

SATÉLITES DETECTORES DE LANZAMIENTOS DE MISILES

Por MANUEL BAUTISTA ARANDA

Misión de estos satélites y forma de actuar

La misión fundamental de estos satélites, conocidos también en el nombre de satélites de alerta avanzada, es la de detectar el lanzamiento de misiles potencialmente «enemigos» y contribuir a evaluar con la máxima rapidez posible si se trata o no de un ataque real contra la propia nación.

Tan sólo los Estados Unidos y la Unión Soviética tienen sistemas operativos con este tipo de satélites.

Si tenemos presente que el tiempo que tarda un misil intercontinental desde que sale de su rampa de lanzamiento hasta que llega a su objetivo son escasamente 30 minutos, e incluso menos si se ha lanzado desde un submarino situado más cerca del objetivo se entiende perfectamente el interés, o mejor, la necesidad que existe de que la detección del lanzamiento se haga con la máxima antelación posible, que se detecte en el mismo momento que sale de su rampa, o por lo menos, pocos segundos después.

Los escasos minutos disponibles desde que se detecta un lanzamiento y se tiene la certeza de que se trata de una ataque real, hasta que el misil hace impacto en su objetivo, son vitales para que el país atacado reaccione y evite la destrucción en tierra de sus medios de respuesta.

Esta detección temprana es perfectamente posible por medio de satélites. En el lanzamiento de un misil y mientras dura su fase propulsada, los motores cohete expulsan gases muy calientes y en grandes cantidades, lo que lleva consigo la producción de una fuerte radiación infrarroja, que

comparada con la radiación infrarroja normal del terreno circundante, es mucho más intensa y tiene una distribución de energía diferente dentro de la banda de los rayos infrarrojos. Y éste es justamente el fenómeno físico que captan y miden los satélites detectores de lanzamientos de misiles.

Estos satélites, según veremos más adelante, además de detectar el lanzamiento del misil, son capaces de captar información suficiente para que en tierra se pueda determinar de forma aproximada —y a veces bastante exacta— la situación del silo o de la rampa desde la que ha sido lanzado, el tipo de misil de que se trata, la trayectoria que sigue y la zona en que va a hacer impacto.

Desde un punto de vista operativo esta información puede ser muy útil por dos razones. La primera porque, en caso de un ataque real, al conocer, aunque sólo sea aproximadamente, los objetivos que van a ser atacados, se pueden tomar las medidas urgentes necesarias para que los medios de respuesta —aviones o misiles— en ellos situados despeguen o se disparen antes de que sean destruidos en tierra.

Pero, a su vez, conociendo los silos de que han partido los misiles atacantes, no tiene sentido que los misiles propios se dirijan contra estos silos, que ya están vacíos. Deben dirigirse e intentar destruir los que todavía no se han utilizado.

Una aplicación de los satélites detectores de lanzamientos de misiles, que pudieramos considerar secundaria, pero que ha demostrado ser de enorme valor, es que con ellos ha sido posible llevar un control muy preciso de todos los ensayos efectuados en el desarrollo de nuevos misiles. Según informaba la prestigiosa revista *Aviation Week and Space Technology*, los Estados Unidos vienen observando más de 600 lanzamientos anuales, incluyendo en ellos misiles rusos, chinos y lanzamiento de satélites.

Por otro lado, la emisión infrarroja que se produce durante el lanzamiento y fase propulsada de un misil no es igual para todos, tiene características distintas para cada uno de ellos, es lo que se suele llamar la «firma» del misil. Y con la labor que indicábamos antes de observación y recogida de datos se ha formado un archivo, una verdadera «biblioteca», de tal manera que ante un lanzamiento se pueden comparar rápidamente los datos captados con los que hay en archivo y saber de qué tipo de misil se trata. E igualmente, puede seguirse de cerca el proceso de desarrollo de nuevos misiles, los ensayos en vuelo que se hacen, los fracasos que se producen, el tiempo que ha costado su puesta a punto, etc.

Aunque los satélites son los únicos que pueden detectar el lanzamiento de un misil desde que sale de su rampa de lanzamiento, una vez que este misil ha alcanzado una cierta altura ya puede ser observado por otros medios, básicamente por los radares de la cadena BMEWS (*Ballistic Missile Early Warning System*), que han sido previamente alertados por las señales recibidas desde los satélites. Y la información facilitada por estos otros medios sirve para confirmar los datos transmitidos por dichos satélites y eliminar cualquier posible error sobre si se trata de un ensayo más o menos rutinario, o se trata de un ataque real.

Programa MIDAS (*Missile Defense Alarm System*)

La primera información oficial de que los Estados Unidos estaban trabajando en el desarrollo de satélites de observación y vigilancia se tuvo en noviembre del año 1958, tan sólo 10 meses después de que este país pusiera en órbita su primer satélite, el Explorer 1. En esta fecha el Departamento de Defensa dio a conocer el Programa WS 117L (*Weapon System 117L*), en el que se venía trabajando desde hacía algún tiempo. El Programa comprendía en realidad tres Programas distintos, que acabaron independizándose y cada cual siguió su propia evolución. Los tres Programas eran: el DISCOVERER, de carácter experimental; el SAMOS, para reconocimiento fotográfico, y el MIDAS (*Missile Defence Alarm System*), para detección de lanzamientos de misiles.

Al Programa MIDAS se le dio una alta prioridad. El recuerdo todavía fresco del ataque por sorpresa en Pearl Harbou estaba presente en la mente del pueblo norteameriano. La posibilidad de que Rusia pudiera desencadenar un ataque por sorpresa con misiles intercontinentales provistos de cabezas nucleares, con efectos tan devastadores sobre las instalaciones militares norteamericanas, que podrían comprometer seriamente su capacidad de reacción, era algo que tenía muy preocupados a los altos mandos militares de este país.

Por aquella época se tomaron una serie de medidas. Se construyó la cadena de radares BMEWS, con enormes instalaciones en Clear (Alaska), Thule (Groenlandia) y Fylingdale, (Gran Bretaña), que cubrían las posibles direcciones de llegada de los misiles soviéticos, para poder detectarlos y dar la señal de alarma; pero, sólo 15 minutos antes de que alcanzasen sus objetivos.

Se tomó también la decisión de dispersar al máximo los aviones de bombardeo y de tener parte de ellos en alerta permanente junto a las

cabeceras de las pistas, de forma que con los 15 minutos de alerta previa disponibles pudieran despegar y estar en el aire, camino de sus objetivos, aunque las bases de partida quedasen destruidas pocos instantes después.

En estas circunstancias se comprende la gran acogida que tuvo el Programa MIDAS. Si se podía detectar el lanzamiento de un misil a los pocos segundos de que abandonase su rampa de lanzamiento, el plazo angustiosamente corto de 15 minutos podía ampliarse hasta unos 30 minutos, lo que seguía siendo un preaviso extremadamente corto, pero estos 15 minutos adicionales era un tiempo precioso.

El gran interés por el Programa MIDAS y las continuas presiones para acelerar su fase de desarrollo y para que entrase rápidamente en servicio, contribuyeron curiosamente al fracaso del Programa.

El primer lanzamiento, el Midas 1, tuvo lugar el 26 de febrero de 1960, pero falló por problemas en el cohete impulsor, un Atlas-Agena A. Le siguieron a este lanzamiento otros tres —24-5-1960, 12-7-1961 y 21-10-1961— pero los resultados fueron verdaderamente desalentadores.

En el año 1961 el entonces secretario de Defensa, Robert McNamara, en un informe al Congreso admitió que en el desarrollo de los satélites Midas estaban surgiendo problemas técnicos de gran complejidad y llegó a confesar que: «Los problemas no se han resuelto y no podemos asegurar cuando va a estar operativo el sistema y ni siquiera si llegará a estarlo alguna vez».

