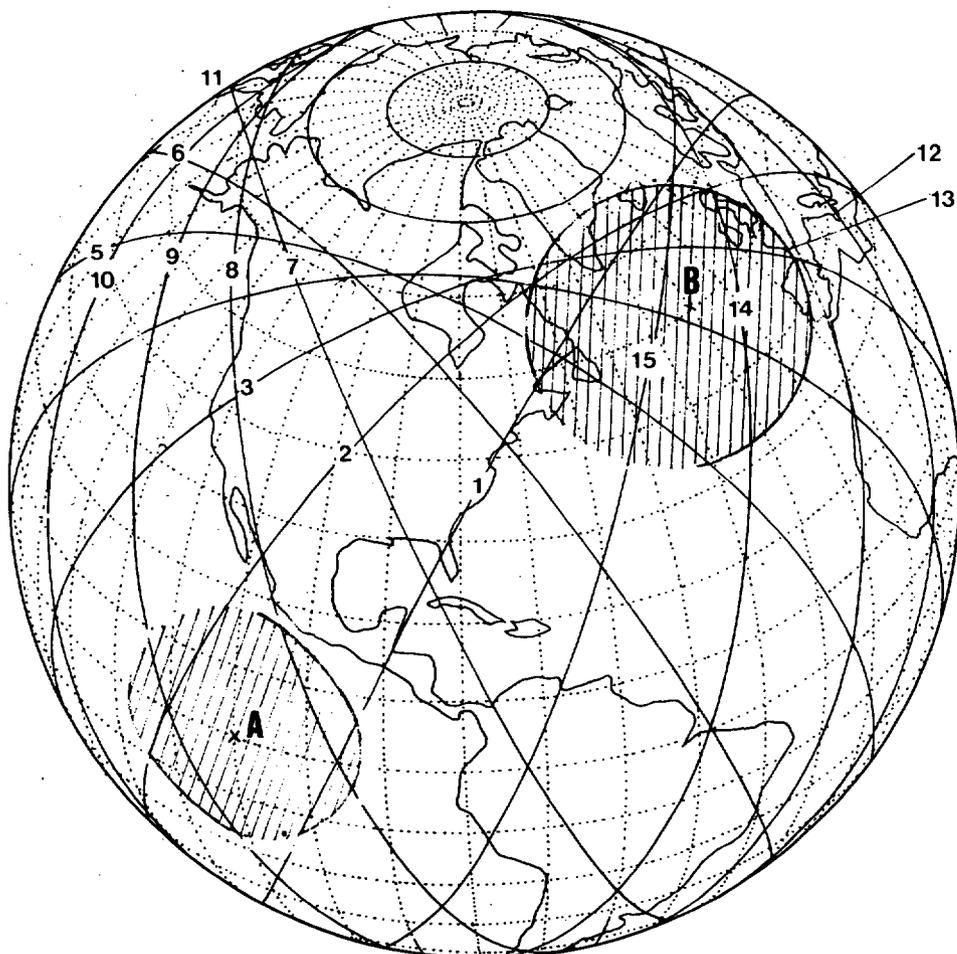


Figura 1

Puntos sobrevolados en el transcurso de un día por un satélite situado en una órbita circular de 440 km de altura 65 grados de inclinación

información sobre un buque hasta que ésta llega a manos de quienes tienen autoridad para tomar decisiones al respecto. No es necesario repetir una vez más que, dada la movilidad de los buques, este tiempo debe ser lo más corto posible.

Si el satélite puede «ver» simultáneamente al buque objetivo y a una estación receptora propia, no hay ningún problema para que vaya transmitiendo la información conforme la va captando. Esta situación puede

darse cuando el buque objetivo no está muy lejos de las costas propias, por ejemplo, menos de 2.000 km, aunque esta cifra dependió mucho de la altura del satélite.

Si el satélite no puede estar en contacto con ninguna estación receptora propia cuando capta la información, existe la posibilidad de que esta información se transmita a tierra con ayuda de un satélite repetidor situado en una órbita más alta. Es casi seguro que tanto los EE.UU. como la URSS utilizan este procedimiento, pero dado el secreto militar, no se dispone de datos suficientes como para afirmarlo categóricamente.

Y por último, si por la razón que sea ninguno de estos dos procedimientos es aplicable, cabe el recurso de almacenar a bordo la información recogida, grabada en cinta magnética, y transmitirla más tarde a tierra, cuando sobrevuele una estación propia. El retraso que esto supone depende de cuántas estaciones receptoras haya en tierra y en dónde estén situadas. Puede oscilar entre unos pocos minutos y varias horas.

Una aplicación interesante de estos satélites es que el comandante en jefe de la flota en alta mar reciba directamente las transmisiones de los satélites y pueda conocer la presencia de cualquier otro buque de superficie, amigo o enemigo, que se encuentre en un radio de varios centenares de kilómetros.

Como problema sin resolver satisfactoriamente está la detección de submarinos en inmersión por medio de satélites. En ciertos casos particulares sí es posible, como ya hemos señalado, detectar la estela térmica que dejan, o las ondas que crea el casco del submarino al desplazarse. Pero con carácter general, el tema no está resuelto.

Programa norteamericano

La idea de poner en órbita satélites especialmente equipados para la vigilancia de los océanos empezó a tomar cuerpo en los EE.UU hacia finales de la década de los sesenta. Entre los años 1971 y 1974 se llevaron a cabo algunos experimentos usando satélites fotográficos de las Fuerzas Aéreas, en los que se instalaron diferentes tipos de sensores para evaluar sus posibilidades. Pero no había una doctrina clara sobre el camino que se quería seguir, sobre si la vigilancia de los océanos debía realizarse con satélites, con aviones, o con un uso combinado de ambos. En cierto modo, la idea más general era la de utilizar satélites relativamente simples y no muy costosos para detectar únicamente la presencia de buques y, después, emplear aviones para obtener una información más detallada sobre ellos y

sobre sus movimientos. Para este fin se utilizó una versión modificada de los famosos aviones de reconocimiento U-2.

Para comprender estas dudas y la baja prioridad que se da inicialmente a este tipo de satélites, hay que situarse en esa época. La flota soviética, a pesar de su creciente desarrollo, todavía no representa una grave amenaza para los EE.UU. Debido a la situación geográfica de la URSS es relativamente fácil llevar un control del movimiento de sus buques. Para salir a alta mar, tienen que cruzar zonas bien controladas por los países occidentales. Tal es el caso de los estrechos daneses, para la flota del Mar Báltico, o los Dardanelos y el Bósforo, para la del Mar Negro, o pasos fácilmente vigilados desde el Japón y Corea del Sur, para la flota del Pacífico. Y por otro lado, los EE.UU. disponen de numerosas bases aéreas en torno a la URSS, que les permiten un eficaz uso de los aviones para estos fines.

Pero a medida que crece la potencia de la flota soviética, en especial la flota submarina, y se equipan sus unidades con misiles de largo alcance, la amenaza que representa para los EE.UU. empieza a ser muy seria y al tema de la vigilancia de los océanos con ayuda de satélites se le va concediendo más importancia. Hacia 1973 se ponen en marcha dos programas, el WHITE CLOUD y el CLIPPER BOW.

Programa WHITE CLOUD

El primer lanzamiento dentro del programa WHITE CLOUD, también denominado programa NOSS (*Navy Ocean Surveillance Satellites*) tiene lugar el 30 de abril de 1976. El satélite correspondiente queda situado en una órbita casi circular, a unos 1.100 km de altura y 63 grados de inclinación. Pero, poco después, el satélite suelta 3 subsatélites, que permanecen prácticamente en la misma órbita, conservando entre sí unas distancias fijas. En cierto modo podemos decir que van volando en formación. Según parece, los subsatélites están unidos al satélite principal por finos cables de varias decenas de kilómetros de longitud, que ayudan a mantener la formación y permiten a través de ellos la transmisión a este satélite principal de la información recibida por los subsatélites.

El sistema utilizado para detectar la presencia de buques es de carácter pasivo, es decir, se limitan a recibir la señales radioeléctricas que radian estos buques. Y para fijar su posición, emplean métodos interferométricos, como los citados en el apartado de «escucha radioeléctrica» anterior. Las señales recibidas por cada uno de los tres subsatélites se concentran en el satélite principal y allí se comparan, se mide su diferencia de fase y se transmite el resultado a tierra.

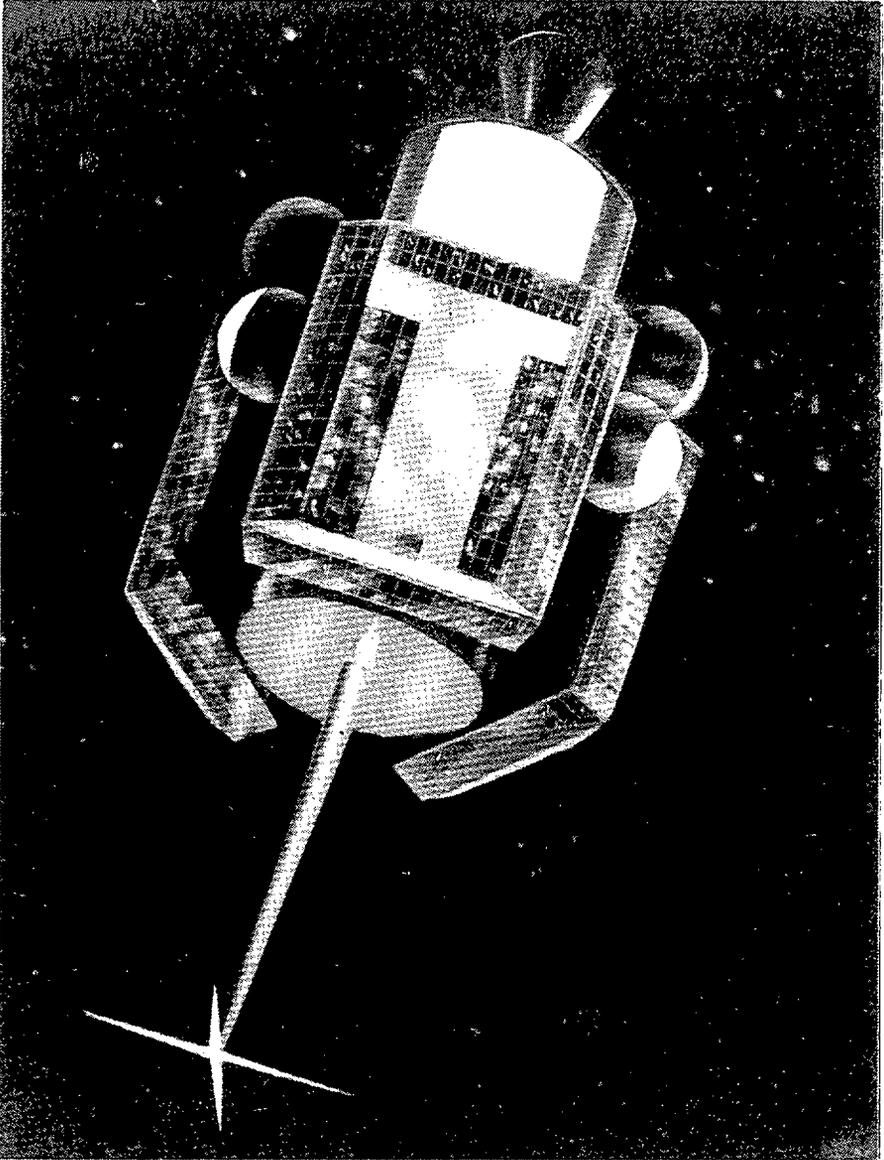


Figura 2

Satélite del programa WHITE CLOUD

El programa WHITE CLOUD prevé la existencia en órbita de tres grupos o formaciones de satélites de tipo anterior, con sus órbitas (sus nodos ascendentes) espaciadas entre sí 120 grados. De acuerdo con este plan, en diciembre de 1977 tuvo lugar el segundo lanzamiento y en marzo de 1980 el tercero. Las órbitas son siempre del mismo tipo: casi circulares, a unos 1.100 kilómetros de altura y 63 grados de inclinación. Dada la altura relativamente grande de estas órbitas, un buque puede ser detectado entre 12 y 24 veces al día con los tres grupos de satélites del sistema. Estos satélites, según ciertas informaciones, van provistos también de sensores de infrarrojos para poder detectar submarinos en inmersión.

