

CAPÍTULO PRIMERO

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ESPACIALES DE LA DEFENSA

1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS ESPACIALES DE LA DEFENSA

POR LUIS PUEYO PANDURO

1.1. Generalidades.

El espacio extraatmosférico es un medio físico accesible con una permanencia prolongada a partir de la inyección en órbita del primer satélite artificial (4 de abril de 1957).

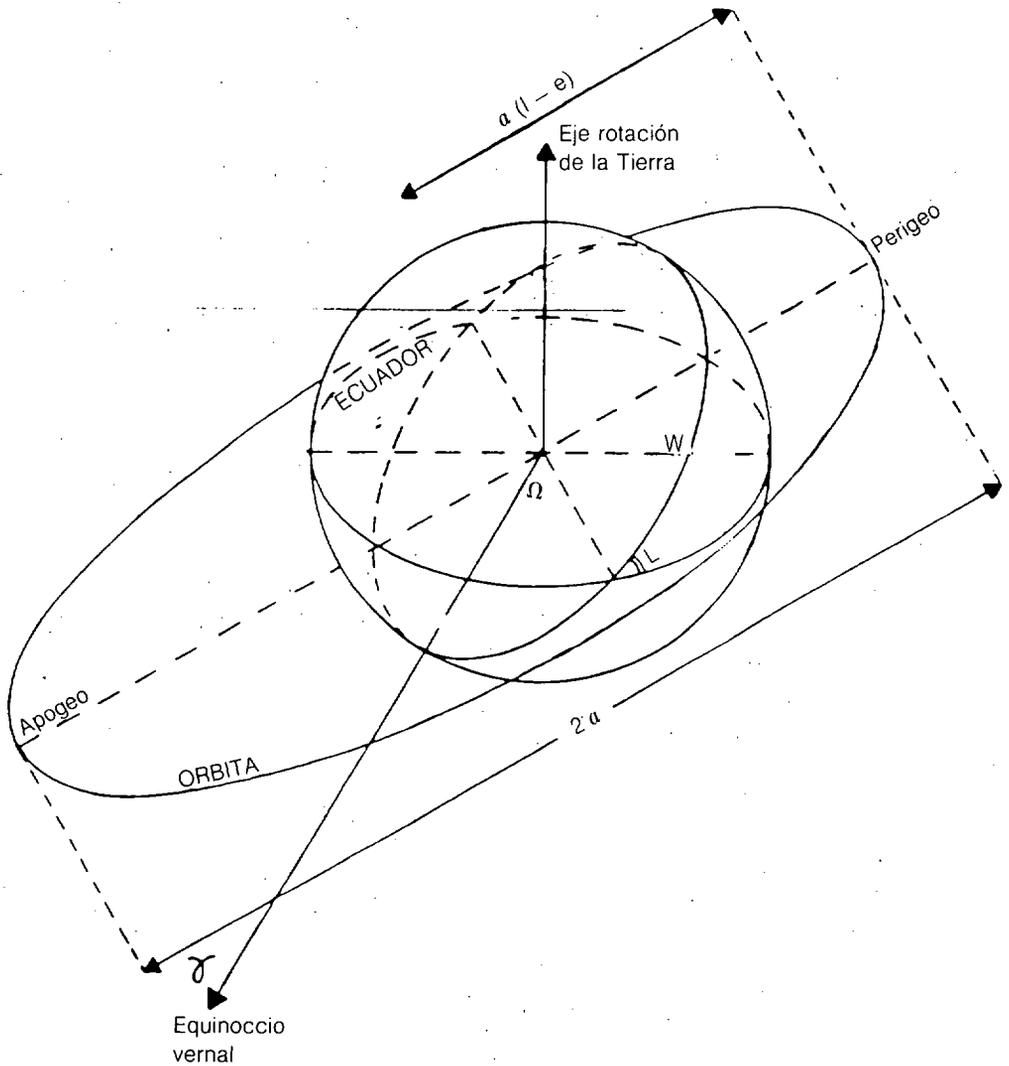
Se inició entonces una intensa investigación científica dirigida al conocimiento del espacio que, a su vez, ha requerido el desarrollo de una tecnología específica, la tecnología espacial.

La evolución de la ciencia y de la tecnología del espacio ha sido tan rápida y tan fecunda que el espacio extraatmosférico se ha convertido en muy pocos años en un medio de aplicación y de explotación, incluso comercial, como es patente en el dominio de las comunicaciones, y, como los demás medios físicos accesibles al hombre, no podía escapar del destino inexorable de convertirse también en un medio utilizado por la Defensa.

El avance de la tecnología espacial ha hecho posible el acceso al espacio con carácter operacional, es decir, con naves seguras, automáticas y tripuladas, estabilizadas en tres ejes, con sistemas de alimentación y de comunicaciones confiables, con capacidad de maniobra; con capacidad de regreso a la Tierra y con una vida operativa de una decena de años.

1.2. Determinación de una órbita.

Para determinar la órbita elíptica de un satélite de la Tierra se requieren seis parámetros, como se expone a continuación.



— El plano de la órbita se determina mediante dos ángulos:

- i*, inclinación, ángulo que forma el plano de la órbita con el ecuador, medido en sentido positivo desde el ecuador a la trayectoria ascendente, de sur a norte, del satélite.
- Ω , longitud del nodo ascendente, ángulo que forma la línea de nodos (recta de intersección del plano de la órbita con el ecuador) con la dirección del Sol en el equinoccio vernal (21 de marzo, fecha de paso del Sol del hemisferio Sur al hemisferio Norte).

