

# Proyectiles antiaéreos dirigidos

Por el Teniente Coronel WILLIAM L. CLAY

## Introducción.

Durante la pasada guerra mundial, la atención de los lectores de artículos sobre proyectiles dirigidos estuvo concentrada casi exclusivamente en los cohetes alemanes V-1 y V-2, concebidos para la ofensiva y empleados en ella. Aunque estos ingenios de propulsión cohete no eran proyectiles dirigidos, en el verdadero sentido de la palabra, puesto que no se ejercía acción directora alguna después de su lanzamiento, representaban el primer paso que se daba en el camino de obtención de esas armas. Finalmente, se trató de completarlos con una dirección automática. Especialmente en el caso de la V-2, los informes sirvieron al menos para mostrar la complejidad de los problemas de ingeniería con que se tropieza en los trabajos de obtención de armas de este tipo. Estas dificultades quedan también puestas de manifiesto ante la consideración de que en Alemania fueron necesarios aproximadamente diez años de investigaciones continuadas, con sus trabajos experimentales consiguientes en el campo de la propulsión, de la dirección y del aerodinamismo. Sin embargo, los resultados obtenidos fueron costosos, escasos en carga explosiva y de inexactitud en el impacto.

Alguno de los artículos publicados en el «Coast Artillery Journal» ha hecho resaltar la naturaleza de las investigaciones para la obtención de los proyectiles dirigidos, particularmente en lo que se refiere a un proyectil antiaéreo de esta especie, que para que tenga eficacia ha de tener un sistema de di-

rección automática, gran precisión y relativo largo alcance.

Por razón del secreto militar, los conocimientos del arma han sido poco divulgados. Una descripción general, como la que actualmente nos ocupa, nos pondría en frente de los complicados problema de ingeniería, a resolver en la investigación y en el desarrollo del programa constructivo. Pero antes de analizar los componentes del arma, será interesante comentar brevemente las razones que motivaron las actividades alemana y americana en el proyecto y construcción de proyectiles dirigidos.

## Orientación de las investigaciones.

En el programa de armamentos alemán, la actividad en la obtención de proyectiles dirigidos fué influenciada grandemente por las vicisitudes de la guerra. Aunque las experiencias empezaron en 1930, el proyectil dirigido no hizo su aparición hasta mediados de 1943. En esta época los alemanes empezaron a emplear bombas radiodirigidas a distancia próxima mediante observación visual. Fueron orientadas, como es sabido, contra la navegación aliada. El aparato de aviación director permanecía fuera del alcance del fuego antiaéreo de los buques. En esta fase de la guerra los alemanes tuvieron la iniciativa, y por tanto, los trabajos de la búsqueda del arma fueron orientados en el sentido «aire-contra-superficie».

Conforme la guerra avanzaba la agresivi-

dad aérea alemana decrecía, y llegó la Aviación germana a ser incapaz de utilizar de un modo eficaz sus bombas dirigidas. También falló la tentativa de arrasar a Inglaterra (concentrarla) «hasta el sometimiento», dado lo eficaces que llegaron a ser las defensas inglesas aéreas y terrestres. Como resultado de esto, el esfuerzo alemán se orientó, en cuanto a proyectiles especiales se refiere, en sentido «superficie-contrasuperficie», de tal modo que el empleo de aquéllos les permitiese llevar a cabo un bombardeo estratégico a larga distancia. Del desarrollo del programa que siguió salieron las V-1 y V-2, que fueron empleadas a mediados de 1944.

Como los bombardeos aliados aumentaron en frecuencia y eficacia, el estudio de proyectiles dirigidos contra ellos pasó a primer término. Se produjeron en muy corto número, y ninguno llegó a ser empleado en la batalla. Su eficacia fué muy limitada por ser guiados probablemente a la vista por un radiocontrol a distancia. Esta investigación sobre proyectiles dirigidos fué suspendida en 1945 por falta de mano de obra y de material... Puede verse cómo las vicisitudes de la guerra tuvieron un acusado efecto en la orientación de la investigación alemana.