El programa WHITE CLOUD parece que está funcionando correctamente. A medida que los satélites en órbita han ido fallando con el paso del tiempo, han tenido lugar nuevos lanzamientos para sustituirlos. Así ocurrió en febrero de 1983, en junio de ese mismo año y, más recientemente, en mayo de 1987 y en septiembre de 1988.

Programas CLIPPER BOW e ITSS

Se trata de programas de vigilancia de los océanos con satélites provistos de equipos de radar. El programa CLIPPER BOW ha sufrido muchas vicisitudes. Los primeros estudios pusieron de manifiesto que la instalación a bordo de un satélite de un radar capaz de proporcionar imágenes de buena resolución presentaba más problemas técnicos de los que inicialmente se habían imaginado. Iban a resultar satélites de grandes dimensiones, muy complejos, muy pesados y, en definitiva, muy costosos. Además, había serias discrepancias sobre cuál debía ser la misión de estos satélites, lo que a su vez afectaba a las características que debía reunir el radar de a bordo. La Navy quería que su misión se limitase a la vigilancia de los océanos. Pero la USAF deseaba que se considerase también la detección de aviones en vuelo y de misiles de crucero. Y la CIA presionaba para que el radar sirviera para el reconocimiento terrestre. Pues, debido a que ciertas regiones de la URSS estaban cubiertas de nubes la mayor parte del año, se temía que pudieran haber construido nuevas instalaciones de interés militar, como por ejemplo nuevos silos para misiles.

Todo ello ha tenido como consecuencia que el programa CLIPPER BOW sufriese retrasos, interrupciones, encarecimiento, etc., hasta que acabó por cancelarse en 1980. Pero la idea básica de utilizar satélites equipados con radar seguía considerándose de interés. Y en vista de ello se inició un nuevo programa, el ITSS (*Integrated Tactical Surveillance System*), del que apenas se ha publicado información.

Programa soviético

En la URSS, a diferencia de lo ocurrido en los EE.UU, los satélites especialmente equipados para la vigilancia de los océanos han gozado desde el primer momento de una alta prioridad. Es un área en la que llevan trabajando intensamente desde hace unos 25 años, en la que han conseguido buenos resultados y en la que sistemáticamente han ido por delante de los EE.UU.

Las razones de esta prioridad son claras. Por un lado, la URSS no dispone de una red de bases aéreas fuera de su territorio, como es el caso de los EE.UU. Y esto limita en gran medida el uso de aviones para misiones de observación y vigilancia lejos de sus fronteras. Por otro lado, entre este país y su principal enemigo potencial están los dos grandes océanos, Atlántico y Pacífico, a través de los cuales tendrían que transportar los EE.UU. el grueso de sus ejércitos y un continuo flujo de suministros para mantener su capacidad operativa. Por eso, la flota norteamericana, y por extensión las de sus países aliados, son objetivos estratégicos de primer orden. Para la URSS es muy importante conocer el despliegue de estas flotas y en un momento dado conocer la posición de los distintos buques con precisión suficiente como para poder atacarles con misiles balísticos con cabezas nucleares. La marina norteamericana es plenamente consciente de esta amenaza y, de hecho, los satélites soviéticos utilizados para la vigilancia de los océanos han sido un objetivo prioritario en los programas de armas antisatélites (ASAT).

Los satélites soviéticos de vigilancia naval podemos agruparlos en dos grandes familias: los que utilizan energía nuclear como fuente de generación de energía eléctrica y los que utilizan energía solar. O lo que es equivalente, los que van equipados con radar (RORSAT) y los que se limitan a recibir las señales radioeléctricas emitidas por los buques (EORSAT). Veamos cada una de ellas.

Satélites Rorsat

A diferencia también de lo ocurrido en los EE.UU., los satélites equipados con radar son los que han recibido la mayor prioridad. El primer lanzamiento de un satélite de este tipo, el *Cosmos 198*, tiene lugar el 27 de diciembre de 1967. Durante los ocho años siguientes se ponen en órbita un total de 6 satélites con carácter experimental. El programa alcanza su estado operativo en 1974 con los *Cosmos 651* y *654*, lanzados respectivamente el 15 y el 17 de mayo de ese año. A partir de esa fecha el programa continúa sin interrupción, lanzándose normalmente entre 2 y 3 satélites de este tipo cada año.

Todos ellos se lanzan desde Tyuratam, con un cohete impulsor tipo *F-1-m*, y se sitúa en una órbita casi circular, con un perigeo de unos 250 km, un apogeo de unos 265 km y una inclinación de 65 grados. La altura, como vemos, es bastante baja para poder conseguir imágenes con la mayor resolución posible.

La alimentación de energía eléctrica se realiza con un reactor nuclear tipo «Topaz», que es capaz de producir de 5 a 10 kw de potencia útil. Como combustible emplea uranio-235 enriquecido al 93 por 100. El calor producido en la fusión del uranio se convierte directamente en electricidad por método termoiónico (1). En total lleva 50 kg de uranio. En cuanto al radar, utiliza una gran antena plana de 1,4 por 8,5 metros, que radia una potencia de 3 a 5 kw. La masa total del satélite es de unos 5.000 kg. Se estima que en cada órbita puede barrer una franja de terreno de unos 1.200 km a cada lado. Esto significa que en latitudes altas, como por ejemplo en el Atlántico Norte, hay solape en las áreas cubiertas en órbitas consecutivas.

Operativamente, la forma de actuar de estos satélites es bastante repetitiva. Una vez situados en la órbita antes indicada, que es su órbita de trabajo, permanecen en ella entre 2 y 4 meses, salvo que algún fallo a bordo, cosa no infrecuente, obligue a reducir este tiempo. Transcurrido este período, el satélite se fragmenta en tres partes. Una es la antena del radar, que con sus grandes dimensiones y relativamente poca masa pierde rápidamente altura y en pocos días se destruye durante la reentrada. Otra es el último cuerpo del cohete lanzador, que aloja a la mayor parte de los sistemas auxiliares de a bordo y que también acaba reentrando al cabo de algunas semanas. Y, por último, la tercera pieza, que contiene el reactor nuclear, que se impulsa con un motor auxiliar hasta una órbita de unos 1.000 km de altura, para evitar que el reactor caiga a tierra y contamine gravemente con productos radiactivos el lugar de caída. A la altura de 1.000 km se estima una permanencia en órbita de unos 600 años antes de su reentrada por causas naturales y este tiempo es suficiente para que no sea peligrosa la radiactividad remanente.

Este plan de actuación y de cambio de órbita del reactor al final de su vida útil, funcionó aceptablemente bien con los primeros 15 satélites de este

(1) Varillas de U-235 están introducidas en cilindros huecos de molibdeno, que calientan hasta unos 1.500 grados centígrados y actúan como emisores de electrones. Otros cilindros de niobio, huecos, también concéntricos con los anteriores, muy próximos a ellos y más fríos (unos 500 grados centígrados) actúan de colectores de estos electrones. El reactor «Topaz» lleva un total de 79 varillas de uranio, con sus correspondientes cilindros emisor y colector de electrones. El conjunto constituye el núcleo del reactor.

tipo. Pero con el *Cosmos 954* ocurrió un fallo a bordo, desde tierra se perdió el control del satélite, el reactor no se pudo situar en la órbita alta, fue perdiendo altura poco a poco a consecuencia del frenado atmosférico y acabó cayendo el 24 de enero de 1978, sobre la parte occidental de Canadá, contaminando gravemente una extensión de terreno de 800 km de longitud. Hubo que movilizar grandes recursos para examinar y descontaminar una superficie equivalente a toda Extremadura. El hecho produjo un fuerte impacto en la opinión pública, hubo multitud de protestas sobre el empleo de reactores nucleares en satélites y la URSS suspendió temporalmente su utilización.

Pero la importancia de estos satélites era demasiado grande como para que la URSS renunciase definitivamente a ellos. La decisión adoptada fue la de seguir utilizándolos, después de introducir en ellos elementos de seguridad adicionales, para que no se repitiese la penosa experiencia del *Cosmos 954*.

Los lanzamientos se reanudaron dos años después, el 29 de abril de 1980, con el *Cosmos 1.176*. El reactor se había modificado de forma que el combustible se separase del propio reactor al final de la vida útil del satélite. Con ello se conseguía un doble objetivo. Si todo funcionaba correctamente y el reactor completo se subía a la órbita de 1.000 km, las varillas de combustible separadas allí del resto, por su poco volumen y gran densidad, podían permanecer en órbita bastante más de los 600 años estimados para el resto del reactor. Y si por alguna circunstancia imprevista se perdía el control del satélite, como había ocurrido con el *Cosmos 954*, y se producía una reentrada incontrolada, las varillas de combustible se separaban automáticamente del resto del satélite y, sin el apantallamiento de este resto del satélite, se volatilizaban durante la reentrada, quedando las partículas radioactivas lo suficientemente dispersas en la atmósfera como para no constituir un peligro apreciable.

La eficacia del sistema tuvo ocasión de comprobarse un par de años más tarde con el *Cosmos 1.402*, puesto en órbita el 30 de agosto de 1982. Al final de su vida útil se fragmentó en tres partes de acuerdo con la práctica habitual, pero no pudo cambiarse de órbita al reactor, que poco después, el 23 de enero de 1983, cayó en el Océano Indico, mientras que el combustible, que se había separado según lo previsto, se volatilizó durante su reentrada en el Atlántico Sur, 16 días después.

De nuevo, surgen protestas sobre el peligro que representan estos satélites y de nuevo la URSS suspende temporalmente los lanzamientos. Los reanuda con el *Cosmos 1.579* (29 de junio de 1984).

Hasta finales de 1988, se han puesto en órbita un total de 31 satélites equipados con radar y alimentados con reactores nucleares como generadores de electricidad. Estos satélites suelen funcionar por parejas. Los dos componentes de cada pareja se ponen en órbita con pocos días de diferencia y los parámetros de estas órbitas se coordinan de forma que cada objetivo sea observado sucesivamente por cada uno de ellos con un pequeño intervalo de tiempo de unos 20 ó 30 minutos.

Satélites Eorsat

La URSS también utiliza para la vigilancia de los océanos satélites con alimentación de energía eléctrica por métodos convencionales, es decir, usando células solares y no reactores nucleares. Para detectar la presencia de barcos y fijar su posición se sirven de las señales radiadas por los propios barcos.