La idea en que se basaban los satélites Midas, es decir, la detección de la fuerte radiación infrarroja que se produce durante la fase propulsada de un misil, era buena. Y, de hecho, es la que se ha venido utilizando hasta la fecha. Pero el problema estaba en las falsas alarmas, que eran frecuentes y que resultaban inaceptables en un sistema tan crítico como éste. Los sensores instalados a bordo de los satélites Midas tenían dificultades para distinguir las emisiones infrarrojas asociadas al lanzamiento de un misil, de las producidas por causas distintas y totalmente ajenas a un lanzamiento, como eran, por ejemplo, las originadas en incendios forestales, en erupciones volcánicas, o simplemente en la reflexión de los rayos solares en ciertos tipos de nubes.

Ante esta situación, para la que no se veía solución a corto plazo, se fue abandonando la idea de tener un sistema operativo y a finales de 1961 se canceló el Programa MIDAS como tal, si bien se decidió que continuasen los trabajos en el campo de los sensores.

Programas 461 y 949

A la cancelación del Programa MIDAS, los trabajos se concentraron en la investigación, desarrollo y ensayo de sensores, que permitiesen distinguir claramente las emisiones infrarrojas producidas en el lanzamiento de un misil de las producidas por otras causas. Al nuevo programa se le dio el nombre clave de Programa 461 y sus actividades se desarrollan en secreto.

Paralelamente, como complemento de los trabajos anteriores, se fue recogiendo información sobre la «firma» de todas las fuentes productoras de radiación infrarroja que podían ser detectadas desde un satélite, es decir, de cómo se distribuye la energía que emiten dentro de la banda infrarroja del espectro de frecuencias y en qué frecuencias se concentran los máximos de esta energía.

Entretanto, la situación estratégica para los Estados Unidos había ido evolucionando en sentido favorable. Además de los aviones de bombardeo en alerta permanente, disponían ahora de submarinos Polaris portadores de misiles con cabezas nucleares y de gran número de misiles en tierra alojados en silos fuertemente protegidos. Por ello, el problema de los 15 minutos de alerta previa había llegado a ser algo menos angustioso, al menos mientras el arsenal de misiles soviéticos fuera relativamente modesto.

El Programa 461 duró 5 años (desde finales del año 1961 hasta finales del año 1966). En este período se efectuaron 8 lanzamientos de tipo experimental. Se consiguieron avances importantes en el campo de los sensores, pero no lo suficientes como para establecer un sistema operativo de satélites. Se detectaron con nitidez varios lanzamientos de misiles tipo Titan II, Atlas E y varios misiles soviéticos. Y, lo que es más importante, también se detectaron lanzamientos de misiles Minuteman y Polaris, que, al estar propulsados por motores de combustible sólido, expulsan gases a menor temperatura y producen menos radiación infrarroja que los motores de combustible líquido.

A finales del año 1966 se dio orden de cancelar el Programa 461 y de poner en marcha el Programa 949, que se extendería durante 6 años más, hasta el año 1972.

La razón de este cambio no fue en absoluto arbitraria, como vamos a explicar. Tanto en el Programa MIDAS, como en el Programa 461, los satélites se situaban en órbitas polares, sensiblemente circulares, a unos 3.500 km de altura. Pero estas órbitas relativamente bajas tienen el grave inconveniente de que, para mantener una vigilancia ininterrumpida sobre

una extensa parte de la superficie terrestre, hace falta montar una red constituida por bastantes satélites —10, 12 o más— que deben situarse en el espacio guardando unas determinadas separaciones entre sí y que deben mantener estas separaciones en el transcurso del tiempo. Para esto último hace falta que cada satélite disponga de un pequeño motor cohete, con su correspondiente reserva de combustible, que corrija periódicamente las desviaciones de su órbita. Por otro lado, mantener en estado operativo una red con tantos satélites obligaría a frecuentes lanzamientos para reponer a los que fuesen fallando, ya que si la red no estaba completa, no podía asegurar una vigilancia ininterrumpida.

Evidentemente, este problema no era desconocido cuando se pusieron en marcha los dos Programas citados. Pero los cohetes lanzadores disponibles no permitían otras soluciones mejores.

La situación cambió en el año 1963. El 14 de febrero de ese año los Estados Unidos consiguen por primera vez poner un satélite, el Syncom 1, en órbita geoestacionaria. Y justamente la nueva orientación que se adopta en el Programa 949 es la de utilizar la órbita geoestacionaria.

Como es bien conocido, un satélite situado en una órbita ecuatorial, circular y a 35.787 km de altura sobre la superficie terrestre, es decir, en la llamada órbita geoestacionaria, tiene la propiedad de que tarda 23 horas y 56 minutos en dar una vuelta completa alrededor de la Tierra, que es exactamente el tiempo que tarda la propia Tierra en dar un giro completo alrededor de su eje. Consecuencia de ello es que el satélite, visto desde la superficie de la Tierra, aparece como si estuviese inmóvil en el Espacio. Y, a su vez, desde el satélite se ve de forma ininterrumpida la misma porción de la superficie terrestre, que es casi un hemisferio completo. Y esta órbita es la única que goza de estas propiedades.

Las ventajas que tiene esta órbita para los satélites que estamos considerando son tan claras, que no necesitan comentarios. Con 3 satélites en órbita geoestacionaria, espaciados entre sí 120 grados de longitud, es posible mantener una vigilancia continua de toda la superficie terrestre, excepto de las zonas próximas a los Polos.

El problema principal que plantea la órbita geoestacionaria es la gran cantidad de energía que se necesita para situar satélites en ella. A título indicativo señalaremos que el cohete lanzador Titan III C, utilizado en el Programa 647, del que nos ocuparemos más adelante, podría poner hasta 13.150 kg en una órbita baja de 160 km de altura; pero su capacidad (lanzado desde cabo Cañaveral) se reducía a 1.430 kg, es decir, casi a

su décima parte, cuando el satélite tenía que ser situado en órbita geoestacionaria.

Las actividades desarrolladas dentro del Programa 949 se mantuvieron también en secreto, excepto el hecho en sí de los propios lanzamientos, que no se pueden ocultar. Pero no se daba ninguna información oficial sobre la posición exacta de los satélites, ni sobre los desplazamientos que sufrían en el transcurso del tiempo. Quizá se pretendía que los rusos no supieran exactamente cuándo y cómo eran vigilados sus extensos territorios.

A los 2 años de la puesta en marcha del Programa 949 se efectuó el primer lanzamiento (el 6-8-1969), al que siguieron otros 5 más en los años siguientes, hasta el año 1972.

Las órbitas elegidas para todos ellos no eran exactamente geoestacionarias. El plano de la órbita no coincidía con el plano del Ecuador, como debe ser en una órbita geoestacionaria, sino que tenía una inclinación de casi 10 grados. Resultado de ello es que el satélite, visto desde la superficie terrestre, no permanecía inmóvil en el espacio, sino que oscilaba entre los 10 grados Norte y los 10 grados Sur, describiendo cada día una figura con forma de 8. Con ello se conseguía mejorar la visibilidad sobre las regiones septentrionales de la Unión Soviética durante casi 12 horas diarias, a cambio de empeorarla durante las otras 12 horas.

A partir del cuarto lanzamiento (el 1-9-1970) puede considerarse que los Estados Unidos han conseguido la meta perseguida: poner a punto un tipo de satélite detector de lanzamiento de misiles. Tras 10 años de continuos trabajos y tras superar innumerables dificultades técnicas, económicas y políticas, al fin podrían empezar a montar un sistema operativo.

Programa 647 y DSP (*Defense Support Program*)

El Programa 647 se inició realmente como un programa preoperativo, pero los resultados obtenidos fueron tan satisfactorios, que en el año 1972 se declaró operativo, se transfirió al *Aerospace Defense Command* y se cambió su nombre, que pasó a ser DSP (*Defense Support Program*).

El primer lanzamiento dentro del Programa 647 tuvo lugar el 6 de noviembre de 1970. El cohete impulsor dejó de ser un Atlas-Agena y empezó a utilizarse un Titan III C, modelo que ha seguido utilizándose posteriormente. Este lanzamiento, que no fue totalmente satisfactorio, pues el satélite no alcanzó la órbita deseada, fue seguido por otros 3 en años sucesivos (el 5-5-1971, el

1-3-1972 y el 12-6-1973), que llenaron plenamente, e incluso superaron, todas las expectativas puestas en ellos.