El ángulo Ω se mide entre la dirección del Sol en el equinoccio vernal y la dirección del nodo ascendente (punto de intersección de la órbita con el ecuador cuando el satélite pasa del Sur al Norte).

— La dirección del eje mayor de la elipse orbital, en el sentido del perigeo (punto de la órbita más próximo a la Tierra) se determina por el ángulo que forma con la línea de nodos dirigida al nodo ascendente W , argumento del perigeo.

— La figura geométrica elíptica se determina dimensionalmente por dos parámetros:

a , semieje mayor.

e , excentricidad.

La órbita se sitúa en el plano conociendo W y el foco de la elipse más próximo al perigeo (centro de la Tierra).

— La órbita geométrica queda determinada con los parámetros anteriores, pero esta órbita puede ser descrita por numerosos satélites de modo que para relacionar la órbita con un satélite es necesario un parámetro que relacione la posición con el tiempo. Para este fin se adopta como posición el perigeo y el parámetro correspondiente es:

T , tiempo de paso por el perigeo.

En consecuencia para determinar una órbita se requieren los seis parámetros: i , Ω , W , a , e , T .

Estos seis parámetros se pueden determinar mediante la observación en un instante de la posición y la velocidad del satélite.

ÓRBITAS ESPACIALES:

Órbita geoestacionaria.

Es una órbita ecuatorial, circular, a una distancia de la Tierra tal, que la velocidad angular del satélite en su rotación alrededor de la Tierra es igual a la velocidad de rotación de la Tierra, W . La velocidad lineal de un satélite en órbita circular de radio r es:

$$v = \sqrt{\frac{\mu}{r}}$$

siendo $\mu = G M$

G , constante de gravitación universal

M , masa de la Tierra

En consecuencia, la distancia de la órbita geostacionaria al centro de la Tierra, r , está dada por:

$$\frac{1}{r} \sqrt{\frac{\mu}{r}} = W, \text{ o bien } r = \left(\frac{\mu}{W^2} \right)^{1/3}$$

resultando, $r = 40.000$ kms., y la altitud $h = 36.000$ km.

Un satélite en esta órbita está fijo respecto a la Tierra.

Aplicación principal: Telecomunicaciones.

Órbita heliosíncrona.

Es una órbita cuyo plano orbital gira alrededor del eje de rotación de la Tierra a la misma velocidad que el Sol en su movimiento aparente respecto a la Tierra, es decir, aproximadamente $1^\circ/\text{día}$.

Con esta órbita el plano orbital forma siempre el mismo ángulo con la dirección del Sol y el satélite pasa por el ecuador aproximadamente a la misma hora solar.

Este efecto se consigue utilizando convenientemente la perturbación producida por el campo gravitatorio terrestre, que origina una velocidad de rotación del plano orbital:

$$\dot{\Omega} = -\frac{3}{2} J_2 \left(\frac{R}{P} \right)^2 \sqrt{\frac{\mu}{a^3}} \cos i \quad \text{siendo:}$$

J_2 , constante debida a la falta de esfericidad de la Tierra.

R , radio ecuatorial de la Tierra.

P , parámetro de la órbita, $p = a(1 - e^2)$.

y eligiendo p , a , i de modo que: $\dot{\Omega} = -1^\circ/\text{día}$.

Este efecto se denomina regresión de nodos.

Aplicación principal: Reconocimiento militar, teledetección.

Órbita polar.

De la expresión anterior se obtiene que $\dot{\Omega} = 0$ para $i = 90^\circ$, en consecuencia el plano de una órbita polar se mantiene fijo en el espacio.

Aplicación: observación total de la Tierra.

1.3. **Ventajas técnicas y operativas de los satélites.**

El progreso espectacular de la utilización del espacio se debe esencialmente a las grandes ventajas técnicas que ofrece el espacio extraatmosférico. La Defensa también se beneficia de estas ventajas y de otras operativas, ambas se resumen a continuación.

1.3.1. Técnicas.

- Movimiento indefinido sin consumo de energía después de haber alcanzado un valor umbral de velocidad, la velocidad de inyección en órbita.

El espacio es el único medio físico que permite el desplazamiento sin consumo de energía, como consecuencia de la atracción universal.

El efecto de la atracción gravitatoria también se puede utilizar para aprovechar las perturbaciones de las órbitas de satélites de la Tierra para aplicaciones prácticas, en particular la regresión de la línea de nodos para conseguir órbitas sincronizadas con el Sol, de gran interés para observación de la Tierra.

Un caso particular de órbita de gran interés, civil y militar, es la órbita geoestacionaria, en la que el movimiento del satélite es nulo respecto a la Tierra. Numerosos satélites de la Defensa utilizan esta órbita.

- Energía solar, gratuita e indefinida.

La energía solar, que tiene un aprovechamiento limitado en la superficie terrestre como consecuencia de la absorción de una gran parte de la radiación solar por la atmósfera, en el espacio extraatmosférico se puede utilizar en toda su intensidad.

Así se hace en la mayoría de los satélites, tanto civiles como militares, con algunas excepciones. Como caso particular de estos últimos se pueden mencionar los satélites soviéticos de vigilancia naval, equipados con radar, que utilizan como fuente de alimentación un generador nuclear.

La energía solar permite disponer de una fuente de energía gratuita e indefinida, que se puede transformar en energía eléctrica mediante células solares, por el efecto fotovoltaico, para alimentación eléctrica de los sistemas y equipos del satélite.

- Frenado atmosférico.