El desarrollo de este tipo de satélites en la URSS ha ido retrasado con respecto a los antes descritos. El primer lanzamiento tiene lugar el 24 de diciembre de 1974 con el *Cosmos 699*, que unos cuatro meses después, el 17 de abril de 1975, queda destruido por una explosión. Como este mismo hecho se repite en los dos satélites siguientes: *Cosmos 777* (octubre, 1975) y *Cosmos 838* (julio, 1976), que también explotan pocos meses después de su puesta en órbita, se ha llegado a la conclusión de que se trataba de explosiones voluntariamente provocadas, para evitar que en esta fase experimental del programa pudieran caer en manos «enemigas» componentes del satélite considerados como secretos, que hubieran sobrevivido a la reentrada.

Esta práctica ha sido duramente criticada, pues la explosión accidental o voluntaria de un satélite crea multitud de fragmentos, posiblemente varios centenares, de tamaños muy diversos, que constituyen un peligro para otros satélites tanto si éstos están tripulados, como si no lo están.

A partir de 1979, parece que el sistema alcanza su estado operativo. Según informaciones publicadas en revistas especializadas, estos satélites pueden determinar la posición de un barco con error inferior a 2 km. Todos ellos se lanzan desde la base de Tyuratam, con lanzadores tipo *F-1-m* y se sitúan en órbitas casi circulares, a unos 440 km de altura y 65 grados de inclinación. Es decir, son órbitas parecidas a las de los satélites radar, pero más altas. Su masa es de unos 5.000 kg. Se vienen lanzando unos tres satélites de este tipo al año.

También funcionan por parejas. Por ejemplo, los *Cosmos 1.167* (mayo, 1980) y el *Cosmo 1.220* (noviembre, 1980). El primero, cruzaba el ecuador

en cada vuelta alrededor de la Tierra, 36 minutos después de que lo hiciese el segundo, por un punto situado 12 grados al Oeste del primer cruce. Pero dos días después, el *Cosmos 1.167* repetía la misma órbita que había seguido el *Cosmos 1.220*, dos días antes.

Y esta situación, aparentemente un tanto complicada, se repite casi exactamente en otras parejas, como por ejemplo, los *Cosmos 1.220* y *1.260*, *Cosmos 1.286* y *1.306*, *Cosmos 1.355* y *1.405*, etc. Para mantener esta relación entre sus órbitas a lo largo de toda su vida útil, a pesar de las perturbaciones que sufre cada una de ellas por causas naturales, estos satélites llevan a bordo motores de bajo empuje, con los que va corrigiendo cualquier desviación que se produzca.

El *Cosmos 1.867*, puesto en órbita el 10 de julio de 1987, puede ser el principio de un cambio importante en el esquema de funcionamiento de este tipo de satélite. Sus órbitas, sistemáticamente y sin excepción, tenían una altura de unos 440 km. En cambio, el *Cosmos 1.867* se ha situado a 788 X 801 km. La razón pudiera ser doble. Por un lado, quedar fuera del alcance de los ASAT lanzados desde aviones F-15. Por otro, aumentar la cobertura y la frecuencia con que puede observarse cada objetivo. La primera razón tiene ahora poco peso, tras la decisión norteamericana de cancelar el programa F-15 ASAT.

CAPÍTULO CUARTO

MEDIOS AGRESIVOS EN EL ESPACIO

MEDIOS AGRESIVOS EN EL ESPACIO

Por RAMÓN BLANCO RODRIGUEZ
y GUILLERMO VELARDE PINACHO

Introducción

Es sabido que la URSS está realizando esfuerzos para desarrollar una SDI, algo más modesta que la norteamericana en la actualidad, debido principalmente a su atraso en el campo de la microelectrónica, y en particular a no disponer de grandes computadores vectoriales.

A finales de 1988, el Departamento de Defensa norteamericano publicaba un informe en el que ponía de manifiesto la inversión de la URSS (más de 80.000 millones de dólares en la última década) en el programa espacial militar y su capacidad de poner objetos en el espacio (más de 2.000 toneladas en 1988).

Son bastante más conocidas las cifras invertidas por los norteamericanos en el tema espacial y, desde luego, superan a las invertidas por los rusos en el período citado.

Pues bien, tanto en el caso ruso como en el norteamericano gran parte de los objetos puestos en el espacio serán o tendrán capacidad de contener medios agresivos.

Entre estos posibles medios agresivos se encuentran los ingenios espaciales, las plataformas orbitales, ciertos satélites, sistemas antisatélites americano y soviético, sistemas de armas de energía directa, sistemas de armas de energía cinética, etc.

En el presente trabajo se tratará sobre estos medios y se finaliza con algunas consideraciones jurídicas sobre la posible «guerra en el espacio».

Sistemas de armas de energía directa (DEW)

Estos sistemas de armas están constituidos por los láseres ópticos, ultravioletas y de rayos X, y los haces de partículas cargadas y neutras.

Todos estos sistemas se han ido desarrollando durante las dos últimas décadas, con el principal objeto de aplicarlos a la fusión nuclear, base de la energía que podría abastecer a la humanidad en los próximos siglos.

La luz de los láseres ultravioletas y rayos X es fuertemente atenuada en la atmósfera, por lo que deben instalarse en satélites.

Un láser actual de rayos X blandos tiene un poder de destrucción de 7,3 millones de veces el de infrarrojos, que es la base de comparación.

Sin embargo, la energía necesaria para alimentar o bombear un láser de rayos X es tan elevada que actualmente se necesitarían reactores nucleares de dimensiones y peso prohibitivos en el espacio, por lo que se ha recurrido al empleo de la energía producida en una explosión nuclear de pequeño kilotonelaje, de unos 10 kt.

Durante el último lustro se ha llevado a cabo el desarrollo de diversos tipos de láseres especialmente proyectados como arma antimisil y antisatélite.

Los más importantes son:

- ALL. Es un láser anhídrido de carbónico de 400 kw de potencia instalado en un *Boeing 707*. El 1 de junio de 1981 se realizó la primera prueba contra un *Sidewinder* sin lograr destruirle.

El primer éxito se obtuvo en junio de 1983, contra otro *Sidewinder*.

- ALPHA. Es un láser de fluoruro de hidrógeno de 5 Mw de potencia, instalado en tierra, que tardaría dos segundos en destruir un misil a 500 km de distancia. El sistema anterior se completa con el *Tallon Gold* de detección, seguimiento e identificación de blancos. En el futuro, la totalidad del sistema podrá ir en ciertos tipos de satélites o plataformas espaciales.
- MIRACL y MPCL. Son láseres experimentales de fluoruro de deuterio. Estos láseres han sido probados en el Centro de Prueba de Láseres de Gran Potencia de *Whit Sands*. El 6 de septiembre de 1985 el *Miracl* destruyó la segunda etapa de un *Icbm Titan 1*. Según un reciente estudio para la SDI, se necesitarían, entre otras armas espaciales, 200 satélites cargados con láseres con intervalos entre disparos de una décima de segundo y alcanzar letales de 10 km para contener un ataque soviético de 1.000 misiles.
- HACES DE PARTICULAS. Se está estudiando la posibilidad de emplear los haces de partículas cargadas y neutras, aunque existen

dudas sobre su eficacia: Durante el último lustro se han llevado a cabo experimentos tales como:

ETA y ATA, aceleradores de electrones de una energía de 5 y 50 MeV y una intensidad de IOKA desarrollados en el Laboratorio Nacional de Lawrence (USA).

Radlac I y II, acelerador de electrones de 9 MeV y 25 KA desarrollado en el Laboratorio Nacional de Sandía (USA).

Sistemas de armas de energía cinética KEW

Estas armas actúan por choque directo, sin emplear explosivos químicos ni nucleares.

Entre ellos se encuentran el interceptador no nuclear NNK, que es un misil que lanza millones de bolitas metálicas al encuentro de las cabezas nucleares del misil.

Otro ingenio es el satélite portamisiles, que lanza unos 45 misiles y cuya carga útil es un proyectil de impacto directo.

Finalmente, hay que reseñar el cañón electromagnético, que consta de dos carriles entre los que se desliza una lanzadera donde se apoya el proyectil.

Entre un carril y otro se establece una gran diferencia de potencial.

El proyectil puede ser lanzado a velocidades de varias decenas de kilómetros por segundo. La energía necesaria para crear los campos electromagnéticos se obtiene de un reactor nuclear de unos 100 kw de potencia.

Sistema antisatélite (ASAT)

Desde 1958 se han lanzado al espacio cerca de 3.000 satélites, de los cuales el 75 por 100 ha sido de aplicación militar directa.

El 80 por 100 de las transmisiones militares USA se realiza por satélite, mientras que en la URSS solamente es el 40 por 100.

Teniendo en cuenta que además casi todas las armas de la SDI estarán situadas a bordo de satélites o ingenios espaciales, se comprende el gran esfuerzo que está realizando la URSS desde hace cuatro lustros para desarrollar un sistema ASAT eficaz.

El sistema ASAT actualmente empleado por los rusos consiste en un satélite de unos 2.000 kg de peso, situado en una órbita próxima a la del satélite USA que pretende destruir.

La aproximación final la realiza guiado por sensores ópticos y de infrarrojos.

Cuando alcanza la distancia mínima, explosiona una carga de explosivo químico, cuya metralla pretende destruir el satélite americano.

Este ASAT es lanzado desde un anticuado SS-9. Actualmente hay unos 70 SS-9 preparados para esta misión.

Los resultados obtenidos desde octubre de 1968 hasta la actualidad se pueden considerar como favorables, pues han conseguido el éxito en un 55 por 100 de los lanzamientos alcanzando órbitas de 2.000 km., aunque algunas fuentes hablan de órbitas de hasta 5.000 km.

El sistema ASAT desarrollado por USA se basa en el empleo de un avión F-15 portador de un misil de dos etapas de 2.200 kg. de peso y de dimensiones 5,5 por 0,5 m., cuya carga útil es un proyectil de 15 kg. y 0,3 m. de longitud, guiado por sensores infrarrojos y ópticos hacia el satélite soviético, destruyéndole por impacto, sin emplear explosivos químicos ni nucleares.

El 13 de septiembre de 1985, obtuvo el primer éxito destruyendo un satélite que en febrero de 1979 fue puesto en órbita circular a 600 km. de altura.

Según algunas fuentes se ha conseguido algún éxito hasta órbitas de 1.000 km. de altura.

Según los alcances obtenidos por el sistema ASAT, se observa que podrían destruirse actualmente algunos satélites de reconocimiento y de vigilancia oceánica de ambas naciones, mientras que los de aviso previo y de comunicaciones estarían fuera de su alcance.

Nuevos ingenios espaciales

Hermes

La Agencia Espacial Europea aprobaba el 31 de enero de 1985 el desarrollo para los próximos diez años de un plan espacial europeo, cuyo objetivo fundamental es que la capacidad espacial europea sea totalmente autónoma.

En principio, el punto clave del plan está en el desarrollo de una nave espacial denominada *Hermes*, que con el futuro lanzador *Ariane*, formará un verdadero sistema de transporte. La finalidad del *Hermes* es, en principio, servir de enlace con la plataforma espacial europea del proyecto *Columbus*, y de esta forma, con la estación espacial de la NASA, y en un futuro más

lejano, con la estación espacial europea, mediada la primera década del siglo XXI.

El *Hermes* puede considerarse como una carga útil muy particular del *Ariane 5*, pues sólo será utilizado con éste cuando se requiera la presencia de una tripulación, al margen de la utilización del *Ariane 5* para otras misiones ajenas al *Hermes*.

La aeronave *Hermes* ha sido calificada como de *mini-Shuttle*, en tanto que su tamaño es aproximadamente la mitad que la *Space-Shuttle* americana.