Es curioso destacar que, así como la fase de desarrollo de los satélites detectores de lanzamientos de misiles fue muy larga y llena de problemas, la fase operativa ha sido un éxito completo. Como dijimos anteriormente, las presiones que se ejercieron para que el Programa MIDAS condujese rápidamente a un sistema operativo fueron contraproducentes, obligaron a utilizar tecnologías que no estaban suficientemente probadas y que ocasionaron repetidos fracasos.

Desde el año 1973 los lanzamientos se han ido sucediendo a un ritmo medio de uno por año, para ir reponiendo a los satélites que dejaban de funcionar satisfactoriamente.

El Sistema DSP comprende 3 satélites operativos en órbita geoestacionaria o geosincrona de baja inclinación, uno situado a unos 70 grados Este, sobre el océano Índico, para vigilar los lanzamientos y los ensayos rusos y chinos; otro a unos 135 grados Oeste, sobre el océano Pacífico, y el tercero a unos 70 grados Oeste, sobre América del Sur. Con estos dos últimos se pueden detectar lanzamientos efectuados desde submarinos.

En la figura 1 se muestran dos vistas de estos satélites. Su masa en órbita es de unos 950 kg y su longitud total de 6,5 m.

El elemento más característico es su telescopio de infrarrojos, que tiene 3,6 m de largo y una apertura de 0,91 m. El satélite gira continuamente, con una velocidad de rotación de 5 a 7 revoluciones por minuto, con el eje de giro apuntando siempre a la superficie terrestre. El telescopio también gira y también está apuntando a la Tierra; pero el eje del telescopio no está alineado con el eje de giro del satélite, sino que forma con él un ángulo de 7,5 grados. Ello hace que el telescopio haga un barrido circular completo de la superficie terrestre a vigilar en cada giro del satélite. Es decir, cada punto concreto de la Tierra es observado aproximadamente cada 10 segundos.

Como elementos detectores de la radiación infrarroja se emplean pequeñas «células» de sulfuro de plomo, cubiertas de un filtro de banda estrecha, que dan su máxima respuesta para la radiación de 2,7 micrones (μm), que coincide justamente con la máxima radiación de los gases de escape de los motores cohetes de los misiles.

El telescopio de infrarrojos lleva en su foco la superficie detectora, formada por 2.000 células de sulfuro de plomo. Cada una recibe y detecta la energía infrarroja emitida por una parcela de la superficie terrestre de unos 6 km². La

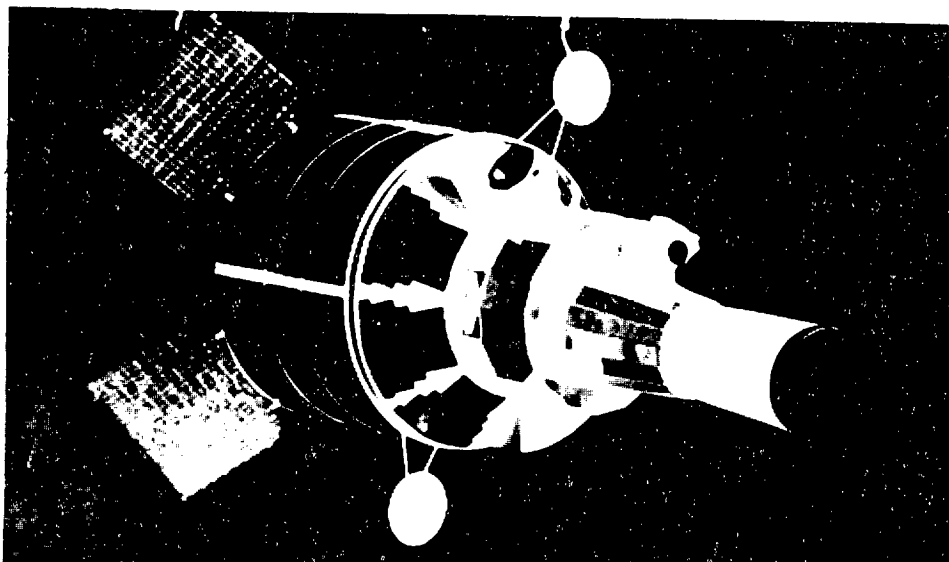
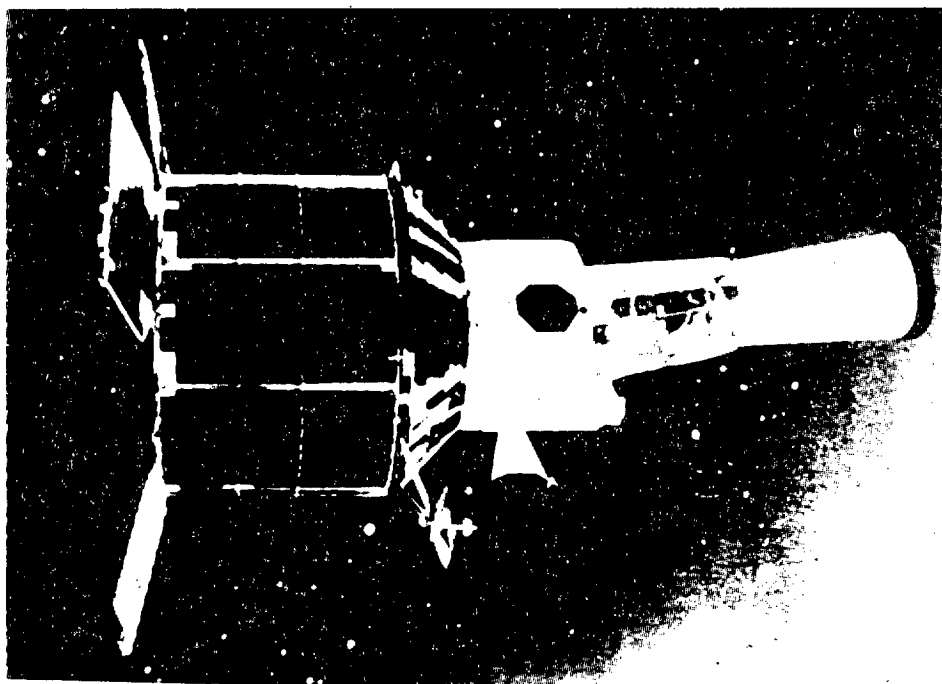


Figura 1.—*Dos vistas de los satélites Dsp, detectores de lanzamientos de misiles.*

tensión de salida de cada célula, que es proporcional a la intensidad de la radiación infrarroja recibida, se transmite independientemente a las estaciones receptoras en tierra, junto con los datos de tiempo e identificación de la propia célula.

La información recogida por el satélite estacionado sobre el océano Índico se transmite a una estación situada en Pine Gap, cerca de Alice Springs en Australia, que está permanentemente en contacto con él. Y esta información se retransmite inmediatamente a los Estados Unidos por medio de satélites militares de comunicaciones. Para los otros 2 satélites de la red se usa una estación situada en Buckley Field en Colorado (Estados Unidos), que recibe directamente las emisiones de dichos satélites.

El problema de las falsas alarmas, al que nos hemos referido repetidas veces, se resolvió con la ayuda coordinada de varios medios. El primero es el filtro que cubre cada una de las células de sulfuro de plomo, que no permite el paso de radiaciones infrarrojas correspondientes a emisores cuyas «firmas» son claramente diferentes a las de un misil.

El segundo medio lo proporciona la rotación del telescopio alrededor del eje de giro del satélite. En cada barrido se detecta el foco productor de la radiación infrarroja y rápidamente puede verse si este foco está quieto o se mueve. Si el foco permanece inmóvil, como es el caso de un incendio, o de la reflexión del Sol en una nube, queda automáticamente descartado.