Así como la aceleración de una nave hasta alcanzar la velocidad de inyección requiere el consumo de gran cantidad de energía, para hacer regresar la nave a la Tierra solamente es necesaria una pequeña cantidad de energía para desorbitar la nave o el elemento de la nave que se trata de recuperar.

Para frenar su velocidad se utiliza un efecto natural, el frenado atmosférico en el proceso de reentrada.

En consecuencia, tanto el regreso de naves tripuladas a la Tierra, como el envío de cápsulas desde un satélite a la Tierra, operación de amplia

utilización en los satélites militares de reconocimiento, se facilita considerablemente por la existencia de la atmósfera.

- El espacio es un medio de hostilidad limitada para la vida humana.

El espacio extraatmosférico es ciertamente hostil al hombre pero el grado de hostilidad está prácticamente limitado.

La sollicitación mecánica de las naves tripuladas en el espacio se limita a la diferencia de presión entre el interior y el exterior, cuyo valor máximo es el valor de la presión interior, es decir, del orden de una atmósfera independientemente de la profundidad que se alcance en el espacio. Si se compara esta situación con la que presenta el medio submarino, en el que cada metro que se profundiza supone un metro de agua de presión adicional sobre un casco que trabaja a compresión, mientras el material de la nave espacial trabaja a tracción y con una carga reducida e independiente de la profundidad, se comprende la gran ventaja técnica que ofrece el espacio para el diseño y construcción de las naves y de los trajes espaciales de los astronautas en operaciones EVA (*Extra-Vehicular-Activity*).

Otras sollicitaciones que requieren medidas de protección como las radiaciones y los micrometeoritos no plantean dificultades técnicas serias. El sistema de soporte de vida en una nave espacial es un problema técnico plenamente resuelto.

- Ingravidez.

La ingravidez, o la microgravedad (puesto que la gravedad nula solamente se presenta en el centro de masa de la nave), es una ambientación inducida por el movimiento orbital, que si bien constituye una sollicitación para el ser humano para la que se requiere una adaptación, que no implica dificultades, ofrece también una gran ventaja.

Además del potencial de utilización de esta ambientación en procesos de experimentación y de producción en el espacio que indirectamente pueden ser de interés para la Defensa (*Ciencia de Materiales y Ciencias de la Vida*), la gran ventaja para la Defensa es la facilidad de manipulación en órbita de grandes elementos, estructuras, módulos, satélites, etc., por el mínimo esfuerzo requerido.

Esta circunstancia, unida a la capacidad de carga del *Shuttle*, actualmente, y en el futuro de otros sistemas con capacidad de transporte entre la Tierra y el espacio en ambos sentidos y con capacidad de maniobra en órbita hace posible operaciones como:

- Reparación de satélites en órbita.

- Recuperación de satélites en órbita y su transporte a tierra (se hace notar la incidencia que esta operación puede tener en relación con la Defensa, puesto que sería posible la captura de satélites enemigos). Actualmente esta capacidad se limita a órbitas próximas a la Tierra (LEO).
- Montaje de grandes estructuras en el espacio ensamblando elementos inyectados en órbita. La estación Espacial Internacional (ISS), proyecto en el que participan con los EE.UU., ESA, Japón y Canadá, se basa en esta capacidad.

Todas estas operaciones se han realizado ya, de modo que su factibilidad está demostrada.

Las consideraciones expuestas muestran que las características naturales, la gravitación, el Sol y la atmósfera terrestre y la inducida de la microgravedad facilitan la utilización del espacio y que la hostilidad natural del espacio extraatmosférico es superable.

1.3.2. Operativas.

Para la Defensa el dominio de puntos elevados ha sido tradicionalmente una aspiración por las ventajas de superioridad que ofrece para observar y atacar al enemigo y para operaciones como comunicaciones. Evidentemente el espacio es el medio ideal para conseguir estas ventajas, pero evidentemente ofrece muchas más y ha ampliado el espectro de aplicaciones de tal manera que actualmente es básico para las operaciones militares, principalmente de apoyo, siendo el aspecto agresivo —la mayor ventaja tradicional— el que menos se ha desarrollado en el espacio.

Esta situación pone en evidencia una gran ventaja operativa, la impunidad. Aunque posteriormente se mencionará la posibilidad de agresión en el espacio, de hecho los satélites de la Defensa operan libremente y ambas potencias aceptan esta situación, incluso con una base legal, puesto que en el Tratado SALT-II se admite que cada potencia utilice los medios técnicos disponibles (evidentemente los satélites de reconocimiento) para la verificación del cumplimiento del tratado.

Ambas potencias han respetado la operación de los satélites militares, no obstante se ha producido una circunstancia que podría asociarse a una agresión: Un satélite de reconocimiento americano sobre Siberia ha sufrido los efectos de una luz intensa que ha saturado sus sensores impidiendo la observación. Evidentemente se puede atribuir este efecto a la operación de un láser dirigido al satélite, aunque se ha dado una explicación, posiblemente política, de que el efecto se ha debido a una explosión de gas.

Sin embargo se desarrollan dispositivos de autodefensa de los satélites militares para contrarrestar las amenazas que pesan sobre ellos.

Este tipo de amenazas son de dos tipos, de carácter general y de carácter específico para los diversos tipos de satélites.

El ataque a satélites con carácter general está representado por los sistemas ASAT (con las limitaciones actuales a LEO) y por el efecto de las explosiones nucleares en el espacio.