En los Estados Unidos, la búsqueda de un proyectil dirigido fué empezada, durante la guerra, en los laboratorios de universidades civiles. La parte industrial adicional al trabajo de laboratorio se emprendió bajo el patrocinio del Consejo de Investigación y Desarrollo Científico de la Defensa Nacional. Pronto se conoció que se estaban dando los primeros pasos en un nuevo e importante camino de las armas. En 1944 se hicieron experimentos de cierta envergadura, consiguiéndose gran adelanto en cuanto se refiere a la dirección, aerodinamismo, propulsión, combustibles y materiales a propósito para ser empleados a altas temperaturas. La investigación se orientó en un principio hacia la obtención de armas de «aire-contrasuperficie», las célebres bombas volantes, guiadas por remoto radiocontrol, utilizando bien sea el contacto visual con el blanco o bien la televisión.

Ahora se asegura, sin embargo, que se dedica un esfuerzo considerable a la obtención de otros tipos de proyectiles, de tal modo que se esté preparado de forma adecuada

para futuras contingencias. Veremos en las líneas que siguen una descripción general de los componentes de aquéllos y las limitaciones encontradas en la obtención de nuevos tipos.

### Proyectil antiaéreo dirigido.

El último objetivo de los trabajos de investigación es la obtención de un proyectil que pueda ser dirigido durante su vuelo, con la precisión suficiente para asegurar gran probabilidad de destrucción de los bombarderos capaces de gran altura y alta velocidad. Las defensas utilizadas en el presente contra ellos, consisten en grandes cañones antiaéreos móviles, cuya precisión está muy limitada por el largo tiempo de duración de las trayectorias de sus proyectiles para esas grandes alturas del blanco. El tiempo de trayectoria del proyectil puede ser reducido solamente a costa de un incremento en la velocidad inicial; pero es muy poco probable que este factor pueda ser aumentado suficientemente considerando el estado actual de proyectismo de la artillería. Por tanto, es esencial un proyectil del género de los dirigidos, para proporcionar cubierta y protección contra esos bombardeos desde gran altura, contra los que los cañones resultan tan poco eficaces.

El problema que han de resolver los proyectiles es, pues, la defensa contra esos ataques aéreos a gran altura con aviones de gran capacidad de maniobra; aparatos que vuelan a cotas comprendidas entre los 6.000 y 20.000 metros y a velocidades de 600 a 1.000 kilómetros por hora. Pudiera parecer exagerado el tope máximo de estas cifras, pero se ha sabido recientemente que la Air Force prueba bombarderos pesados tales como el B-47 «Stratojet», capaces de velocidades superiores a los 900 kilómetros por hora y para alturas de más de 10.000 metros.

Y puesto que la consecución de un tipo de proyectil antiaéreo dirigido eficaz tardará por lo menos varios años, y en ellos ha de mejorar también la Aviación, habrá que pensar en hacer con él frente a los aparatos del futuro más que a los del presente.

Con estos comentarios sobre los objetivos perseguidos, pasemos a describir brevemente, hasta donde lo permite el secreto mili-

tar, los componentes del proyectil dirigido de acuerdo con la siguiente clasificación:

- a) Aparato de lanzamiento.
- b) Carga adicional de proyección.
- c) Proyectil en sí.
- d) Equipo de control en tierra.

Los tres primeros pueden verse en el diseño representativo de los modelos empleados en las experiencias. El cuarto está compuesto por aparatos radar «directores de tiro» y calculadores semejantes a los usados en los equipos de las baterías antiaéreas en servicio durante la pasada segunda guerra mundial.

a) *Aparato de lanzamiento.*—La primera función que debe desempeñar este aparato es proporcionar una guía inicial durante el período de aceleración o de disparo, hasta tanto que el sistema proyectil-carga adicional se «estabilice» en vuelo; después se ejercerá el control y dirección por el aparato consiguiente. El tipo de aparato de lanzamiento a emplear debe cumplir con las condiciones dichas, y además ser de tamaño tal que lo haga transportable. Esta última condición elimina el uso de rampas inclinadas y de torres verticales fijas. Una solución es que el citado aparato tenga dos o más carriles de guía vertical que acomoden la car-