Por último, si la fuente productora de infrarrojos se mueve, existe un sistema óptico en el satélite, que permite ver la estela o pluma que dejan los misiles mientras funcionan sus motores propulsores. Es una especie de cámara de televisión, que transmite automáticamente imágenes, tan pronto como el telescopio de infrarrojos detecta emisiones sospechosas.

Los satélites Dsp, además de informar del lanzamiento de misiles, pueden determinar la dirección en que se mueven. Es decir, pueden dar información sobre el punto de partida y el azimut con que se ha lanzado el misil. Si tenemos en cuenta que desde cada silo o rampa de lanzamiento sólo pueden alcanzarse objetivos en los Estados Unidos dentro de un cierto abanico de azimutes, este hecho permite descartar como posibles ataques cualquier lanzamiento ejecutado con azimut fuera de este abanico.

La identificación de que un foco de infrarrojos corresponde a un misil se efectúa normalmente antes de que transcurran 2 minutos desde el instante de su salida de la rampa. Como ya hemos indicado, la radiación infrarroja se produce únicamente durante su fase propulsada, mientras los motores cohetes están funcionando. Esta fase viene a durar alrededor de unos 5

minutos. Pero entretanto, las estaciones de radar han sido alertadas y tan pronto aparece el misil por el horizonte de la estación establecen contacto con él y calculan con toda precisión su trayectoria y la zona en que hará impacto.

Centro de operaciones en las montañas Cheyennes

La información de cualquier lanzamiento soviético o chino obtenida por los satélites DSP y la que algo después captan los radares de gran alcance, se transmite inmediatamente al puesto de mando del NORAD (*North American Aerospace Defense Command*), situado en las profundidades de las montañas Cheyennes, en el estado de Colorado.

Allí el comandante en jefe del NORAD, que también es jefe del *United States Space Command*, debe tomar la decisión de si se trata o no de un ataque real contra los Estados Unidos o Canadá. Si la decisión fuera afirmativa, debería informar inmediatamente a las autoridades civiles y militares del país para desencadenar la adecuada reacción.

En las grandes instalaciones construidas en el interior de las montañas Cheyennes se albergan varios centros de operaciones: el *Missile Warning Center*, que centraliza las informaciones sobre lanzamientos de misiles; el *Space Surveillance Center*, que reúne la información de tipo óptico y radioeléctrico recogida por numerosas estaciones distribuidas por distintos puntos de la Tierra y mantiene una vigilancia completa y continua de los satélites y de cualquier objeto en órbita terrestre, el *Air Defense Operations Center*, que concentra la información de la cadena de radares periféricos (los PAVE PAWS), entre otras fuentes de información, para dar la alarma previa ante cualquier ataque aéreo; el *U. S. Civil Defense National Warning Center*, que, en caso de un ataque real, haría sonar la alarma en los circuitos civiles para alertar a la población.

Las instalaciones en las montañas Cheyennes son realmente impresionantes. La idea fundamental de su construcción es conseguir que los elementos básicos (personal y equipos) necesarios para dar la voz de alarma en un ataque de cualquier tipo (misiles, satélites, aviones) se alojan en un lugar seguro. Su construcción se inició en 1961. Y 5 años más tarde, en 1966, empezaron a funcionar.

Las excavaciones efectuadas en plena roca incluyen casi 5 km de túneles y 6 grandes cámaras subterráneas. Tres de estas cámaras tienen unos

175 m de longitud por 18 m de altura y 14 m de anchura. Las otras 3 son un poco más pequeñas. Dentro de estas cámaras se han construido 15 edificios de acero, unidos entre sí por pasarelas flexibles. Los edificios no tocan ni al techo, ni a las paredes de las cámaras. Y en el suelo están apoyados por medio de grandes muelles. Todo ello, y otras muchas medidas auxiliares, tienen por objeto garantizar la supervivencia de estos servicios ante cualquier ataque, incluidas explosiones nucleares en sus proximidades. Sin embargo, esta supervivencia no se puede asegurar si se produce un impacto directo con una cabeza nuclear de gran potencia.

Más de 1.100 personas trabajan en esta Base, la *Cheyenne Mountain Air Force Base*, que, por supuesto, funciona ininterrumpidamente día y noche. En caso de un ataque, la Base puede cerrar sus enormes puertas de acero de casi un metro de espesor y vivir totalmente aislada y de forma autosuficiente durante unos 30 días. Únicamente estaría unida al mundo exterior a través de las comunicaciones. El sistema de comunicaciones es muy variado, complejo y redundante, para asegurar su funcionamiento. Utiliza enlaces de microondas, enlaces a través de satélites, cables de fibra óptica profundamente enterrados durante muchos kilómetros, y otros sistemas militares.

Volviendo nuevamente al caso concreto de la detección de lanzamientos de misiles, debe indicarse que por principio cualquier alarma enviada por un satélite Dsp, indicando que un misil «enemigo» acaba de salir al aire, se considera siempre en el puesto de mando del NORAD como si se tratase de un ataque real a los Estados Unidos o Canadá, y se sigue tratando así hasta que los sucesivos datos recibidos muestren claramente que no es ese el caso.

El autor de estas líneas tuvo ocasión de vivir personalmente esta situación. A finales del año 1989, formando parte de un pequeño grupo de científicos y técnicos de países de la OTAN, estaba visitando las instalaciones de las montañas Cheyennes. Habíamos visitado los distintos centros de operaciones y habíamos recibido explicaciones detalladas, en un ambiente tranquilo y relajado. Pero, cuando empezábamos la visita al puesto de mando del NORAD, la situación cambió bruscamente. Se creó un verdadero zafarrancho de combate y tuvimos que salir inmediatamente de este puesto de mando. Al cabo de unos pocos minutos cesó la tensión, la tranquilidad volvió de nuevo, la visita continuó y en ese momento nos explicaron que habían detectado el lanzamiento de un misil soviético y que habían actuado según las normas previstas. Evidentemente el misil no atacó a los Estados Unidos.

En la figura 2 puede verse la boca del túnel que conduce al interior de la montaña. Y en la figura 3, p. 37 se muestran dos vistas del centro de operaciones, con los operadores atentos a la información en las pantallas.

Vulnerabilidad del Sistema DSP

Si una potencia llegase a la loca decisión de lanzar por sorpresa un ataque con misiles, parece lógico suponer que, un paso previo para conseguir esta sorpresa, sería la de neutralizar previamente y de la forma menos llamativa posible todos aquellos dispositivos enemigos que pudieran descubrir el ataque y dar la alarma anticipada. Y entre estos dispositivos figuraría en primer lugar el Sistema DSP.

El Sistema DSP tiene en principio 2 puntos vulnerables: los satélites, las estaciones receptoras en tierra, el centro de operaciones y las comunicaciones entre los 3 componentes anteriores.

Sobre el centro de operaciones ya hemos explicado las medidas de protección. Sólo el impacto directo y preciso de una cabeza nuclear de gran

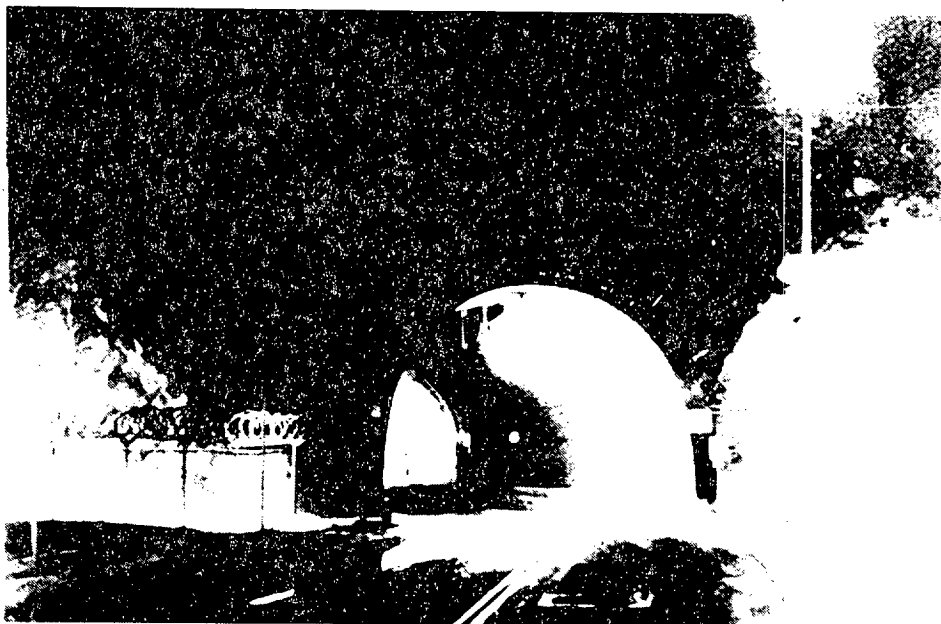


Figura 2.—*Entrada del túnel que conduce al puesto de mando del NORAD, en las profundidades de las montañas Rocosas.*

potencia podría dejarlo fuera de servicio; pero antes de que esto ocurriese ya habría dado la alarma.