Para contrarrestar el efecto de destrucción mecánica el dispositivo indicado es la capacidad de maniobra del satélite atacado para evadir el ataque. Este sistema implica medios de detección del ataque, ya sea incorporados en el satélite o en tierra, en este caso complementados con telemando. Este procedimiento es sin duda más eficaz contra el sistema soviético que contra el que se desarrolla en los EE.UU., por falta de tiempo de reacción.

Respecto a los efectos de explosiones nucleares exoatmosféricas, aunque no se dispone de un conocimiento experimental, ni se puede adquirir dadas las prohibiciones establecidas por tratados, los estudios teóricos demuestran que la radiación X, los neutrones, la radiación gamma y muy especialmente el impulso electromagnético (EMP) producirían daños irreparables en los circuitos eléctricos en los satélites que se encontraran en un radio de considerable extensión, del orden de 4.000 kms para una explosión de 10 M ton.

La única protección posible es el *endurecimiento* de los satélites a los efectos de la radiación. Este tema es objeto actualmente de una intensa investigación.

Las amenazas de carácter específico son muy diversas, por ejemplo, las interferencias radioeléctricas para los satélites de comunicaciones. Hay medios técnicos para dificultarlas, pero sin duda el procedimiento más eficaz es el previsto en el futuro sistema militar americano, MILSTAR, que consiste en utilizar frecuencias muy elevadas, 44 Ghz en sentido ascendente y 20 Ghz en el descendente, frecuencias muy difíciles de interferir porque el haz radiante es muy estrecho. El empleo de estas frecuencias tan elevadas tiene también la ventaja de una gran capacidad de información.

Otro ejemplo típico es el de los satélites de alerta avanzada que se pueden atacar mediante un destello luminoso intenso que sature sus sensores, para este fin el láser es el dispositivo más indicado. Para defensa contra este tipo de agresión se considera la posibilidad de utilizar detectores en el satélite que al recibir un haz láser dirigido al satélite manden el cierre de un obturador a la entrada del telescopio de infrarrojos.

Otras aplicaciones de gran interés militar como: reconocimiento, alerta avanzada, vigilancia naval, comunicaciones y navegación y otras típicas en el ámbito civil, como la meteorología y la geodesia, pero que suministran datos de gran valor militar, han superado ampliamente las pocas iniciativas de utilización del espacio como medio de agresión (FOBS, MOBS), si bien en realidad la más grave amenaza para la humanidad procede del espacio. Las ojivas nucleares (RV, MRV, MIRV, MARV) de los misiles balísticos (ICBM, IRBM, SLBM) proceden del espacio y siguen un movimiento orbital hasta la reentrada en la atmósfera, aunque no se trate de sistemas típicamente espaciales.

El espacio también se utiliza con carácter agresivo para el ataque a satélites enemigos, mediante sistemas ASAT.

Por último se menciona la situación de la defensa contra los misiles balísticos (BMD) que puede cambiar el carácter, hasta ahora esencialmente pacífico del espacio, en un futuro próximo. Después de los primeros desarrollos y despliegue de los sistemas ABM y de la evaluación por los EE.UU. de los sistemas de cobertura amplia Sentinel y Safeguard y sin duda de un ejercicio similar en la URSS, las dos potencias acordaron limitar el despliegue de estos sistemas por el Acuerdo SALT-ABM 1974.

Sin duda ambas potencias llegaron a la conclusión de la falta de efectividad del sistema como consecuencia de las limitaciones técnicas del momento. Los EE.UU. incluso renunciaron al despliegue permitido por el tratado.

Este bloqueo se ha mantenido, al menos oficialmente, hasta el año 1983. En marzo de ese año el discurso del presidente Reagan, popularmente conocido con el *Star Wars Speech*, ha dado estado oficial a la SDI, la Iniciativa de la Defensa Estratégica, que puede tener como resultado la utilización del espacio como un escudo protector contra las ojivas de los misiles balísticos.

Estas consideraciones ponen de manifiesto el gran atractivo que ofrece el espacio para la Defensa. Era lógico que no pasara inadvertido para las grandes potencias con capacidad espacial, sino que contrariamente trataran de aprovecharlo al máximo. Así ha ocurrido, la Defensa ha sido protagonista distinguida del desarrollo de la ciencia y de la tecnología del espacio desde la iniciación de la carrera espacial. Incluso antes, es significativo señalar que las primeras comunicaciones vía satélite las realizó la Navy americana utilizando nuestro satélite natural, la Luna, como reflector en el proyecto *Communication By Moon Relay* (CMR) entre 1954 y 1959,

que posteriormente se transformó en un enlace de comunicaciones entre Washington y Hawai que fue operacional entre 1959 y 1963.

Este proyecto se había iniciado por el Army con el nombre de Proyecto Diana.

El primer satélite artificial de comunicaciones fue también un proyecto militar, el *Score*, construido por el Army, fue inyectado en órbita por la Air Force el 18 de diciembre de 1958, y fue seguido en octubre de 1960 por el *Courier-IB* del *Army Signal Corps*.

En consecuencia es evidente que la Defensa ha jugado un papel decisivo en la iniciación de las actividades espaciales y ha mantenido el liderazgo hasta nuestros días.

Sin embargo se hace notar que la Defensa ha centrado su esfuerzo en las aplicaciones de su interés y no sólo no ha sido protagonista de las hazañas espaciales más espectaculares, como la exploración lunar y planetaria, sino que, en gran medida, sus actividades han pasado desapercibidas para el gran público que, por ejemplo, ha conocido la existencia de satélites de vigilancia naval, equipados con radar y alimentados por generadores nucleares, cuando se ha producido accidentalmente la caída en tierra de elementos con radiactividad, procedentes de naves soviéticas (como consecuencia de un fallo en la operación de inyección en una órbita superior) y que han supuesto un peligro para la población.