Cada aeronave *Hermes* está previsto que sea operativa para 80 vuelos, lanzados desde Kourou, Guayana Francesa, retornando la aeronave (sobre otro avión) para acondicionamiento —tres meses— a Toulouse.

Aerospatiale será el fabricante principal y responsable de la coherencia del proyecto, y *Avions Marcel Dassault* será subcontratante de *Aerospatiale*, encargándose principalmente de la aerodinámica, de las cualidades de vuelo en fase atmosférica, de la concepción de la estructura y de las protecciones térmicas. Los contratos para los sistemas de comunicaciones se harán con las empresas *Alcatel Thomson Espace* y *Bell Telephone*. Los sistemas de telemando y transmisión de palabra e imagen correrán a cargo de la Sociedad Matra.

Hotol

El *Hotol* es un conjunto nave espacial-lanzador, cuya nave la realizará British Aerospace y los motores del lanzador, *Rolls Royce*.

El *Hotol* (*Horizontal Take off and Landing*) es un vehículo no tripulado, completamente recuperable, que puede operar en pistas de aeropuertos convencionales y es capaz de colocar cargas hasta de ocho toneladas en órbitas cercanas a la Tierra y con un coste que se prevé menor al de la lanzadera espacial *Space Shuttle* o sus futuras derivaciones.

El *Hotol* tiene un compartimento de carga de 4,5 m. de diámetro por 9 de largo, esto es, podrá albergar volúmenes similares a las cargas diseñadas para ser insertadas en órbita por la lanzadera espacial americana.

El *Hotol* puede elevar cargas similares a las lanzadas por el cohete *Ariane*; aquí está una de las competencias con el *Hermes* de la Agencia Espacial Europea.

El tamaño es similar al de un *Concorde*, y su diseño difiere fundamentalmente de los de tipo lanzadera porque, como decimos, en el *Hotol* están integrados el lanzador y la nave.

El lanzador lo constituyen tres grandes motores, que utilizan aire atmosférico con hidrógeno líquido desde el momento del despegue hasta alcanzar mach 5, a 26 km. de altura, y a partir de aquí entran en funcionamiento tres motores cohetes, utilizando oxígeno líquido transportado a bordo.

Aún cuando el *Hotol* es una nave no tripulada, puede aplicarse para llevar astronautas al espacio y situarles en estaciones espaciales permanentes, realizar servicios en satélites en órbita o en plataformas espaciales.

El *Hotol* operará a costes más bajos que el *Space Shuttle* u otros lanzadores convencionales. Las razones son:

- Utiliza oxígeno atmosférico como combustible durante la fase inicial del vuelo y, por tanto, hay un fuerte ahorro de peso del vehículo en el despegue. Téngase en cuenta que el oxígeno contenido en motores cohete para lanzamiento de vehículos espaciales tradicionales representa un 85 por 100 del peso total del combustible en el despegue.
- Una nave no tripulada es mucho más simple, desde el punto de vista de ingeniería y, por tanto, el coste es más barato, tanto en diseño como en fabricación.
- El *Hotol* es completamente recuperable y no tiene costes adicionales, tales como cohetes lanzadores separables o tanques externos de combustible.

Sanger

La República Federal Alemana se ha dirigido a la Agencia Espacial Europea (ESA), para que, paralelamente al desarrollo del *Hotol* e incluso del *Hermes*, considere un diseño aeroespacial denominado *Sanger*, en honor al hombre que fue el primero en proponer un proyecto aeroespacial durante la Segunda Guerra Mundial.

El *Sanger* tiene un funcionamiento similar, en cuanto a propulsión en la primera fase de lanzamiento, al *Hotol*, utilizando aire atmosférico, y después hace uso de un motor cohete criogénico, alcanzando 28 km. de altura a mach 6.

El *Sanger* tiene el tamaño aproximado de un *Boeing 747*, y puede llevar 12 pasajeros o 4 toneladas de carga, a una órbita de 400 km. La propuesta arguye que será más barato que el *Hotol*, que el *Hermes* y la lanzadera espacial norteamericana (*Space Shuttle*).

Orient Express

Con este exótico nombre es conocido el proyecto americano de una nave espacial de una concepción denominada TAV (*Trans Atmospheric Vehicle*), que podría ser la sucesora de la *Space Shuttle*.

No ha habido presentación de este proyecto en *Farnborough 86*, aún cuando se han difundido noticias sobre él, por su similitud operativa con el *Hotol* inglés, en cuanto como éste, el proyecto inicial es que despegue y aterrice horizontalmente, alcanzando su órbita por aceleración directa autopropulsada.

Su configuración es similar al de un avión convencional de ala flecha, y podría alcanzar hasta mach 25, volando a relativa baja altura y sería capaz de cubrir la distancia Washington-Tokio en dos horas.

Aún cuando el programa a largo plazo tendría aplicaciones civiles, el proyecto nace por motivos militares.

Un programa conjunto de diseño se está planificando en la actualidad por la Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados para la Defensa (DAPRA), la Organización de Iniciativas de Defensa Estratégica (SDIO) y la NASA. Solamente intervendrá la NASA en la quinta parte de la investigación, el resto será el Departamento de Defensa, mediante el DAPRA y SDIO.

La propulsión está estudiándose que se efectúe por hidrógeno líquido, con oxígeno atmosférico. Durante la fase de consumo de aire (oxígeno atmosférico), probablemente la propulsión será mediante estatorreactores, pero dado que éstos sólo operan eficazmente a partir de mach 5, EE.UU. mantiene en secreto cómo va a operar el *Orient Express* a bajas velocidades.

La inversión de la investigación en los próximos tres años alcanzará hasta los 500 millones de dólares, y durante ese tiempo se harán los estudios para ser utilizado como interceptor de defensa aérea de largo alcance y como transporte civil. Se estima que podría volar en los inicios de los años 2000.

Plataforma espacial europea

Propuesto su desarrollo por *British Aerospace*, la plataforma espacial es un equipo complejo no tripulado, que puede recepcionar, situado en órbita, cargas de pago reemplazables sucesivamente. Ha sido mostrada en el espectáculo audiovisual de *British Aerospace*, en su estándar principal del salón.

La plataforma espacial es uno de los grandes proyectos incluidos en el *Programa Columbus*, de Europa, y por tanto, apoyado por la Agencia Espacial Europea, y que serviría de enlace con la estación espacial de la NASA, para entrar en servicio mediada la década de los años noventa.

La plataforma espacial podrá situar cargas de pago en órbitas ecuatoriales o polares a alturas entre 600 y 800 km.

Estación espacial de la NASA

En 1995, y después de 14 vuelos del *Space Shuttle*, que comenzarán en 1993, dedicados al montaje, se espera esté en funcionamiento la estación espacial de la NASA.

Una serie de cuatro módulos presurizados y logísticos estarían montados en la estación, alimentados por energía solar, que será visitada periódicamente, más que habitada permanentemente. Las visitas serán por *Space Shuttle*. Los módulos tendrán en su interior una presurización para disponer de una presión equivalente a la de la Tierra al nivel del mar, y una relación nitrógeno/oxígeno de 80/20, también la de la Tierra.

Al proyecto se le ha asignado un presupuesto de 8.000 millones de dólares, de los cuales ya van invertidos 350 millones.

La estación espacial operará en una órbita de 463 km. de altitud y la frecuencia de rotación periódica dependerá fundamentalmente de la actividad solar.

Cuando se complete la estación, los cuatro módulos serán ocupados así: dos por EE.UU., uno por Japón y otro por Europa.

Colaboración internacional

Además de los componentes americanos para la construcción de la estación, suministraría gran número de partes, Canadá, Europa y Japón.

Canadá será la primera en volar a la estación, pues contribuirá con un centro de servicio móvil (MSC), que será necesario para completar la estación.

Japón desarrollará un módulo experimental, denominado JEM (*Japan Experiment Module*), con equipos científicos activados desde la Tierra.

Con Europa, y concretamente con la Agencia Espacial Europea, se ha llegado a un acuerdo, en agosto pasado, para el desarrollo de un módulo de la estación y de la contribución a sus actividades de la plataforma espacial europea, que sería visitada por el *Hermes*, lanzado éste por el *Ariane 5*.

Estaciones Espaciales orbitales

Las estaciones espaciales permanentes en órbita terrestre, constituyen el próximo y fundamental peldaño a superar en la exploración espacial.

Terminada la carretera por poner un hombre en la Luna, se constató la necesidad de contar con una «base» en el espacio cercano, que posibilitara la operación de naves espaciales a modo de puerto y astillero.

El costo y las dificultades inherentes a la puesta en órbita de una carga útil, representan un problema muy grave si se pretende realizar una exploración interplanetaria con un lanzamiento directo desde la Tierra, al estilo de los *Apollo*.

En cambio, si la nave parte de una estación orbital, los requerimientos de todo tipo, incluyendo los energéticos, se reducen drásticamente.

Además de servir de punto de partida para la exploración y extensión humana por el sistema solar, las estaciones orbitales permanentes constituyen la mejor plataforma para mejorar y multiplicar el uso de las aplicaciones espaciales, tales como la teledetección, la meteorología o las comunicaciones, y posibilitar gracias a los laboratorios que pueden albergar, la fabricación de nuevos y valiosos elementos como sueros, vacunas, semiconductores, o aleaciones especiales diversas.

Esta concepción ha sido determinante para la aparición del programa *Shuttle* o STS (*Space Transportation System*) y más recientemente de otros «aviones» espaciales (*Hermes, Hotel, Kosmoljot, TAV*), con objeto de solucionar el problema de «transbordar» desde la Tierra a la estación orbital todo lo necesario para la creación y mantenimiento de la misma.

Es evidente que sin una adecuada capacidad de lanzamiento no es posible la existencia de una estación espacial permanente. La NASA que había cosechado un notorio éxito con la estación *Skylab*, apostó por la solución tecnológicamente más avanzada, el *Shuttle*; pero los retrasos en su desarrollo han provocado una discontinuidad importante en su programa espacial, cuando por fin parecía que el éxito iba a superar todos los inconvenientes habidos abriendo de par en par el acceso al espacio, tuvo lugar la catástrofe del *Challenger*. Así pues, no sólo el futuro de la estación espacial *Columbus* ha quedado en el aire, sino todo el programa espacial americano, ya que prácticamente se había abandonado cualquier programa de desarrollo y producción de lanzadores convencionales desechables.

Mientras los soviéticos han continuado, sobre la base de sus tradicionales lanzadores y estaciones *Layut*, un dilatado programa de experimentación, que les ha permitido no solo batir ampliamente los records de permanencia,

sino también mejorar progresivamente sus diseños hasta llegar a la estación *MIR*, que parece puede llegar a ser una estación espacial en toda regla.

Los primeros ensayos Salyut y Skylab

La palabra *Salyut* significa unión, la primera estación con este nombre fue lanzada el 19 de abril de 1971; se trataba de un módulo de más de 12 m de largo por cuatro de diámetro y unas 18 tm de peso, lanzado mediante el cohete *Protón*, que ofrece capacidad para dos astronautas y contaba con un dique de acoplamiento para la nave *Soyuz*.

En su interior apenas si quedaba espacio para la tripulación, entre el laboratorio, instrumentos científicos, paneles de vuelo y demás carga útil.

En 1973, utilizando un cohete *Saturno V* que quedaba, los EE.UU. pusieron en órbita el *Skylab*, que con una masa de 88 tm y más de 24 m de largo por 6,6 de diámetro, dejaba muy atrás las capacidades de los primeros *Salyut*.