Los puntos más débiles son los satélites y las estaciones receptoras en tierra. En el caso de los satélites, se da la circunstancia de que si sus señales se dejasen de recibir en tierra, podría caber la duda de si esta interrupción se debía a la acción del enemigo, o era debida a una avería en el satélite, una avería que pudiéramos llamar natural.

Los satélites son bastante vulnerables. Un impacto directo, aunque sea un objeto minúsculo, tiene grandes probabilidades de dañar algún elemento vital del satélite y dejarlo inoperativo. Pero no es necesario el impacto directo. Iluminado desde tierra con una potente radiación, por ejemplo con un láser, se le puede cegar temporalmente, o incluso dañar ciertos componentes de forma permanente, como pueden ser los sensores de horizonte, que sirven de referencia para que el satélite mantenga la debida orientación en el Espacio, o las células sensoras del propio telescopio de infrarrojos.

De hecho, en el año 1975, el satélite Dsp estacionado sobre el océano Índico detectó una fuerte radiación infrarroja, tan fuerte que prácticamente lo «deslumbró» y lo dejó ciego. El hecho se repitió varias veces durante las semanas siguientes y se empezó a sospechar que los soviéticos estaban ensayando algún sistema para anular a estos satélites. Los soviéticos lo negaron rotundamente. Y tras analizar detenidamente la «firma» de las radiaciones recibidas y estudiar la información fotográfica obtenida por satélites de reconocimiento, se llegó a la conclusión de que las causas habían sido violentos incendios provocados por roturas en gasoductos.

Para reducir en lo posible la vulnerabilidad de los satélites militares en general, y de los que aquí estamos considerando en particular, se han contemplado dos tipos de medidas: unas destinadas a «endurecer» los satélites y otras orientadas a que el satélite «avise» si es atacado.

Entre estas medidas podemos citar:

- Dotar a los satélites de una cierta maniobrabilidad, que les permita maniobras evasivas ante cualquier satélite interceptador.
- Llevar a bordo algún tipo de señuelo, que puedan lanzar para desorientar al atacante.
- Instalar sistemas de protección en el telescopio de infrarrojos, de forma que sus elementos sensibles no puedan ser dañados al ser iluminados por un láser. Entre estas protecciones está la de un obturador, que cierre

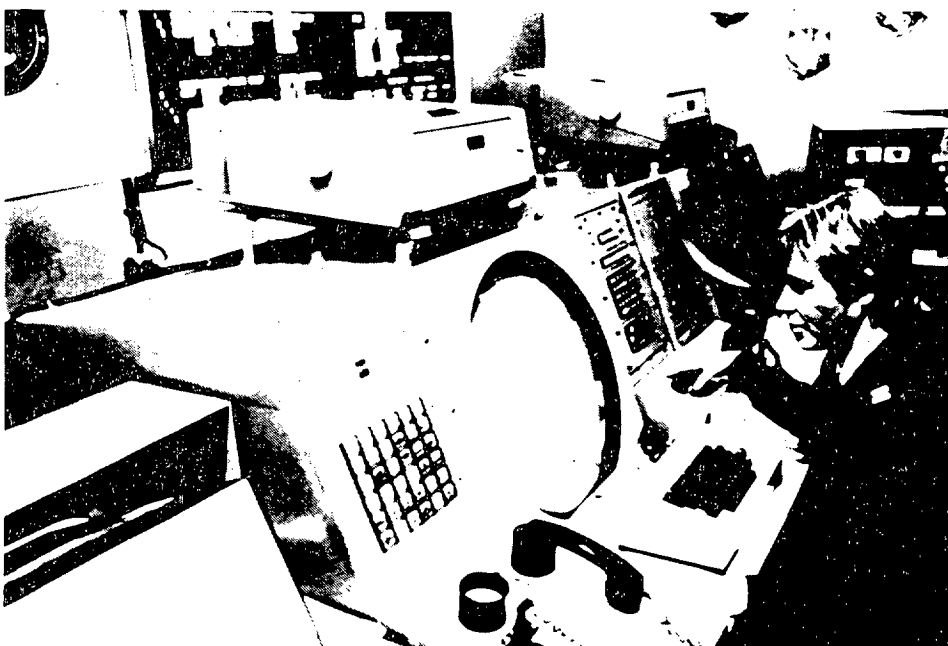
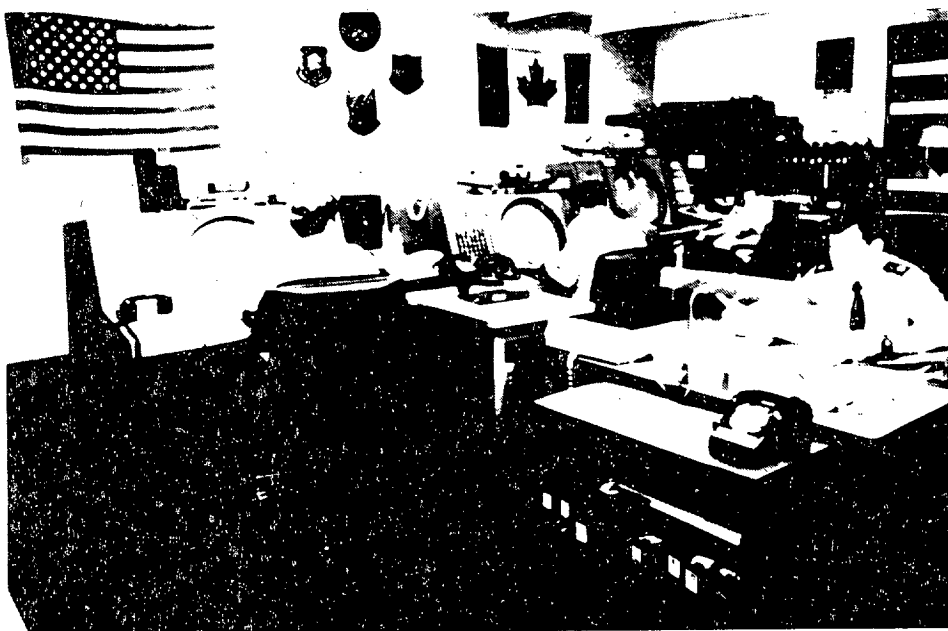


Figura 3.—*Dos vistas del centro de operaciones del NORAD, con los operadores atentos a la información que aparece en sus pantallas.*

automáticamente la entrada del telescopio cuando la radiación incidente supere un cierto valor.

- Utilizar giróscopos como elementos de referencia para fijar la orientación del satélite en el Espacio, que son menos vulnerables que los sensores de horizonte.
- Instalar a bordo sensores de impacto, que informen a tierra de cualquier impacto que sufra el satélite.
- Dotar al satélite del *hardware* y *software* adecuados para que pueda seguir funcionando durante un cierto tiempo y cumpliendo con su misión, aunque las estaciones de tierra hayan sido averiadas o destruidas.

Otro punto débil del Sistema DSP son las estaciones receptoras en tierra. En caso de conflicto, mediante un acto de sabotaje sería relativamente fácil ponerlas fuera de servicio. La solución que se ha dado es construir varias estaciones móviles, montadas en contenedores, que pueden ser transportadas por vía aérea a cualquier punto de la Tierra.