Este hecho, ampliamente discutido en las Naciones Unidas, aunque ha tenido más consecuencias políticas que prácticas, puesto que la URSS no ha renunciado a la utilización de la energía nuclear, e incluso se ha repetido el accidente, evidentemente ha alcanzado cierta popularidad y ha mostrado al público actividades militares poco conocidas.

Sin duda debido a razones políticas la Defensa americana ha sido más prudente y ha renunciado a la utilización de la energía nuclear en sus naves. No así la NASA que ha tenido que utilizarla en naves que acceden al espacio profundo, para la investigación interplanetaria y para los dispositivos instrumentales instalados en la Luna en las misiones Apollo, ALSEP (*Apollo Lunar Surface Experiments Package*), que han transmitido sus datos a tierra.

La importancia del espacio para la Defensa se refleja en el hecho de que se ha convertido en el mayor usuario del espacio, con el mayor número de satélites que orbitan alrededor de la Tierra.

En los EE.UU. el gasto anual medio en el espacio es del orden de 13.000 millones de dólares, aproximadamente, la mitad se destina al programa civil y la otra mitad al militar. Este esfuerzo contrasta con el aún muy reducido

europeo, que dedica a actividades espaciales militares aproximadamente el 2 por 100 del presupuesto americano.

Aunque esta cifra muestra que el esfuerzo europeo es muy reducido; es de esperar que las iniciativas de UK, Francia, la RFA e Italia, países que han reconocido a nivel político la importancia del espacio para la Defensa, tenga como consecuencia un rápido crecimiento de los recursos destinados a la actividad espacial militar europea.

En el caso de los EE.UU. la presencia del máximo nivel político, el nivel presidencial, ha sido una actitud constante en la actividad espacial, tanto civil como militar. Como ejemplos se pueden citar:

- La creación de la NASA fue una iniciativa del presidente Eisenhower (Public Law 85-568, firmada por el presidente el 29 de julio de 1958).
- El 25 de mayo de 1961 el presidente Kennedy, en un discurso ante el Congreso, pidió su apoyo para realizar la misión de aterrizaje del hombre en la Luna y el retorno a la Tierra, antes de terminar la década.

El día 16 de julio de 1969 se inició la misión *Apollo 11*, que convertiría en realidad el objetivo del presidente.

- El día 15 de marzo de 1967 el presidente Johnson declaraba que si bien se habían gastado cuarenta mil millones de dólares en el programa espacial el conocimiento obtenido de la fotografía espacial (en clara alusión a los satélites de reconocimiento) valía diez veces más, porque se conocía los misiles (estratégicos) que tenía el enemigo.
- En julio de 1982 se hace público el documento presidencial sobre Política Espacial de los EE.UU., del que se extraen literalmente algunos párrafos significativos:
 - «Dentro de los fines pacíficos caben actividades que persigan objetivos de seguridad nacional.»
 - «Los EE.UU. consideran que los dispositivos espaciales son propiedad nacional del país que los lanza y que tienen derecho de paso y operación en el espacio sin interferencias. Toda interferencia deliberada de dispositivos espaciales se considerará infracción de derechos soberanos.»
 - «El programa espacial de los EE.UU. tendrá dos vertientes distintas, pero estrechamente interrelacionadas, la de seguridad nacional y la civil. Para evitar duplicaciones innecesarias se mantendrá una estrecha cooperación e intercambio de datos entre ambos programas.»

- Los EE.UU. llevarán a cabo actividades en el espacio en soporte de su derecho de autodefensa.»
- Refiriéndose al *Shuttle*: «Se otorgará prioridad de lanzamiento a las misiones de seguridad nacional». En el mismo documento, las directrices presidenciales sobre el Programa Espacial de Seguridad Nacional muestran claramente la realidad de la militarización del espacio.
- En marzo de 1983 el discurso del presidente Reagan, popularmente conocido como el *Star Wars Speech*, confirma la postura presidencial a favor del desarrollo espacial militar.
- En enero de 1984, el presidente Reagan ha hecho el ofrecimiento a los «amigos y aliados» de los EE.UU. para participar en el programa de Estación Espacial, que la NASA debe realizar dentro de la siguiente década. (ESA, Japón y Canadá han respondido positivamente a este ofrecimiento, lo que ha tenido como consecuencia la nueva designación de Estación Espacial Internacional.)

Evidentemente la importancia reconocida al espacio como medio de operación de la Defensa en los EE.UU. tiene una equivalencia en la URSS, aunque existe menos transparencia respecto a la organización y distribución de funciones. Pero tanto en una como en otra potencia se ha dado estado oficial a la fuerza espacial.

El 1 de septiembre de 1982 se ha creado el *Space Command* en los EE.UU., el 1 de enero de 1983 se han activado la Primera Ala Espacial y la *Space Command's Communication Division* en Peterson AFB (Colorado) cerca del cuartel general de NORAD en Colorado Springs. El general Hartinger fue nombrado jefe de NORAD y del *Space Command*.

Como respuesta la URSS creó el *Mando Cósmico* y designó para su jefatura al teniente general Shatalov.

Esta situación no debe asociarse con la agresividad, la realidad es muy diferente. El *Space Command* tiene el mando militar sobre un conjunto de unidades muy diferentes a las tradicionales, porque ninguna unidad dispone de armamento y ninguna actúa bajo el sistema tradicional de mando, sino con automatismo y sometidas a la disciplina de los ordenadores.