En esta primeras estaciones se hicieron patentes las ventajas de poseer una estación espacial permanente, el programa *Skylab* superó en muchos aspectos al *Apollo*, al obtenerse un mayor tiempo de permanencia en el espacio y desarrollarse en el laboratorio multitud de experiencias e investigación de todo tipo, pero tras la marcha de la tercera tripulación fue abandonado definitivamente, pues la NASA se encontraba embarcada de lleno en el programa *Shuttle*, y el escaso presupuesto otorgado por la administración Carter.

La URSS, por el contrario, continuó lanzando estaciones *Salyut* cada vez más perfeccionadas. A partir de la *Salyut 6*, vio la luz una nueva serie, que contaba con un nuevo dique de atraque en la parte posterior (*Salyut 6 y 7*) y 1 tm. más de peso. Gracias al nuevo punto de atraque la *Salyut* podía ser reabastecida de elementos consumibles mediante naves de reavituallamiento *Progress* (de parecidas dimensiones a la *Soyuz*), logrando de esta forma batir progresivamente todos los records de permanencia en el espacio (237 días en la *Salyut 7*) y acumulando miles de días de experiencia en órbita y en todo lo relacionado con la operación de una estación espacial.

La estación *Salyut 7-Cosmos 1686* todavía permanece en órbita, después de que la última tripulación que la habitó, la *Soyuz T-15*, trasvasara unos 400 kg. de carga útil desde ésta a la nueva estación *MIR*, para lo cual se realizaron varias maniobras de acoplamiento de la *Soyuz T-15* con la *Salyut 7* y la *MIR*.

Posteriormente la *Salyut 7* fue elevada a una órbita de 492 x 474 km, con un período de 94 minutos y una inclinación de 51,6 grados, lo que deber

permitirle permanecer en órbita durante algunos años, posiblemente con objeto de reutilizar su estructura en el futuro.

En estos últimos años se experimentaron, además de los ya citados *Progress* y el gigantesco *Cosmos 1986*, otros módulos como el *Cosmos 1.443* y *1.669*, acoplables a la *Salyut*, estos módulos cumplían diferentes cometidos (experiencias científicas, observatorio astronómico, reavituallamiento, etc.) y han permitido el alumbramiento de la nueva y avanzada estación espacial soviética: la *MIR*.

La estación espacial MIR

El 20 de febrero de 1986, pocos días después del accidente de *Challenger*, la URSS colocaba en órbita el módulo central de la estación espacial *MIR* (apogeo 352 km, perigeo 324 km, período 91,4 min. e inclinación 51,5 grados).

Esta tercera generación de estaciones soviéticas (*Salyut 1 a 5* y *Salyut 6 y 7* las otras dos) posee una gran capacidad de crecimiento y se diferencia de las anteriores estaciones, que prácticamente eran de investigación y experimentación, en su diseño, más bien orientado a la explotación a escala razonable de las actividades productivas en el espacio, militares y civiles.

Las *MIR* ofrecen bastante más comodidad a sus tripulantes que sus predecesoras; su capacidad anunciada es de 4 a 6 astronautas, los cuales disponen incluso de una pequeña cabina individual con un cierto grado de intimidad; existe también una zona para comer, equipada con algunos aparatos para cocinar, e incluso una ducha de un diseño espacial que debe ser bastante eficaz.

Una especial atención se ha prestado al equipamiento gimnástico, necesario para mantener la salud de los cosmonautas.

La estación posee unos paneles solares mayores que la *Sayuz*, tras la llegada del módulo *Kvant*, los astronautas instalaron un tercer panel que transportaba, para lo que debieron realizar una *EVA* (*Extra Vehicular Activity*) de varias horas; de esta forma la potencia de la estación es bastante superior a los 10 kw.

Entre las características destacables de la *MIR* se encuentra su módulo de acoplamiento múltiple, hasta cinco *docking-ports*, que junto con el módulo trasero permiten el acoplamiento de seis módulos. Según las versiones, se cree que la *MIR* puede crecer hasta las 90 ó 120 tm, mediante el acoplamiento de módulos, técnica ya experimentada en las *Salyut*. El desarrollo de estaciones *pesadas*, se hace necesario para poder dilatar la permanencia de las tripulaciones en órbita.

Podemos pues imaginar, que sin una capacidad de lanzamiento adecuada, es imposible mantener un programa como este. Para ello los soviéticos cuentan con el ya veterano *Protón*, cohete desechable de algo más de 1.000 tm, que gracias a sus múltiples configuraciones permite situar masas de unas 20 tm en órbita, como las *Salyut* y *MIR*. Ciertamente se trata de una tecnología, digamos, más convencional que por ejemplo la de *Shuttle*, pero que en el caso soviético ha dado buenos resultados. Para ello los soviéticos cuentan además con una infraestructura muy potente, desde su tres cosmódromos: Baikonur, Pletsk y Tyuratam, son capaces de mantener un elevado ritmo, que les permite afrontar además de la estación espacial los demás programas de lanzamiento, fundamentalmente de uso militar. Para terminar de poner nervioso a sus oponentes en la carrera espacial, el 15 de mayo de 1988, se lanzó con éxito desde Baikonur, el nuevo y gigantesco cohete *Energía*, dado a conocer en el reciente salón de Le Bourget; se trata de un cohete de la talla del *Saturno V* (peso superior a 2.000 tm) que emplea con profusión propergoles criogénicos, y según parece capaz de situar masas de alrededor de 100 tm. en órbita baja, lo que multiplica las posibilidades soviéticas de cara a la instalación permanente del hombre en el espacio.

Actividades a bordo de la estación MIR

El 16 de mayo de 1987 se lanzó la *Progress 27*, con objeto de reabastecer la estación para una misión prolongada.

El 6 de febrero se lanzó la *Soyuz TM-2* (primera de la nueva serie TM) acoplándose a la *MIR* el día 8. La *Soyuz TM*, posee un nuevo sistema mejorado de guiado y maniobra de acoplamiento. De esta forma es la *Soyuz* quien realiza las maniobras de acoplamiento sobre la *MIR*, al contrario de lo que ocurría con las *Soyuz T*, y la estación *Salyut*. La mayor masa de la estación *MIR* hace preferible esta variación.

El 23 de febrero la *Progress 27* se separaba de la estación y reentraba en el atmósfera volatilizándose.

El 3 de marzo se lanzaba una nueva *Progress*, la 28, que se acoplaba a la *MIR* el 5 de marzo, trasvasando alrededor de 2 tm de carga. Posteriormente encendió sus motores para elevar la estación a una nueva órbita de 386 x 355 km y 91, 7 min. de período, el 26 de marzo, terminada la operación, se separó de la estación y se precipitó a su vez sobre la atmósfera.

El 31 de marzo se lanzaba desde Tyuratam, utilizando un *Protón*, el módulo Astrofísico *Kvant*.

Se trataba del primer módulo con un cometido específico acoplable a la estación *MIR*. En él se encuentra un completo laboratorio. El acoplamiento definitivo no tuvo lugar hasta el 9 de abril, al parecer un elemento extraño, probablemente dejado por la *Progress 28*, impedía el correcto acoplamiento del *Kvant*, y al igual que ocurriera en el *Skylab*, el trabajo de los astronautas hizo posible el éxito. Tras esto se desprendió la parte posterior, portadora de los motores del *Kvant*, quedando al descubierto un nuevo punto de atraque.

El 21 de abril se lanzó un nuevo *Progress*, el 29, que fue a acoplarse en el dock posterior del *Kvant*, reabasteciendo nuevamente la estación.

De esta forma se formó el primer conjunto espacial de cuatro naves, llamado tren espacial por los rusos. El evento fue retransmitido en directo por la TV soviética.

El 11 de mayo la *Progress 29* se separaba de la estación.

Entre las actividades a desarrollar en la *MIR*, parece ser que figura la fabricación de semiconductores de elevadas performances. Mientras en Occidente, se continúa tan solo con futuros proyectos, como el *Columbus*; hasta que la NASA no resuelva satisfactoriamente los problemas de la lanzadera, o el conjunto *Ariane V/Hermes* esté totalmente operativo, no existe capacidad de lanzamiento para poner en órbita ni mantener una estación tripulada.

Consideraciones jurídicas sobre los medios agresivos en el espacio

Conforme a la normativa internacional vigente, no cabe extender el teatro de la guerra al espacio exterior, puesto que la utilización de este espacio ha de ser con fines pacíficos, en interés del mantenimiento de la paz y seguridad internacionales y del fomento de la cooperación y la comprensión internacionales. Así se desprende del articulado del tratado de 27 de enero de 1967 y su exposición de motivos, como de ulteriores acuerdos internacionales sobre el espacio exterior y otros que, aunque no sean específicamente del derecho sobre este espacio, inciden de alguna forma sobre el mismo. En concreto el artículo 4 del tratado de 1967 establece que «los Estados parte se comprometen a no poner en órbita alrededor de la Tierra, ningún objeto portador de armas nucleares o cualquier otra arma de destrucción masiva y a no instalar tales armas en los cuerpos celestes y a no colocar tales armas en el espacio ultraterrestre en ninguna otra forma. Los Estados se comprometen asimismo a la utilización de la Luna y los cuerpos celestes exclusivamente con fines pacíficos, quedando prohibidos en los cuerpos celestes la instalación de bases y fortificaciones militares, aunque no la utilización de personal militar con fines de investigación científica o cualquier otro fin pacífico».

Otros acuerdos internacionales en relación con el espacio exterior son el salvamento y devolución de astronautas y restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre de 22 de abril de 1968, el convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales de 29 de marzo de 1972, el convenio sobre registro de objetos lanzados al espacio de 14 de enero de 1975 y por último, el acuerdo sobre las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes de 2 de noviembre de 1979.

Por lo que se refiere a acuerdos no espaciales, pero con incidencia en el espacio exterior citamos el tratado de Moscú sobre prohibición de ensayos nucleares en la atmósfera, en el espacio exterior y bajo el agua de 5 de agosto de 1963; el tratado de no proliferación de armas nucleares de 1 de julio de 1968, firmado en Londres, Washington y Moscú y el tratado sobre prohibición de utilizar procedimientos técnicos de modificación del ambiente con fines militares u otros fines hostiles de 5 de octubre de 1978.

Del conjunto de estas disposiciones se deduce claramente una marcada orientación y espíritu contrarios a la utilización del espacio exterior con fines bélicos.

Con tal normativa internanacional ¿es admisible realizar un análisis sobre el derecho de la guerra en el espacio exterior?

Ciertamente, parece que, en principio, nos encontramos ante una contradicción; pero esta contradicción dejaría de serlo si partimos del supuesto de que la prohibición de realizar operaciones bélicas no deben considerarse con carácter absoluto y sin excepciones, supuesto que no es gratuito, por que no es inimaginable la posibilidad de que cualquiera de las potencias conculque el derecho establecido, y ante tal eventualidad, ¿no cabría utilizar el espacio, en legítima defensa? Y entonces ¿no resultaría oportuno indagar cuales deberían ser las reglas y principios generales del derecho aplicables, habida cuenta de la transcendencia universal de los hechos y de la novedad del escenario bélico?

Intentar dar respuestas a estos interrogantes, es la razón de ser de las líneas que siguen.

Nos encontramos ante unos supuestos fácticos que, por su novedad, trascienden los que hasta ahora venían contemplando el tradicional: *ius ad bellum* (derecho que regula los casos en que se puede hacer legítimamente la guerra) y el *ius in bello* (derecho que regula los medios a emplear en la guerra justa), lo que obliga a plantear la vigencia y el grado de aplicabilidad de estos *iura* a los nuevos hechos.