Estado actual del Sistema DSP

Desde el día 5 de mayo de 1971, fecha del lanzamiento del primer satélite Dsp operativo, hasta el 1 de junio del año 1990 se han puesto en órbita un total de 14 satélites Dsp. A lo largo de estos 19 años se ha seguido trabajando en el perfeccionamiento de este tipo de satélites. De hecho, podemos considerar tres generaciones.

La primera comprende los 3 primeros satélites. El peso de cada uno era de 950 kg y el telescopio de infrarrojos llevaba 2.000 células de sulfuro de plomo.

La segunda generación se inicia con el cuarto lanzamiento (12-6-1973) y se extiende hasta el número 13 (29-11-1987). Los satélites son sustancialmente mayores, su peso se ha elevado a 1.675 kg. Se les ha añadido una nueva función: la detección de posibles explosiones nucleares en la atmósfera o en el espacio exterior, es decir, comprobar que no se viola el Tratado de Moscú, firmado en 1963 entre Estados Unidos, Rusia y Gran Bretaña, que prohibía este tipo de pruebas. Para ello se les han incorporado a los satélites Dsp sensores que captan la radiación producida en una explosión nuclear.

En los dos últimos satélites de esta generación se ha introducido una importante modificación en su telescopio de infrarrojos, cuyo número de células detectoras de sulfuro de plomo ha pasado de 2.000 a 6.000. Con estos satélites ha sido posible detectar aviones en vuelo mientras usan la

poscombustión. Y también se ha podido detectar el disparo de misiles tácticos relativamente pequeños, como los usados en la guerra Irán-Irak. De éstos se detectaron más de 150 disparos.

La tercera generación se inicia con el lanzamiento ocurrido el 14 de junio de 1989. Un nuevo tipo de satélite, el *Dsp Block 14*, con un peso total de 2.360 kg fue puesto en órbita geoestacionaria utilizando un cohete impulsor también nuevo, el Titan 4. En la figura 4, p. 40, puede verse el aspecto general del nuevo satélite y sus grandes dimensiones por comparación con la persona que está junto a él. Su longitud total es de 10 m. A lo largo de los próximos años hay previsto poner en órbita 9 satélites de este tipo, por lo menos.

Los satélites *Dsp Block 14* incluyen una serie de mejoras con respecto a los de la segunda generación. Entre ellas podemos citar:

- Se han aumentado sus posibilidades de supervivencia ante una agresión enemiga, incorporando, entre otras, algunas de las medidas indicadas en el apartado «Vulnerabilidad del Sistema DSP», concretamente se ha protegido el sistema detector del telescopio contra la acción de cualquier láser que intente cegarlo desde tierra; se han instalado detectores de impacto en el satélite; se pueden hacer maniobras evasivas para eludir a un posible interceptador; se les ha equipado para que puedan funcionar autónomamente y seguir dando servicio, aunque se interrumpan durante un cierto tiempo sus comunicaciones con tierra, etc.
- Se ha aumentado también la sensibilidad de estos satélites. Se ha adoptado como equipamiento normal el telescopio con 6.000 células de sulfuro de plomo y la capacidad para trabajar en dos longitudes de onda. Recordemos que en los satélites anteriores el telescopio tenía 2.000 células, excepto en los dos últimos, en los que se experimentó con gran éxito el aumento a 6.000 células.
- Se han introducido una serie de mejoras, entre ellas la de aumentar la cantidad de combustible almacenado a bordo, para que su vida útil en órbita sea más larga. En los de la segunda generación la vida útil de proyecto era de 3 años, aunque la vida útil real fue en general bastante más larga, entre 5 y 7 años. En esta tercera generación la vida útil de proyecto se ha fijado entre 7 y 9 años. La vida real tal vez sea muy superior, pero todavía no ha habido ocasión de comprobarlo.
- El sistema de comunicaciones ha experimentado grandes cambios. Para asegurar la recepción en tierra de la información transmitida, caso de que el enemigo intentase impedirlo con medidas interferentes, se les ha dotado de un enlace láser de satélite a satélite, de tal forma, que la

información captada por uno cualquiera de ellos, además de transmitirla directamente a tierra como se hacía antes, la transmite por enlace láser a los otros satélites Dsp, que a su vez la retransmiten a tierra. Con este sistema, una señal de alarma llega a tierra simultáneamente por varios caminos.

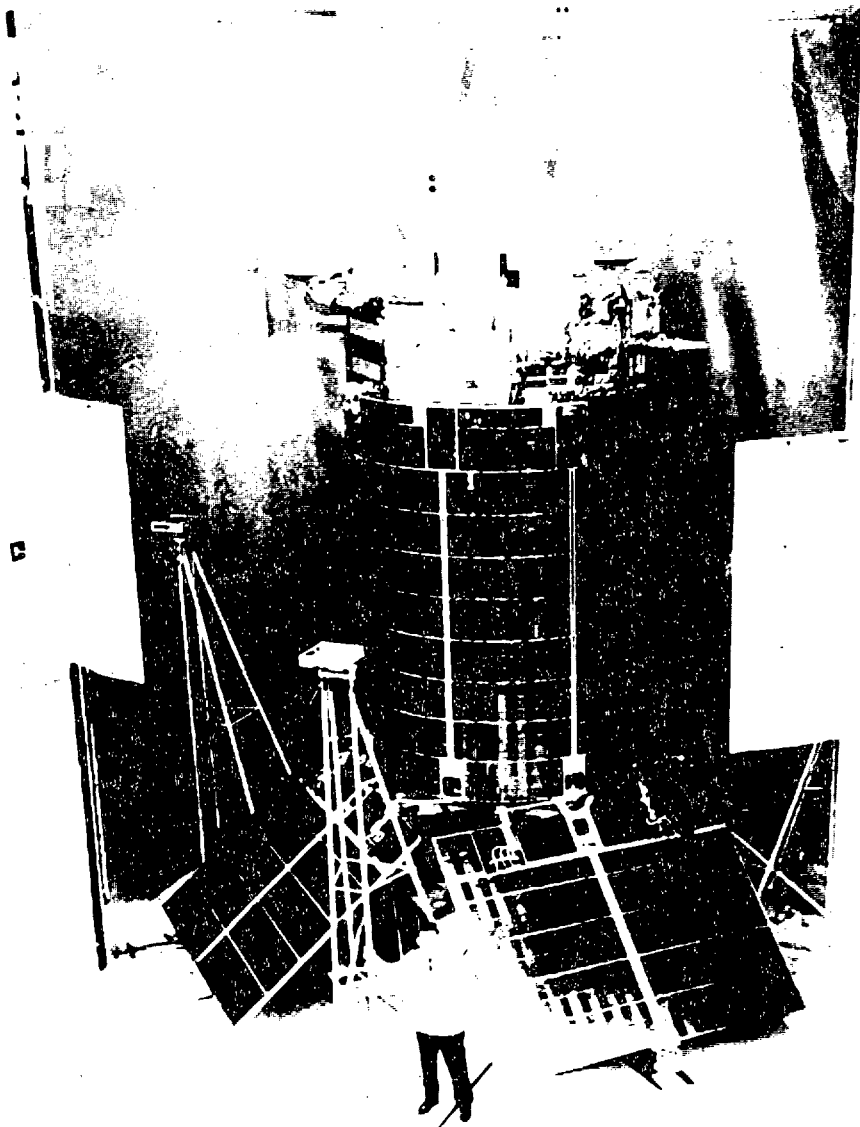


Figura 4.—Vista general del satélite Dsp Block 14, en la que pueden apreciarse sus grandes dimensiones.

Con todo, a pesar de estas mejoras, a pesar de que hay en estudio otras más, como por ejemplo, que el telescopio tenga 24.000 elementos detectores, y a pesar de que hay contratados 9 satélites Dsp *Block 14*, su futuro no está nada claro.