La práctica ausencia de armamento en el espacio no excluye ciertos riesgos en la utilización del espacio por la Defensa, un caso típico es la utilización de un generador nuclear para la alimentación del radar en los satélites de vigilancia naval soviéticos. Aunque está previsto que al terminar

su misión la parte radiactiva de la nave se separó y se inyectó en una órbita alejada, para evitar su descenso a tierra, esta operación ha fracasado ya en dos satélites, produciéndose la caída de restos radiactivos, afortunadamente sin consecuencias graves, pero causando la natural alarma por el peligro potencial para toda la zona sobrevolada por el satélite en sus últimas órbitas.

1.4. **Clasificación.**

La amplitud del espectro de la utilización del espacio por la Defensa es tan extensa que se hace necesaria una clasificación que permita sistemáticamente la presentación de las actividades militares espaciales.

Se hace notar que así como la aviación militar permite una clasificación basada en el armamento (táctica, estratégica) o en la función no armada (reconocimiento, transporte), pero no tendría sentido una aviación militar no armada, la entrada de la Defensa en el espacio ha sido esencialmente no agresiva y con fines de prevención del conflicto o de soporte a las actividades de la Defensa.

Los satélites de la Defensa se han desarrollado con dos finalidades esenciales: inteligencia y servicios, si bien existen otros dispositivos espaciales que no se pueden incluir en estos dos grandes grupos, pero que se tomarán en consideración a efectos de una clasificación detallada.

1.4.1. *Sistemas de inteligencia.*

Los sistemas de inteligencia son los que proveen información de interés militar obtenida mediante observación del enemigo. Se excluye la información de fenómenos naturales, como la meteorología, cuyo interés militar es evidente.

Los sistemas de inteligencia tienen una finalidad que han cumplido con eficacia, la prevención de la guerra.

Los satélites de reconocimiento han permitido a las grandes potencias conocer el potencial estratégico mutuo y la situación de su despliegue en tierra, con extraordinaria precisión, mediante la utilización de satélites geodésicos. El efecto inmediato ha sido la eliminación del factor sorpresa respecto a medios y la consecuencia el acuerdo sobre limitación de armamento nuclear y la búsqueda de una situación equilibrada (Acuerdos SALT I y II).

Los satélites de alerta avanzada permiten la detección inmediata de un ataque nuclear y la respuesta con un ataque similar antes de sufrir los

efectos del ataque (*Lannch on warning*). Esta situación, que elimina la ventaja tradicional en la guerra convencional del factor sorpresa en el ataque, es un elemento disuasorio para desencadenar un conflicto que no puede ganar ningún beligerante.

Los satélites de inteligencia permiten vigilar el cumplimiento de los tratados, obtener información de actividades a partir de escuchas radioeléctricas, conocer posiciones y comunicaciones de buques, conocer actividades nocturnas y subterráneas mediante detectores de infrarrojos, vigilar los ensayos de armamento del enemigo, vigilar las actividades industriales, el transporte de material estratégico, la construcción de instalaciones, etc. En resumen, disponer de una información tan completa de las actividades del enemigo que elimina el factor sorpresa de sus acciones.

Evidentemente, en caso de conflicto la actividad de la inteligencia estaría dirigida a la obtención de información para la planificación de las operaciones.

En caso de conflicto real entre las potencias o los bloques, suponiendo que se tratara de un conflicto limitado, puesto que en una guerra nuclear total la devastación sería inmediata, los sistemas espaciales de inteligencia, como los de servicios, estarían sometidos a contramedidas. Hasta ahora la operación de sistemas de inteligencia, en conflictos reales, se ha limitado a conflictos entre terceros sin capacidad de contramedidas, por lo que los sistemas de las dos potencias han podido operar impunemente y sin interferencias, y suministrar información a los beligerantes según sus afinidades, por ejemplo, la ayuda de los EE.UU. a Gran Bretaña en la guerra de las Malvinas.

Evidentemente, no se dispone de una experiencia válida de aplicación a un conflicto real entre potencias, pero se llegó a la conclusión de que los sistemas de inteligencia han constituido un medio de la mayor eficacia para la disuasión de un conflicto nuclear entre potencias.

1.4.2. *Sistemas de apoyo.*

Los sistemas que proveen servicios son los que se utilizan para dar un apoyo a las actividades de la Defensa, tanto en tiempo de paz como durante un conflicto armado.

El tipo de servicios que suministran estos sistemas tienen un paralelismo evidente con sistemas civiles, los sistemas de comunicaciones, meteorológicos y de navegación son diferentes en su aplicación civil y militar, sin

embargo se presentan interacciones claras entre unos y otros que no se limitan a cierta comunalidad en diseño, desarrollo y fabricación sino que alcanza hasta el nivel operacional.

1.4.3. *Sistemas ofensivos y defensivos.*

Los sistemas espaciales agresivos se han limitado hasta ahora a los sistemas ASAT soviéticos. El sistema ASAT americano no es operacional y su desarrollo y ensayos están sometidos al frenado de presiones políticas para retrasar la militarización agresiva en el espacio. Sin embargo se trata de un sistema que no es típicamente espacial, basado en el lanzamiento de un misil antisatélite desde un avión F-15.

Como se ha expuesto previamente la utilización del espacio como base de dispositivos agresivos es la que menos se ha desarrollado, sin duda como consecuencia de una actitud política, la de evitar que el espacio se convierta en teatro de operaciones.

No obstante, los sistemas de satélites de la Defensa constituyen un soporte tan importante para los beligerantes que resulta prácticamente obligado desarrollar dispositivos para atacarlos y para defenderlos.