Ius ad bellum y espacio exterior

Conforme a la doctrina de los teólogos y juristas clásicos, la guerra se podía justificar en determinados supuestos (iniquidad del adversario, restablecimiento del orden jurídico o de la paz injustamente violados, legítima defensa). Al margen de esa doctrina, se impuso en las últimas centurias la razón de Estado, como causa suprema de justificación de la guerra. Unos pasos más en este olvido de los valores trascendentes, llevaría a motivar la pasada conflagración mundial en la afirmación de la supremacía de una raza o en nombre de una ideología basada en la lucha de clases o por expansionismo económico.

En razón a las trágicas consecuencias de la Segunda Guerra Mundial y haciéndose eco del clamor para evitar su repetición, las Naciones Unidas acordaron en el artículo 2, ap. 4, de su carta que: «Los miembros de la Organización se abstendrán, en sus relaciones internacionales de recurrir a la amenaza o al uso de la fuerza, contra la integridad territorial o la independencia política de cualquier Estado o en cualquier otra forma incompatible con los propósitos de las Naciones Unidas».

El mismo precepto incluye la singularidad de facultar a la propia organización para obligar a terceros estados, a que se conduzcan de acuerdo con estos principios, en la medida en que sea necesario para mantener la paz y la seguridad internacionales; con tal prevención se ha instaurado el sistema de seguridad colectiva o la función internacional de policía, con lo que se viene a suplantar el *ius ad bellum* de los Estados.

Proscrita así la guerra o cualquier otra clase de violencia, como facultad soberana de los Estados, sólo se permite utilizar estos medios a las propias Naciones Unidas. El artículo 51 de la carta de las Naciones Unidas, no obstante, reconoce a los Estados en particular o aliados (v. gr.: OTAN y Pacto de Varsovia) el «derecho inmanente de legítima defensa» en caso de ataque armado y «hasta tanto que el Consejo de Seguridad haya tomado las medidas necesarias para mantener la paz y la seguridad internacionales».

Con tal condicionamiento temporal, el derecho internacional vigente reconoce y aprueba la institución de la legítima defensa como medio de repeler, individual o colectivamente, las agresiones armadas. Esta prevención ha sido también incorporada al derecho espacial, por cuanto que el tratado de 1967 establece artículo 3 la aplicación al espacio exterior del derecho internacional, «incluida la carta de las Naciones Unidas». Cabe admitir, por tanto, la utilización del espacio con fines defensivos.

Medidas preventivas y defensivas: ius in bello.

Supuesta la agresión armada con misiles, desde en, o a través del espacio, ¿hasta qué punto pudiera estar justificada, en virtud del derecho de

legítima defensa, individual o colectiva, la utilización como medio defensivo de antimisiles?. Más en concreto, ¿podrían ser utilizados éstos, no solamente contra proyectiles lanzados por el agresor y mientras circulan por dicho medio, sino también contra las bases de lanzamiento, con el riesgo de que puedan dañar a la población civil y objetivos no militares?; ¿cuáles serían los derechos y los deberes de los estados neutrales?; ¿cabe, en virtud del derecho de legítima defensa o autotutela preventiva, tratar de obtener en tiempo de paz, datos de las instalaciones y fuerzas del Estado presumiblemente agresor, mediante el empleo de vehículos-espías espaciales?; ¿se justifican, por último, ante el derecho, determinadas pruebas o ensayos en el espacio exterior, que sirvan como preparación a una réplica aniquiladora inmediata del poder bélico del Estado eventualmente agresor?

Responder al detalle a este cuestionario exigiría una monografía. Como complemento de lo que hemos venido diciendo, aquí nos basta con señalar, además de las fuentes del derecho aplicable ya citadas (Derecho Internacional Público y en particular la carta de las Naciones Unidas), las reglas del *ius in bello* respecto a los medios lícitos a emplear en el supuesto de guerra declarada, ajustadas a las del derecho espacial en razón al escenario de la contienda: el derecho penal en lo que concierne a los requisitos que legitima la defensa preventiva o subsiguiente y en última instancia, el derecho natural, que vendrá a suplir las lagunas de este cuadro normativo. Conforme a estos principios y reglas, ofrecemos en las siguientes conclusiones, un intento de dar respuesta *in genere* a las cuestiones planteadas.

Conclusiones

La inquietud ante una posible extensión de la guerra al espacio exterior se hace cada día más fundada, habida cuenta de los ensayos, pruebas y preparativos que en la actualidad se están realizando por las potencias espaciales. Ante tal situación que puede desembocar en un conflicto bélico que entrañaría gravísimos peligros para la humanidad, se impone una acción internacional concertada en el seno de las Naciones Unidas, para conseguir un acuerdo mundial sobre desarme y destrucción de todas las bases de lanzamiento, así como de las armas y proyectiles susceptibles de ser utilizados con fines bélicos, en, desde o a través del espacio exterior, como medio verdaderamente adecuado y eficaz para que se cumpla un principio fundamental del derecho atinente a este espacio: la exploración, investigación, uso y aprovechamiento del espacio ultraterrestre y los cuerpos celestes han de realizarse siempre con fines pacíficos.

Entre tanto se alcanza dicho acuerdo mundial, cabe admitir, como autotutela, que los Estados, bien individualmente o agrupados y, por

supuesto, las Naciones Unidas puedan adoptar medidas preventivas e intimidatorias contra la potencia o potencias espaciales, que estén realizando preparativos para la utilización del espacio exterior con fines bélicos. En relación con tales medidas deberán considerarse lícitos, tanto el reconocimiento o «espionaje» de las bases de lanzamiento, arsenal de proyectiles y vehículos espaciales, como todos los procedimientos admitidos por el derecho internacional (bloqueos, medidas coercitivas, retorsión y represalias no bélicas) para disuadir a la potencia eventualmente agresora de lanzamiento de sus misiles. Si de resultas del reconocimiento o «espionaje», se llega al conocimiento de la existencia de preparativos para la acción agresora, es lícito que el estado o estados presuntamente agredibles, adopten contramedidas adecuadas (v. gr.: ensayando o probando la destrucción inmediata de blancos situados o que circulen por el espacio exterior) si bien, al no existir una normativa internacional específica sobre este particular, sería conveniente un pronunciamiento *ad hoc* de las Naciones Unidas, las que en todo caso deberían tener conocimiento exacto de los preparativos defensivos.

En el supuesto de que la utilización del espacio exterior con fines bélicos se llevare a efecto, los estados atacados, actuando por sí o en colaboración, podrán en legítima defensa, repeler la agresión ilegítima en, desde, o a través de mismo espacio. La acción defensiva se limitará a destruir todas las base de lanzamiento o de infraestructura —procurando evitar males innecesarios y especialmente a la población civil— y todos los medios bélicos del adversario que circulen o estén situados en el espacio (misiles, satélites, vehículos espaciales o aeroespaciales, etc.), en tanto el Consejo de Seguridad adopte las medidas necesarias para mantener la paz y la seguridad internacionales.

Ojalá que, al menos, por el deseo de la propia supervivencia, los Estados renuncien a llevar sus conflictos al espacio ultraterrestre. De no ser así, tenemos escaso optimismo de que los principios y normativas que acabamos de exponer sirvan para mucho; no obstante nos ha parecido oportuno dejar constancia de su existencia y de las trágicas consecuencias que su olvido puede causar a toda la humanidad.

CONSIDERACIONES FINALES

CONSIDERACIONES FINALES

La asignación de gastos para la defensa, en general, es uno de los apartados del presupuesto que mayores polémicas desatan a la hora de su aprobación. La defensa es cara pero también es imprescindible, y la mayor dificultad estriba en las cifras que puede alcanzar cada nación, dentro de la idea de que la seguridad no está garantizada, sino con unos medios mínimos necesarios. Ahora bien, si la defensa tradicional es cara y necesaria, cuando pasamos al ámbito espacial esta defensa es aún más cara, aunque a muchos les cueste comprender que es tan necesaria como la otra defensa. Verdaderamente asustan las cifras que se están gastando algunas naciones con el fin de poder contar con un sistema completo de defensa espacial, pese a que sea parte también del total del sistema defensivo nacional, del que es complementario y aun, por sus especiales características, imprescindible.

No hay que pensar que sólo las naciones o los grupos de naciones privilegiadas pueden contar con este tipo de medios. Sin ellos no está garantizada plenamente la defensa de una nación, y por tanto ni su propia seguridad ni la de la alianza a la que pertenece.

Existen unos medios que pueden ser suficientes, dentro de la capacidad económica de una nación de tipo medio, para obtener lo que sea imprescindible para garantizar su propia seguridad, especialmente cuando la agresión puede venir de un adversario no comprendido en la zona de defensa común con la alianza a la que pertenece.

Sirven estas consideraciones para justificar la necesidad de que España pueda contar con algunos medios de defensa en el espacio exterior, a pesar de lo elevado de su precio y del esfuerzo económico que representa el disponer de alguno de éstos sistemas, dentro de un presupuesto, que siempre resulta insuficiente.

No es posible pensar que España, por sí sola, pueda llegar a ocupar uno de los primeros puestos en la carrera espacial, en razón de su falta de capacidad para obtener los más complejos y eficaces medios de defensa en

el espacio. Pero sí puede contar con algunos de aquellos equipos o sistemas, elegidos entre una variadísima gama dentro de los ya existentes y alcanzar lo que es fundamental para nuestra seguridad, ya sea de una forma totalmente autárquica, o bien mediante acuerdos con otras naciones, compartiendo gastos y prestaciones dentro de una relativa independencia de utilización. Para otros sistemas menos necesarios se ha de confiar en la garantía que nos pueda ofrecer la Alianza Atlántica.

Puede considerarse que existen dos facetas bien diferenciadas en lo que se define como la defensa espacial.

Una es la que utiliza ese espacio como un camino para llegar hasta su objetivo con armas que lo atraviesan durante un tiempo limitado de su recorrido. La otra es la que lo utiliza de una forma más o menos permanente para sus ingenios. Este puede ser el caso de los satélites.

En el primero de esos campos, España parece que permanecerá ausente por varias razones:

Primero, por el carácter ofensivo de las armas que en él figuran, lo que no coincide con nuestra doctrina política. Aun cuando la disuasión que proporcionan las armas ofensivas sea la mejor garantía de la defensa y por tanto de la paz.

En segundo lugar, por su elevado coste y por las características del armamento nuclear que portan y al que España no tiene acceso debido a nuestra decisión de permanecer como una nación no nuclear. Estas mismas razones se pueden emplear en relación con la defensa contra esos medios, ya que no es posible pensar en una disuasión contra esos medios nucleares, por limitados que sean. La capacidad de disuasión limitada, como es el caso de Francia o Gran Bretaña, está fuera de nuestro alcance a causa de nuestro propósito de no ser nación nuclear.

Existen otros medios que se utilizarán en el espacio como defensa contra los misiles balísticos intercontinentales, como son los rayos láser, los haces de partículas o los cañones de energía cinética, que se encuentran aun en la fase experimental y que participan en el conjunto de técnicas conocido como «Guerra de las Galaxias».

Por su complejidad tecnológica y por el precio de investigación y desarrollo, tales sistemas pueden considerarse fuera de nuestro alcance, a no ser cuando la defensa en su conjunto sea europea y no nacional y formemos una parte de esa defensa común.