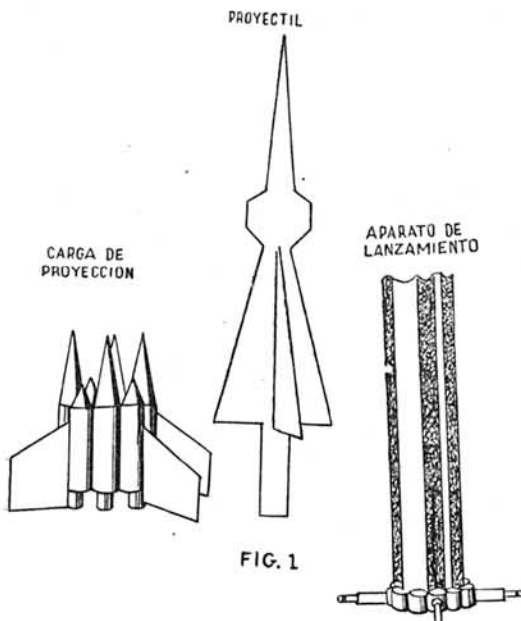


FIG. 1

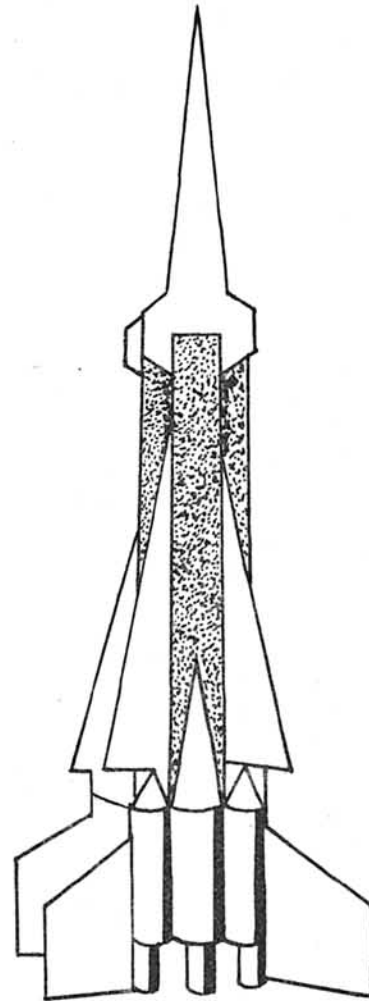


FIG. 2

ga de proyección adicional y el proyectil y proporcionen la conducción necesaria durante la parte inicial de la trayectoria. Los componentes antes mencionados, montados en el aparato de lanzamiento, pueden verse en la figura 2. Aunque no se han construido aún aparatos móviles de esta especie, el problema de montar estos ligeros carriles-guía sobre una plataforma móvil no parece que sea de difícil solución. Así, pues, el aparato o soporte de lanzamiento consistirá en unas canales-guías verticales montadas sobre una base transportable de tamaño suficiente para contener el proyectil y la carga adicional de proyección durante su ascensión vertical.

b) *Carga adicional de proyección.*—Puede ser definida como un sistema de propulsión por reacción que proporcione el impulso necesario para acelerar el proyectil hasta que tenga la velocidad deseada. Puesto que el cartucho o recipiente de esta carga llega a ser una carga muerta, una vez que se agota su contenido, debe desprenderse del proyectil en el momento pertinente. En la práctica parece ser que esta carga adicional de proyección (independiente de la que impulsa directamente al proyectil) consiste en uno o más cohetes colocados de tal modo que den al proyectil un impulso adicional en sentido axial y durante un tiempo que oscila entre 0,5 y 5 segundos, y que pueden desprenderse, como queda dicho, una vez que el proyectil adquiriera la velocidad deseada. La experiencia ha demostrado que si se precisa obtener un violento impulso en un corto tiempo, la propulsión por cohete es mejor que la que puede proporcionar un motor de combustible líquido, y, sobre todo, y esto es lo más importante, de mucho menos peso.