Con un criterio amplio se pueden considerar también sistemas espaciales los misiles balísticos que acceden al espacio en el que inyectan en órbita sus ojivas nucleares. Se trata de dispositivos que en la mayor parte de su tiempo de operación se encuentran en el espacio extraatmosférico en el que siguen una trayectoria regida por la ley gravitatoria, es decir una órbita que, a diferencia de las órbitas de los satélites, intercepta la superficie terrestre.

Estos sistemas son agresivos y constituyen el mayor potencial devastador existente.

Durante la década de los años sesenta el planteamiento de la BMD, basada en el sistema ABM, puso de manifiesto que un punto débil de las ojivas de los misiles estratégicos era el apogeo extraordinariamente elevado de sus órbitas, de 1.000 a 1.500 km. sobre la superficie terrestre, lo que permitía su detección desde el objetivo con tiempo suficiente, del orden de 10 minutos, para preparar la reacción de la Defensa.

Con objeto de reducir la vulnerabilidad del material atacante, mediante la reducción del tiempo de reacción de la defensa se ideó el procedimiento del bombardeo orbital, consistente en la inyección de bombas nucleares en órbita baja, para hacerlas descender mediante una operación de reentrada.

sobre el objetivo. Utilizando una órbita muy próxima a la Tierra, que ni siquiera asegurase una órbita completa por el efecto de la resistencia atmosférica, se podía reducir el tiempo transcurrido entre la detección y el encuentro con el objetivo a un intervalo tan crítico como tres minutos. Este sistema se ha denominado FOBS (*Fractional Orbital Bombing System*) y no ha merecido demasiado interés porque presenta grandes desventajas respecto a las ojivas de los misiles balísticos, requiere una mayor energía de inyección (satelización) y su precisión es mucho menor, la ventaja que ofrecía reduciendo el tiempo de reacción por la limitación del horizonte desapareció tan pronto como se pusieron en servicio los sistemas espaciales de alerta avanzada.

Para evitar el inconveniente adicional que presentaba el sistema, la facilidad de predicción de la órbita a partir de datos de observación (posición, velocidad), que podrían hacerse incluso desde un país aliado, y en consecuencia de predicción de posibles objetivos, se pensó en la utilización de bombas satélites, con capacidad de maniobra para cambiar la órbita varias veces hasta la final, este sistema se ha denominado MOBS (*Múltiple Orbital Bombing System*).

El desarrollo de los aviones espaciales, ya una realidad con el Shuttle americano operativo, y más adelante con naves con capacidad de maniobra en el espacio y que puedan regresar a la Tierra aterrizando como aviones procedentes de la URSS, de Europa y de Japón, se ofrece una posibilidad de agresión en el espacio, ya demostrada por la NASA con fines civiles, pero extensible a la aplicación militar, la captura de satélites enemigos en el espacio y su transporte a la Tierra.

En consecuencia se trata de una capacidad potencial de agresión en el espacio que también debe incluirse.

1.4.4. *Satélites de investigación y ensayos.*

La investigación científica no es un objetivo de la Defensa, en consecuencia no parecería procedente incluir este concepto en la clasificación. Sin embargo la Defensa requiere información relacionada con la constitución y forma de la Tierra y con la atmósfera, es decir, de hechos naturales y en consecuencia de carácter científico, y, aunque sus objetivos no sean científicos, puede suministrar datos de sus satélites a la comunidad científica, al mismo tiempo que adquiere los datos obtenidos por los científicos que son de su interés, en este caso sin las restricciones que se pueden imponer en los datos obtenidos por la Defensa.

Se hace notar la diferencia que existe entre estos satélites y los satélites de inteligencia, estos últimos obtienen información de hechos artificiales mientras que los primeros obtienen información de hechos naturales.

1.5. **Aplicaciones geodésicas para la Defensa.**

La Geodesia es una ciencia y una disciplina de estudio universitario y de investigación. Tiene una doble vertiente que distingue la Geodesia geométrica, cuyo objetivo es el estudio de la configuración, forma y dimensiones de la Tierra y la Geodesia dinámica, cuyo objetivo es el estudio del potencial gravitatorio terrestre.

El conocimiento de estos datos, de carácter científico, es de gran valor para la Defensa. Tradicionalmente la Geodesia geométrica ha sido, como la cartografía, una materia de interés militar y en consecuencia objeto de una gran actividad militar, por lo que se encuentran en la historia de la Geodesia tradicionales nombres ilustres de militares que han hecho valiosas aportaciones (por ejemplo, el general Ibáñez de Ibero en España).

Es obvio que el conocimiento preciso de la situación de un objetivo militar es de gran interés para la Defensa.

La era de los misiles estratégicos ha dado una nueva dimensión al valor militar de la Geodesia. Se considera el modo de operación de un misil estratégico:

- El misil tiene una trayectoria guiada desde su salida hasta el punto de inyección de su cabeza de combate.
- El sistema de guiado es inercial, de modo que la determinación de su posición y velocidad en cada instante se realiza combinando las medidas a bordo de la aceleración de empuje y el cálculo de la aceleración gravitatoria. Se comprende que cuanto mayor sea la precisión de este cálculo mayor será la precisión del guiado.

En el punto de inyección se deposita lo que constituye la cabeza de guerra, concepto que ha evolucionado en las generaciones sucesivas, desde una ojiva única de gran potencia a los sistemas más modernos en los que se inyecta un contenedor (bus) de ojivas que sigue una trayectoria orbital, es decir, regida por el potencial gravitatorio terrestre (con una influencia gravitacional de otros astros que induce perturbaciones poco importantes), que desprende sus ojivas secuencialmente para que se dirijan a sus objetivos (MIRV) o incluso con capacidad de maniobra terminal (MARV).