En el segundo caso, el de aquellos medios que están situados de una forma más o menos permanente en el espacio, sí es posible pensar en su

posesión, por el hecho de no infringir ningún precepto legislativo internacional ni ser tampoco portadores de armas nucleares. Efectivamente, dejando aparte a los ingenios nucleares transportados por misiles balísticos a través del espacio, donde sólo permanecen durante un tiempo limitado de su trayectoria y que por tanto no se consideran objetos situados en órbita, el espacio se asemeja al mar y su utilización es libre para los vehículos de permanencia prolongada, sin más limitaciones que las que se establecieron en el tratado de 1967 que establece la prohibición de portar armas de destrucción masiva. Parece que este acuerdo se está respetando, por lo que el uso del espacio por los satélites militares cuenta con enormes posibilidades.

De una manera muy amplia puede decirse que los satélites para uso militar se utilizan para aumentar la eficacia de las Fuerzas Armadas en todas las misiones, pero de manera muy especial en el reconocimiento y la observación, las comunicaciones y el mando, la navegación, la meteorología, la geodesia y la escucha electrónica.

La importancia que tiene la información obtenida por medio de satélites del campo de batalla se demuestra con lo ocurrido recientemente en los conflictos en los que estaban interesadas las dos grandes potencias, como fueron la guerra del *Yon Kipur*, la crisis de las Malvinas o la de Chipre, y aún más reciente, la del ataque a Libia por parte de la aviación de los EE.UU.

Pero no sólo es básica la información en la guerra actual, también las comunicaciones gozan de esa prioridad. El empleo de medios con gran movilidad, el alcance de las nuevas armas y la necesidad de mantener la conexión directa hasta con las pequeñas unidades, ya sean éstas las acorazadas, o las autopropulsadas, los helicópteros, aviones, los buques o incluso con los satélites tripulados, obliga a tener unos medios de comunicación con un alcance global y con una capacidad de líneas de comunicación elevada.

Hoy día los satélites dan solución a este problema. En los EE.UU. más del 70 por 100 de las comunicaciones militares pasan por los satélites o dependen de sus emisiones. Desde el teléfono rojo con la URSS hasta las comunicaciones que enlazan con las pequeñas unidades, con los satélites, buques, aviones, etc., usan este medio. Pero aún hay más; ya no se trata sólo de comunicar un punto de la superficie terrestre con otro, además con el concurso de los nuevos satélites *Tdrss* de la NASA se consigue la llegada de información procedente de otros satélites en órbita y su envío a la Tierra en el momento de su captación, con una capacidad de transmisión, que por ejemplo en sus primeros siete días de permanencia operativa en órbita de

este tipo de satélite se consiguió enviar más información que la que se recibió en las 39 emisiones anteriores de la NASA. ¡Parecen bien gastados los cien millones de dólares que costó!

Es tal su utilidad como medio de transmisión de información obtenida por otros satélites a la Tierra, que permitirá por ejemplo el mantenimiento continuo de las comunicaciones con las naves tripuladas en órbita, que antes tenían que hacerlo a través de estaciones terrestres que se pasaban la información al centro de control, y con las que sólo podían comunicarse de una forma directa mientras sobrevolaban la estación. Hay que añadir la facilidad de recibir los datos obtenidos por los satélites de información sin la necesidad de acumular en ellos estos datos hasta poderlos enviar a tierra a su paso por la estación. La limitada capacidad de almacenamiento de estos satélites obligaba a recurrir a procedimientos como el americano de lanzar cápsulas recuperables en tierra con paquetes de información, o el soviético de lanzamiento de satélites de vida muy corta y recuperables para obtener toda la información en tierra.

En los primeros días de octubre del año 1988, el trasbordador espacial americano *Discovery* puso en órbita el segundo de estos satélites, el *Tdrss-2*, para establecer contacto a su vez con el *Tdrss-1*, ya puesto en órbita 5 años antes y enviar entre todos la información recibida de otros satélites con órbitas próximas a la superficie terrestre.

La capacidad de estos nuevos sistemas de comunicación es tal que los americanos aseguran que será posible la comunicación global (excepto zonas polares) desde el Pentágono, o el C³I (Centro de Mando, Comunicaciones y Control y de Información) a bordo de una aeronave, con las unidades desplegadas en todo el mundo llegando hasta la más pequeña del batallón de infantería.

La navegación es otro de los grandes problemas que se presentan en caso de guerra.

Durante la Segunda Guerra Mundial se hizo necesario el establecimiento de emisoras radioeléctricas de gran potencia que permitían obtener la posición a aviones y submarinos con sus propios equipos y sin delatar por tanto su presencia.

Actualmente existen en tiempo de paz un gran número de sistemas de navegación que en tiempo de guerra no se podrían usar. Únicamente los inerciales o los clásicos astronómicos permanecerían, pero es mucho más lo que se necesita para la navegación autónoma de aviones, para la precisión en la posición de los submarinos nucleares para efectuar sus lanzamientos, o incluso la necesidad de conocer la localización exacta de

las pequeñas unidades terrestres. Esto es lo que consiguen los sistemas de navegación por satélite como el *Navstar* americano, con un despliegue 18 satélites que proporciona información en las tres dimensiones para aviones, misiles, navíos o soldados en tierra. También los soviéticos cuentan con su propio sistema, el GLONASS.

No hace falta destacar la necesidad de la meteorología, por ser de sobra conocida su importancia y de la profusión de su uso en la vida civil. En el ámbito militar no es concebible, especialmente en operaciones aéreas, el desconocimiento de la situación meteorológica presente o futura.

La Geodesia ha logrado con el uso del satélite lo que hasta ahora parecía resuelto, y es el conocimiento con precisión de la distancia entre puntos terrestres. Los errores observados gracias a este nuevo sistema eran a veces mayores que la precisión de un misil balístico intercontinental, que después de recorrer 15.000 km tenía un error circular del 50 por 100 de probabilidades inferior a 50 m.

Otro papel que pueden llevar fácilmente a cabo los satélites es el de la escucha eléctrica o electrónica.

Hoy la «guerra electrónica» es una de las facetas más importantes del conjunto de la batalla. Para poder combatir con un cierto grado de seguridad es preciso conocer los sistemas de detección electrónicos del adversario, de sus radares de defensa, de los misiles antiaéreos guiados por radar, de los sistemas de contramedidas capaces de anularlos, etc. Todo ello se puede lograr mediante la escucha permanente, aun en tiempo de paz, para obtener, lo que se conoce como las «firmas» que nos darán todas las características de la emisión escuchada y con ellas preparar las contramedidas capaces de anularlas.

Antes del empleo de los satélites en la escucha electrónica, o para aquellas naciones que aún no cuentan con estos ingenios, la guerra electrónica precisaba de un gran despliegue de medios especializados, aviones con equipos pertinentes, puestos de escucha cercanos a las fronteras, buques especiales y muchos otros medios. Pero a pesar de este despliegue, la sorpresa en el campo de la electrónica se puede seguir produciendo, como ocurrió en la guerra árabe-israelí de los seis días, con un gran número de bajas en los primeros momentos de la lucha hasta que consiguieron conocer las características y situación de los sistemas electrónicos del enemigo y pudieron emplear su aviación para la destrucción de misiles, radares, etc.

El poder contar de forma permanente, y con la suficiente antelación, con la información de los sistemas electrónicos permite a su vez la investigación

para encontrar otras medidas para su destrucción empleando misiles o «nublando» las emisiones con interferencias de las ondas radar y con ello neutralizando las defensas desde un primer momento.

Otros satélites de importancia militar son los dedicados a la vigilancia de los océanos. Con ellos se consigue conocer el despliegue naval y la situación actualizada por medio de sistemas ópticos, infrarrojos o electromagnéticos. Estos satélites tienen fuentes de energía más poderosas que las normales para poder alimentar los radares. Como esto sólo se consigue con reactores nucleares, el peligro de que estos reactores atómicos en miniatura caigan a la Tierra al final de su vida activa ha provocado alarmas, como la del *Cosmos 1.900* soviético, cuando estaba a punto de hacer su reentrada y aún no se sabía con certeza si se había separado el reactor nuclear que debía hacerlo de forma automática para ser impulsado hacia una órbita lejana de la Tierra. Afortunadamente en este caso el mecanismo de seguridad actuó, reentrando el cuerpo principal del satélite en la superficie terrestre, consiguiéndose desintegrarlo parcialmente y aparcar al reactor por cientos de años en una órbita elevada. En otro caso similar no ocurrió así y cayó a tierra el reactor nuclear, afortunadamente en una zona poco poblada.

Por último, se pueden mencionar los satélites de detección del lanzamiento de misiles y de las explosiones nucleares. Estos entran dentro solamente del arsenal de las dos grandes potencias, aunque no se puede descartar que también algún día Europa pueda contar con ellos.

Todos éstos satélites son de indudable interés para la defensa de cualquier nación, pero también es verdad que su elevado precio está fuera del alcance de las naciones menos poderosas, como es nuestro caso, que solo pueden pensar en una colaboración con otras naciones para contar con los más costosos o de una tecnología más avanzada.

Para tratar de encontrar una solución a nuestro problema con idea de llegar a tener lo que esté al alcance de nuestros medios económicos es interesante conocer cómo piensan resolver su problema otras naciones de nuestro mismo entorno como es Francia, salvando siempre la diferencia entre lo que ellos pueden y lo que nosotros podemos hacer.

En un discurso pronunciado por el ministro de Defensa francés el día 26 de octubre de 1988, se citaban las palabras del presidente de la República, pronunciadas en el Instituto de Altos Estudios Estratégicos para la Defensa Nacional, de una forma clara y rotunda: «Francia excluye armar sus satélites».

Por su parte el ministro de Defensa opinaba que: «El uso del espacio para los fines de la defensa como nosotros lo pensamos y como piensa que lo compartimos con nuestros aliados y amigos europeos descansa en lo que se ha dado en llamar *una utilización no armada, basada en la observación y las telecomunicaciones*».

Para la observación, su programa se basa en el satélite *Helios* y para las telecomunicaciones en los programas SYRACUSE 1 y, a partir de 1992, en SYRACUSE 2.

Para estos programas del espacio, los franceses dedican para 1989, 2.000 millones de francos. «Aunque esta suma no representa más que el 2 por 100 del capítulo V del presupuesto de la Defensa, su crecimiento es muy elevado en relación al de 1988; más de un 47 por 100 de un año al otro», según las palabras del ministro de Defensa francés.

Tres nuevas direcciones se incluyen dentro de las perspectivas trazadas en el Plan Plurianual Especial Militar confeccionado como consecuencia del trabajo del Grupo de Estudios Espaciales del Ministerio de Defensa, además de la renovación de los sistemas actuales en ejecución:

- Medios de escucha tácticos para el seguimiento de las maniobras del adversario.
- Satélite radar para completar los medios de observación óptico y de infrarrojos.
- Radar de vigilancia del espacio con el fin de permitir una mejor identificación de los objetos en él situados.

Este es el ambicioso plan que preparan para los próximos 15 años, a nivel de su país, pero que pueden servir igualmente para Europa.

El programa de telecomunicaciones francés se basa en el sistema SYRACUSE 1 y 2.

El SYRACUSE 1, ya operativo, consta de dos satélites *Telecom 1A* y *1C* en los que van como una «carga» especializada los canales militares del satélite.

Comprende el sistema los equipos para los canales militares en el satélite, las estaciones fijas y las móviles en el suelo, otras instaladas en buques en el mar y otras transportadas en aviones.

El primer satélite *Telecom 1* fue lanzado en abril de 1984; el segundo en mayo. Este se perdió posteriormente por una avería, y el tercero, el *Telecom 1C* se puso en órbita el 11 de marzo de 1988.