El Sistema DSP y la Iniciativa de Defensa Estratégica (SDI)

La Iniciativa de Defensa Estratégica (SDI) plantea unas nuevas exigencias, que los actuales satélites del Sistema DSP no pueden cumplir.

Como es bien sabido, la misión fundamental del SDI es destruir o neutralizar los misiles enemigos antes de que alcancen sus objetivos. La destrucción o neutralización debe poder realizarse después del lanzamiento, mientras el misil o misiles están camino de dichos objetivos. Y tanto si los lanzamientos se efectúan desde tierra, o desde submarinos.

Las condiciones impuestas a los satélites son básicamente las tres siguientes:

Primera.—Deben ser capaces de detectar cualquier lanzamiento de un misil; de discriminar con toda claridad que se trata realmente de un lanzamiento y no de una falsa alarma producida por causas ajenas a un lanzamiento, y de determinar si el misil representa un ataque real, o es simplemente un lanzamiento de pruebas, o para poner en órbita un satélite, o para cualquier otra misión. Y estas funciones deben de poder hacerlas en un tiempo sustancialmente más corto del que emplean actualmente los satélites Dsp.

Hay que tener en cuenta que la fase más efectiva para destruir las cabezas nucleares que transporta un misil es mientras dura su fase propulsada, ya que, tan pronto termina ésta, el misil empieza a desprender las distintas cabezas y gran número de señuelos, complicando extraordinariamente la misión de las armas defensivas del SDI. La fase propulsada que pudiéramos llamar normal, viene a durar unos 5 minutos; pero, según ciertas informaciones, la Unión Soviética podría reducir sustancialmente este tiempo y dejarlo en unos 100 segundos, con el empleo de propulsores de combustión rápida.

Segunda.—En caso de un ataque real, los satélites deben mantener un contacto ininterrumpido con el misil y proporcionar a otros sensores y sistemas de armas del SDI la información necesaria sobre la situación del misil en cada momento, la trayectoria que sigue y a dónde se dirige.

Tercera.—Y, por último, teniendo en cuenta que estos satélites constituyen una pieza clave en el Programa SDI, deben tener una alta capacidad de supervivencia ante las posibles acciones que el enemigo pueda ejercer contra ellos, tales como láseres de gran potencia instalados en aviones o en satélites, armas antisatélites lanzadas desde tierra, haces de partículas neutras, láseres de rayos X, «minas» en órbita, haces de microondas de gran potencia, efectos de explosiones nucleares, etc.

Es evidente que una protección total es imposible, pero al menos se puede obligar al enemigo a que tenga que emplear medios desproporcionadamente costosos para neutralizar a estos satélites.

Las tres condiciones que acabamos de exponer no se cumplen satisfactoriamente por los actuales satélites Dsp. En especial su telescopio de infrarrojos está orientado siempre hacia la superficie terrestre y no puede seguir a un misil cuando gana altura y, visto desde el satélite, queda fuera del limbo u horizonte terrestre.

Está en fase de estudio un nuevo Sistema de satélites, el BSTS (*Boost Surveillance Tracking System*), especialmente concebido para que cumpla las condiciones anteriores y sustituya en su día al Sistema DSP.

Pero no hay unanimidad de opiniones. Hay quienes estiman que el DSP es un sistema operativo, que ha funcionado muy satisfactoriamente durante casi 20 años y que sería mejor y mucho más barato introducir las modificaciones necesarias en los DSP para que cumplieran las condiciones exigidas por el SDI, que empezar a desarrollar un sistema nuevo, con todas las incertidumbres técnicas que puede plantear y con costes que, según las estimaciones actuales, va a ascender a unos 8.000 millones de dólares.

El Sistema BSTS, de acuerdo con los estudios actuales, podría estar operativo en la segunda mitad de esta década. Sus satélites tendrían también como instrumento principal un gran telescopio de infrarrojos y, además, un sensor con gran ángulo de visión.

Conseguirían una mejor resolución que los DSP y una mayor rapidez para identificar misiles e informar a tierra. Irían dotados de una potente capacidad de proceso de datos a bordo, para que la información transmitida al resto del SDI estuviese adecuadamente elaborada. Tendrían unas protecciones y una capacidad de supervivencia sustancialmente mejores que los DSP. Y, por último, conseguirían una mejor cobertura sobre las regiones polares que los DSP, para lo cual se situarían en otro tipo de órbita. No se ha dado ninguna información sobre el número total de satélites del sistema, pero en cualquier caso será superior a los 3 del DSP.

Hay dos compañías, Lockheed y Grumman, que, cada una por separado, están estudiando detenidamente la configuración y características del BSTS y comparando distintas soluciones técnicas. Pero el futuro de este sistema tampoco está claro.

Dentro del SDI cada vez está tomando más fuerza la idea de los llamados *Brilliant Pebbles*, expresión que podríamos traducir como «piedras inteligentes». Los *Brilliant Pebbles* serían satélites muy pequeños, con un peso inferior a 50 kg, pero dotados de potentísimos medios de cálculo, capaces de efectuar 1.000 millones de operaciones por segundo y de determinar por sí mismos, la velocidad y trayectoria de su blanco. Serían capaces de distinguir entre misiles y señuelos. Estarían situados en órbita en número muy elevado, posiblemente alrededor de 5.000. Y la forma de destruir al misil atacante sería por colisión directa con él, sin emplear ningún tipo de explosivo.

Si se adopta la propuesta de los *Brilliant Pebbles* y cada uno de ellos es capaz de identificar a un misil, calcular su trayectoria y hacer impacto con él, las condiciones que se habían impuesto al Sistema BSTS no tienen por qué ser tan severas. En especial las referentes a la información que debían dar sobre la posición y trayectoria de cada misil. Y si la función de los satélites Bsts dentro del SDI se hace menos crítica, también pueden simplificarse las medidas de protección y supervivencia de estos satélites.

Por último, se acaba de realizar un experimento (abril del año 1990) con resultados en cierto modo sorprendentes, que pueden suavizar todavía más las condiciones que debían cumplir los satélites Bsts. En este experimento se ha comprobado que un misil que cruce la atmósfera a gran velocidad crea una onda de choque, con temperaturas hasta de 6.700 grados, que produce la emisión de radiación ultravioleta.

Es decir, que, aunque se empleen motores con propulsores de combustión rápida y se reduzca la duración de la fase propulsada y en consecuencia el tiempo durante el que se produce la emisión infrarroja, el misil podría seguir siendo detectado por la emisión ultravioleta. Y ello también reduciría las exigencias impuestas a los satélites Bsts sobre la rapidez con que deben detectar a los misiles.

Sistema soviético de Alerta Avanzada

La Unión Soviética dispone también de un sistema operativo de satélites para la detección de misiles, tanto si el lanzamiento de éstos se efectúa desde tierra o desde submarinos. Se basa igualmente en la detección de la

gran cantidad de radiación infrarroja que se produce durante la fase propulsada de los misiles.

Se ha publicado poca información sobre los ensayos previos necesarios hasta que pudieron conseguir un sistema operativo. Parece ser que el primer lanzamiento de pruebas fue el Cosmos 520, puesto en órbita el (19-9-72). A él le siguieron, también con carácter experimental, los Cosmos 606 (2-11-73), Cosmos 665 (29-6-73), Cosmos 706 (30-1-75) y Cosmos 862 (22-10-76).

La fase operativa se alcanza en el año 1977, en que se establece una red formada por 3 satélites. Los lanzamientos que tienen lugar en los años siguientes sirven para reponer a los satélites de la red que van dejando de funcionar.

Es el año 1980 cuando empieza a ampliarse la red anterior. En 1982 queda establecida una nueva red formada por 9 satélites, red que se mantiene hasta el momento actual.

El mantener una red de 9 satélites ha obligado a la Unión Soviética a efectuar una media de 5 lanzamientos por año. Esta cifra tan elevada se ha debido en parte a la vida útil relativamente corta de cada satélite y en parte a que los fallos por problemas en el lanzamiento o situación en órbita inadecuada han sido bastante frecuentes. Últimamente parece que estos problemas se están superando y que la vida útil se va alargando (40 meses en el que fue sustituido el 27-3-90).