En consecuencia es necesario conocer con la mayor precisión posible tanto la posición del punto base del misil y la del objetivo (Geodesia geométrica) como el potencial gravitatorio (Geodesia dinámica), puesto que de la precisión de este conocimiento depende la precisión de la inyección y la previsión del movimiento orbital.

Se hace notar la interacción de ambas vertientes de la Geodesia respecto a la dinámica de los satélites.

- Un satélite de órbita conocida con precisión (6 parámetros) se puede utilizar para determinar la posición relativa de puntos de la superficie terrestre, mediante triangulación.
- Las perturbaciones de la órbita de un satélite debidas al campo gravitatorio terrestre, permiten determinar el potencial gravitatorio como función de punto en el espacio (longitud, latitud y distancia al centro de la Tierra).

Evidentemente no es posible separar las perturbaciones y conseguir que la órbita de un satélite sea perturbada solamente por el campo gravitatorio. Sin embargo hay una circunstancia natural que facilita la separación de este efecto, el hecho de que el campo gravitatorio derive de un potencial, y decir que sea un campo de fuerzas conservativo, mientras los demás efectos de perturbación son disipativos, hace posible la discriminación de unos y otros efectos y que se pueda hacer el cálculo que conduce a la determinación del potencial.

En consecuencia se comprende el interés de la Defensa en disponer de sus propios satélites geodésicos.

No se puede ignorar el enorme potencial de posibilidades que ofrece el espacio para el ensayo de sistemas de la Defensa.

Las plataformas orbitales constituyen una excelente base para ensayos de sistemas o de dispositivos y verificar su comportamiento en el ambiente espacial antes de pasar al estado operacional.

El mismo espacio por sus características físicas influye directamente en la agresividad de los sistemas, de modo que sus efectos dentro de la atmósfera y en el espacio extraatmosférico pueden ser muy diferentes. El vacío espacial impide la propagación de la onda explosiva, efecto agresivo corrientemente utilizado dentro de la atmósfera e ineficaz en el espacio.

El vacío espacial a su vez permite la propagación de radiaciones que dentro de la atmósfera se atenúan y quedan extinguidas en un corto alcance

por las características de atenuación y absorción de la atmósfera. Cuando la humanidad empieza a preocuparse por los efectos adversos del *agujero de ozono* detectado en la Antártida, por el peligro que implica para la vida la falta de la protección que ejerce la capa de ozono absorbiendo la radiación ultravioleta, se comprende que el espacio permeable a las radiaciones es el medio ideal para la transmisión de radiaciones destructivas, como los rayos X, el láser o las radiaciones emitidas en una explosión nuclear.

Se expone como ejemplo que el sistema ABM desarrollado en los EE.UU., aunque no desplegado, se basaba en dos tipos de misiles; el *Spartan*, interceptador extraatmosférico y el *Sprint*, interceptador endoatmosférico, ambos con ojivas nucleares. En el *Spartan* el efecto destructivo se obtenía con la radiación X emitida en la explosión nuclear, en el *Sprint* que no podía utilizar este efecto debido a la absorción atmosférica, se utilizaba la emisión de neutrones procedente de la explosión de una ojiva nuclear especialmente diseñada para intensificar esta emisión. Esta ojiva fue el origen de la llamada bomba de neutrones que algunos años más tarde sería noticia y motivo de preocupación.

En consecuencia dentro de la clasificación se incluye el concepto de ensayos, que comprende tanto el empleo de plataformas espaciales para ensayos como el de dispositivos que utilizan las características físicas del espacio.

Como consecuencia de las consideraciones anteriores se presenta una clasificación de los sistemas espaciales de la Defensa, en la tabla que figura a continuación. Respecto a esta tabla se exponen las siguientes observaciones:

- Algunos sistemas figuran entre paréntesis, con lo que se indica que o bien se trata de sistemas que no son de actualidad (caso de los satélites *VELA*) o que se trata de sistemas civiles con aplicación militar (caso de los satélites de teledetección).
- El *Shuttle* figura en diversos grupos, debido a que su flexibilidad de operación permite que éste tenga diversidad de objetivos.

T A B L A

Sistemas espaciales de la Defensa

SISTEMAS DE INTELIGENCIA

Reconocimiento.
Vigilancia naval.
ELINT-FERRET/COMINT/
SIGINT.
Alerta avanzada.
IONDS - NUDETS
ITSS (*Integrated Tactical
Surveillance System*).
(VELA) (Sustituido por IONDS).
(Teledetección civil, aplicación
a Defensa).
(Naves tripuladas)
NORAD IGEODSS/BMEWS/
OTH

SISTEMAS DE APOYO

Comunicaciones.
Meteorología.
Navegación.
(Buques y rescate).
Shuttle (reparación y re-
cuperación).

SISTEMAS DE INVESTIGACIÓN

Y ENSAYO

STP (Space Test Programme).
Geodesia.
Geosat (Navy).
HILAT (auroras).
Shuttle.
Estación Espacial.

SISTEMAS DEFENSIVOS

BMD: ABM, SDI
Misión ASAT.
Satélite ASAT
Sistema de Autodefensa de
satélites
Shuttle (captura).

SISTEMAS OFENSIVOS

ICBM, IRBM, SLBM
Misión ASAT
Satélite ASAT
FOBS/MOBS
Shuttle (captura).