En el futuro el sistema SYRACUSE 2 sustituirá al SYRACUSE 1. Está programado para el año 1992 con el satélite *Telecom 2*. El nuevo sistema

tendrá una mayor capacidad de comunicaciones, una protección mejor contra las interferencias y ataques y con la posibilidad de trabajar con pequeños terminales móviles.

El satélite *Telecom 2* llevará una carga militar que representará algo más del 50 por 100 de la carga útil total; en el *Telecom 1* esta carga sólo representa un sexto de esta carga total.

El objetivo previsto es el de abrir el sistema a nuevos utilizadores, reduciendo para ello el tamaño de la antena en tierra a una décima parte, y el coste de estas estaciones en tierra a la mitad.

Con el programa SYRACUSE 2 se trata de llegar a enlazar por medio de las comunicaciones espaciales hasta el nivel de regimiento.

También la OTAN ha creado una agencia especializada en las telecomunicaciones, la NACISA, en la que Francia no participa; también la Gran Bretaña tiene un programa espacial, el SKYNET, actualmente operativo.

En cuanto a los satélites de observación, Francia está dispuesta a conseguir, en cooperación con Italia y España, una sistema propio de observación con el programa HELIOS.

Helios es un satélite de reconocimiento óptico que se puede utilizar para la identificación de vehículos de superficie, cartografía militar, seguimiento y gestión de crisis, localización de objetivos militares y operaciones de salvamento.

Tiene un peso de 2.500 kg y se deriva de la plataforma *Spot 4*. Será capaz de obtener las informaciones de interés militar en cualquier punto del globo terrestre. Una estación situada en la Tierra captará esta información para ser posteriormente tratada en un centro militar y luego difundida.

El satélite estará situado en una órbita polar heliosíncrona, de forma que pasará siempre a la misma hora sobre un punto de la Tierra.

La participación prevista en esta operación por cada una de las naciones sería del 14 por 100 para Italia y el 6 por 100 para España.

El poder de resolución se calcula de 1,0 a 1,5 m como máximo contra los 30 cm logrados ya por los americanos, pero que es suficiente para la localización de vehículos mayores y otros objetivos de importancia.

Como complemento del sistema óptico para la observación, y con el fin de suplir las dificultades de la situación meteorológica y de la falta de luz solar, se emplea el radar para la obtención de imágenes. Por el momento, este sistema, por las grandes dificultades que presenta para su miniaturización

y sus problemas de suministro de energía, se piensa que en Europa no se dispondrá de uno de estos satélites hasta 1991. Para ello está en marcha el programa *Ers 1*, que aunque sólo tiene una resolución de unos 30 m es un buen inicio para lograr posteriores mejoras.

Los sistemas espaciales para la alerta balística, la escucha electrónica o la observación de las flotas de buques, de tan gran interés militar, no parece posible que se cuente con ellos por su elevado costo, aun cuando son técnicamente posibles. No se descarta su posesión en el futuro.

La navegación, imprescindible para los grandes buques de la marina, los submarinos y los aviones de combate y transporte, se ha facilitado enormemente con ayuda del programa americano NAVSTAR.

En el campo de la meteorología y la oceanografía, los ejércitos utilizarán el METEOSAT y el satélite *Noaa*, e intentará entrar en el programa *Topex-Poseidón*, apoyándose en los datos que suministran los satélites meteorológicos. También la Armada piensa adquirir los derechos del sistema de navegación NAVSTAR por su gran precisión tridimensional y datos de velocidades de los móviles.

Para la vigilancia de la actividad espacial, el Ministerio de Defensa ha dispuesto a partir de 1982 una organización de vigilancia de la actividad espacial con un nuevo buque, el *Heri Poincare*, previsto para 1992.

Esto es lo que tiene previsto Francia en líneas generales. ¿Cuál puede ser la solución para España? Primero hay que analizar qué es lo más necesario y urgente y hasta dónde podemos llegar en las realizaciones, con nuestra tecnología y con nuestros presupuestos, solos o en cooperación con otras naciones de Europa. Pero no hay que olvidar que en el campo militar la tendencia deseable es la de la autosuficiencia. No sólo hay que pensar en la defensa en equipo con el resto de Europa, también pueden presentarse problemas propios de carácter zonal, independiente del problema europeo de la defensa común.

Una primera respuesta sería la misma de Francia: como prioridad máxima, las telecomunicaciones, la observación y la vigilancia. Esta importancia parece que coincide con nuestras posibilidades.

Para las telecomunicaciones, además de los programas civiles ya operativos en cooperación internacional, se ha emprendido un nuevo programa, el HISPASAT, que abarcará tanto las comunicaciones civiles como las militares.

Se aprobó inicialmente este programa en el Consejo de Ministros del día 7 de abril de 1989, con un presupuesto de 40.000 millones de pesetas.

Cuenta el programa con dos satélites y uno más de reserva.

El primero de estos satélites, *Hispasat*, se calcula que estará situado en órbita en el año 1992, y para diciembre de ese año se pretende lanzar el segundo. Y, finalmente, estará operativo el sistema para septiembre de 1992.

Este programa parece llenar el hueco de las necesidades de las comunicaciones militares españolas de una forma autónoma al mismo tiempo que se incrementan las prestaciones civiles.

El otro gran capitulado, la observación y vigilancia, también se encuentra en marcha con la participación en el programa HELIOS que utiliza la plataforma del SPOT 4 francés.

Se iniciaron las conversaciones el 25 de marzo de 1988, entre André Giraud y el ministro Serra, con el fin de llevar adelante la cooperación con Francia e Italia. Esta última nación ya forma parte del proyecto desde septiembre de 1987.

Si se cumplen las previsiones y se completa el programa con las instalaciones terrestres necesarias para captar las emisiones informativas y para su posterior análisis, el programa español estará orientado para la solución del problema.

El primer lanzamiento del HELIOS está previsto para 1993, hacia una órbita a 800 kilómetros de altitud. Según *Air and Cosmos*, su resolución para las fotografías obtenidas será de un metro.

El HELIOS sólo se empleará para la obtención de imágenes por el sistema óptico; imágenes que serán transmitidas mediante elementos fotosensibles a un registrador magnético que a su vez las enviará a tierra, donde serán de nuevo descifradas y obtenidas las imágenes apropiadas.

El problema no se resuelve sólo con un sistema óptico. Para poder tener una información «todo tiempo» es necesario disponer de un satélite de observación de un equipo de detección radar, de forma que aun con nubes o sin luz solar sea posible la localización de objetivos. Además, este sistema puede proporcionar una alerta previa para la detección de vehículos en movimiento que servirá para ampliar esporádicamente la cobertura radar terrestre actual de la defensa aérea, aunque sea de una forma incompleta, ya que para esta misión específica existen otros modelos de satélites.

Esta necesidad del radar a bordo del satélite podrá solucionarse probablemente con la continuación de los programas de cooperación con Francia e Italia.

Otro programa en el que se unen las necesidades militares y civiles es el «NAVSTAR GPS» (*Global Positioning System*) de EE.UU., en el que podría entrar España mediante acuerdos para su uso en los dos campos. Su

necesidad es innegable y es casi seguro que las compañías aéreas civiles, así como los buques mercantes de todo tipo serán sus usuarios en un breve plazo de tiempo.

Se calcula que este equipo tendrá una precisión de 5 m, dotado con el GPS Diferencial, y de unos 100 m para el sistema normal. El único problema es que para el uso militar es necesaria una codificación especial, con lo que se limita el uso para otras naciones. Por ello, en caso de conflicto no generalizado, se encontrarán sin la posibilidad de su uso cuando no interese a la nación propietaria. La entrada en servicio operativo está prevista para el año 1990.

La colaboración de otras naciones se demuestra con la construcción de un equipo para la navegación con el *Navstar*, realizado por una empresa alemana y el *Sel*, que ha logrado una precisión de 10 metros para el equipo proyectado para el receptor europeo.

En el aspecto meteorológico, las necesidades españolas se nutren con la información de los satélites civiles y con la información procedente de nuestros aliados. No es fácil contar con satélites propios a no ser en el conjunto de Europa.

Otro capítulo importante para la defensa y para la guerra electrónica es el de los satélites de escucha electrónica. Son de necesidad vital, como ampliación de los otros sistemas de escucha, terrestres, navales y aéreos, aumentados por su mayor capacidad de penetración. El carácter de esta guerra electrónica hace necesario el disponer de medios propios para evitar la captación de la información propia por otros usuarios. El problema es la dificultad de aumentar los gastos de defensa en este terreno, a no ser entrando en programas de carácter internacional, como podría ser en el marco de la OTAN, pero siempre con la pérdida de esa confidencialidad necesaria, o quizás, como ya se ha hecho por otras naciones, con la colocación de «un polizón» con el equipo de escucha, en otro satélite propio.

La guerra electrónica hoy es decisiva, como se demostró en las guerras árabes-israelitas o en el conflicto de las Malvinas.

Quizás sería utópico pensar en otros programas para satélites como pueden ser la detección de explosiones nucleares, alerta previa para detectar misiles balísticos o la oceanografía y vigilancia de los océanos, o más aún, los sistemas de detección de explosiones nucleares en el espacio.

Estas reflexiones hay que encuadrarlas dentro de las limitaciones propias y también las que marcan nuestro propósito de mantenernos fuera del club nuclear, del de colocar armas en el espacio o del uso de misiles de

alcance intermedio, que a pesar de estar limitados por el Tratado INF entre EE.UU. y la URSS, subsisten para ellos a bordo de buques o aviones.

Aquí sólo cabe confiar en la defensa que proporciona la *disuasión nuclear* que nos brindan otros aliados de la OTAN.

Por tanto, parece que las actividades que quedarán cubiertas en la actualidad para nuestra defensa por medio de satélites se verán reducidas a las telecomunicaciones y la observación, esta última con sensores ópticos y, previsiblemente, por radar.

La importancia actual del uso de satélites no significa que con ellos esté resuelto el problema de las comunicaciones o el de la observación para los ejércitos, pero sí amplían en un elevado grado la capacidad y la flexibilidad de lo ya existente, y se puede predecir que su futuro es aún más prometedor.

EL PRESIDENTE DEL SEMINARIO

COMPOSICIÓN DEL SEMINARIO

- Presidente:* D. BARSÉN GARCÍA LÓPEZ-RENGEL.
General de Brigada del EA (DEM y Guerra Naval).
- Secretario 1.º:* D. ANTONIO DE QUEROL LOMBARDEO.
Coronel de Infantería de Marina (Guerra Naval y EMACON).
- Secretario 2.º:* D. GONZALO PARENTE RODRÍGUEZ.
Coronel de Infantería de Marina (DEM y EMACON).

GRUPO DE TRABAJO "X" «EL ESCENARIO ESPACIAL BATALLA DEL AÑO 2000»

- Presidente:* D. MANUEL BAUTISTA ARANDA.
General de Brigada Ingeniero Aeronáutico.
- Vocales:* D. GUILLERMO VELARDE PINACHO.
General de Brigada Ingeniero Aeronáutico.
- D. LUIS PUEYO PANDURO.
Coronel Ingeniero Aeronáutico.
- D. RAMÓN BLANCO RODRÍGUEZ.
Coronel del EA (DEM y EMACON).
- D. LUIS IZQUIERDO ECHEVARRÍA.
Coronel de Ingenieros del ET.
- D. JOSÉ LUIS DEL HIERRO ALCÁNTARA.
Capitán de Navío (Guerra Naval y EMACON).

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

Colección Cuadernos de Estrategia