Una diferencia fundamental entre las redes norteamericana y soviética es el tipo de órbita en que se sitúan los satélites. Los norteamericanos, como ya hemos dicho, se sitúan en la órbita geoestacionaria. En cambio, la Unión Soviética ha adoptado órbitas de gran excentricidad, con un apogeo de unos 40.000 km, un perigeo de unos 600 km, período de 12 horas y una inclinación de 63 grados con respecto al plano del Ecuador.

La gran ventaja de la órbita geoestacionaria es que desde ella puede un satélite mantener una observación ininterrumpida de casi un hemisferio completo. Pero, la órbita adoptada por los soviéticos, que es la misma que utilizan también para los satélites de comunicaciones tipo *Molniya*, tiene a su vez ciertas ventajas:

- Permite una mejor observación de zonas próximas a los Polos.
- La energía necesaria para situar un satélite en este tipo de órbita es sensiblemente menor que la que haría falta para ponerlo en órbita geoestacionaria, especialmente desde los campos de lanzamientos rusos que están situados lejos del Ecuador, a más de 45 grados Norte.

— Permite que en la parte útil de cada órbita (en la zona del apogeo) el satélite puede observar simultáneamente el continente norteamericano y transmitir directamente la información recogida a la Unión Soviética, sin necesidad de estaciones receptoras situadas fuera de sus fronteras. (Recordemos que los Estados Unidos tienen una estación en Australia).

En una órbita de este tipo el satélite da dos vueltas a la Tierra cada día. La velocidad con que el satélite recorre su órbita es muy desigual, es muy grande cerca del perigeo y mucho más lenta cuando pasa por el apogeo. Esto significa que el satélite pasa la mayor parte del tiempo cerca del apogeo, que es justamente la parte útil de la órbita. Dicha parte útil viene a durar unas 15 horas diarias. En cualquier caso, hace falta disponer de varios satélites, adecuadamente espaciados entre sí, para poder observar de forma ininterrumpida cualquier zona de interés.

Dada la relativa complejidad de este tipo de órbitas, vamos a examinar con detalle un ejemplo concreto, el del Cosmos 1.124, puesto en órbita el 28-8-1979. Los datos se han tomado del trabajo de G. E. Perry titulado *Soviet Early Warning Satellites*, JBIS, 1982.

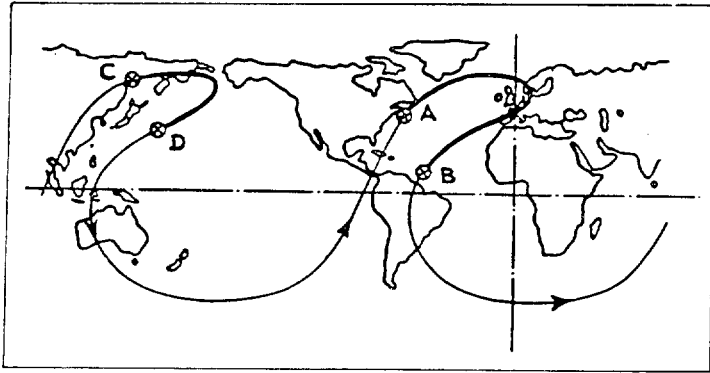
En la figura 5, p. 46, se representa la proyección sobre la superficie terrestre del movimiento del satélite a lo largo de un día completo, movimiento que se repite exactamente en días sucesivos.

La parte útil de la órbita, es decir, cuando puede observar el continente norteamericano y transmitir directamente a Rusia la información recogida, está constituida por los arcos A-B y C-D, marcados con línea más gruesa en la figura 5 (a).

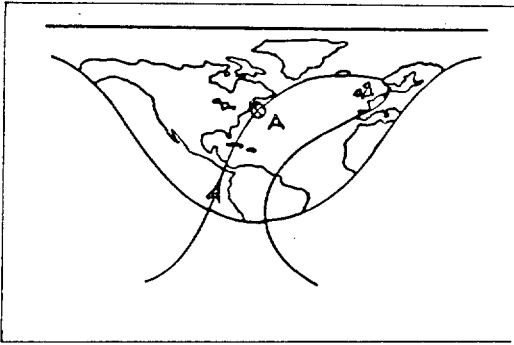
El satélite llega diariamente al punto A, 17 minutos después de cruzar el plano del Ecuador, en su camino ascendente de Sur a Norte. En la figura 5 (b) se representa la porción de la superficie terrestre que el satélite puede ver en ese momento. Y unas 9 horas después, exactamente 9 horas y 9 minutos, el satélite llega al punto B, con lo que determina el primer tramo útil de su órbita. En la figura 5 (c) se muestra la parte de la superficie terrestre visible cuando el satélite está en B.

A partir de este momento ya no se cumple la doble condición antes indicada y entramos en la parte «no útil» de la órbita.

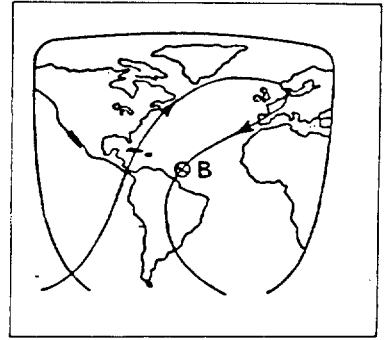
Pero 3 horas y 19 minutos más tarde el satélite alcanza el punto C y se inicia un segundo tramo útil, que dura 6 horas y 9 minutos, hasta que llega al punto D. En las figuras 5 (d) y 5 (e) se muestran, respectivamente, las áreas visibles desde los puntos C y D.



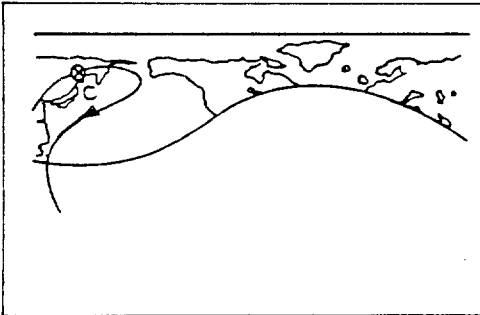
(a)



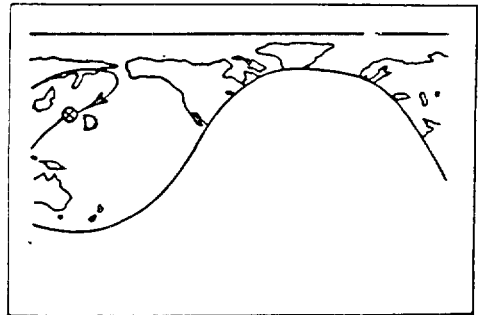
(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 5.—Proyección sobre la superficie terrestre de la órbita que repetía cada día el satélite soviético *Cosmos 1.124*. Las partes «útiles» de la órbita son las comprendidas entre los puntos A y B (8 horas 52 minutos) y entre C y D (6 horas 9 minutos), es decir, unas 15 horas diarias.

Después se entra en otro período «no útil» de 5 horas y 23 minutos, y el ciclo completo vuelve a repetirse cada día.

Para terminar, indicaremos que estos satélites utilizan en sus comunicaciones con las estaciones terrenas la banda de frecuencias de 2.290 a 2.300 MHz, que es justamente la que utiliza la NASA para sus comunicaciones con vehículos destinados a la exploración de los planetas. De hecho, se han producido interferencias en repetidas ocasiones. Teniendo en cuenta que las señales de los satélites Cosmos son unas mil veces más fuertes que las procedentes del espacio lejano, es fácil imaginar quien lleva la peor parte en estas interferencias. No obstante, debe señalarse que en fases críticas de un vuelo, cuando un vehículo NASA iba a pasar cerca de un planeta o de satélite y la información transmitida tenía un valor científico muy alto, los soviéticos, a petición de NASA, se han mostrado muy cooperativos y han aceptado apagar temporalmente las transmisiones de a bordo, para evitar cualquier posible interferencia.