El número y tamaño de los cohetes que componen la carga de proyección depende del impulso requerido para el lanzamiento del proyectil. Para calcular este impulso hay que barajar: 1.º, masa total (proyectil más carga de proyección), que ha de ser acelerada; 2.º, velocidad media durante esta fase de lanzamiento; 3.º, tiempo que tarda en arder la carga. Siendo muy variables estos datos, la carga también variará entre límites muy amplios. Sin embargo, en todos los casos se necesitará una gran aceleración inicial para que la estabilidad proporcionada por las aletas sea la necesaria también para reducir el tiempo invertido en vuelo a velocidades subsónicas, durante el cual el arrastre es excesivo, y para atravesar la zona transónica, donde es imposible conseguir estabilización de la trayectoria por las aletas.

La valuación del impulso total seguido en cada caso sirve como base para proyectar los cohetes componentes de la carga de proyección. Hasta el presente ha sido bastante difícil conseguir el impulso necesario con un solo cohete. Sin embargo, para el futuro las perspectivas son halagadoras en este sentido. El principal inconveniente de usar un

solo cohete es la longitud requerida para éste, que hace que la del conjunto proyectil-carga sea excesiva y de difícil manejo. Aunque se puede obtener un impulso suficiente usando la combinación de dos o más cohetes, el peso y la complejidad de la carga aumentan considerablemente. Además, la carga de cohetes múltiples se presta a originar más dispersión a causa de las diferencias de los impulsos que proporcionan los cohetes componentes. En este sentido, de la fabricación de cohetes completamente iguales, trabajan intensamente los ingenieros. El factor tiempo es de suma importancia, y la carga adicional de proyección hace tomar al proyectil en corto tiempo una velocidad mucho mayor que la que le proporcionaría sólo el explosivo de su cohete propio. La envoltura de la carga adicional, al desprenderse, una vez realizada su función, produce en el proyectil una disminución de peso, aumentándose así la aceleración inicial. Es esencial que el peso del proyectil se reduzca al mínimo para que puedan obtenerse aceleraciones transversales, a grandes distancias, con relativamente pequeñas fuerzas de dirección.

c) *Proyectil.*—Puede definirse como un cuerpo sumamente aerodinámico estable a velocidades subsónicas y supersónicas y capaz de ser dirigido de tal modo que pueda interceptar y destruir un veloz blanco aéreo. El proyectil se compone de tres partes principales: 1.ª Un cohete propio capaz de impulsarlo a velocidad supersónica durante un prolongado tiempo; 2.ª Un equipo interno de control que haga al proyectil ejecutar las órdenes que se le den y pueda seguir así una trayectoria determinada hacia el blanco; y 3.ª Una cabeza de combate capaz de efectuar una acción altamente destructiva. En el estado actual del proyecto puede estipularse que para que se reúnan todos estos componentes de manera eficaz, se precisa un peso de proyectil de por lo menos 1.000 libras. Una breve exposición de cómo son estos tres componentes completará la descripción del proyectil en sí.

I. *Sistema propulsor.*—A causa de las altas velocidades requeridas para la aplicación con éxito del proyectil antiaéreo dirigido, es necesario dotarlo de un sistema propulsor, bien sea de propulsión por chorro, bien sea

de cohete (1), capaz de hacer tomar al proyectil una velocidad supersónica. Se precisa una fuerza impulsora capaz de ponerle a velocidad superior a 1.500 millas por hora (2.400 kms.-h.).

Entre las propulsiones por chorro está el «ramjet» (impulsor por efecto «ram»). Se clasifica como un «thermo jet» (termo impulsor) sin compresor ni turbina, puesto que se obtiene la alta presión necesaria para la combustión por medio de un difusor y el propio aire de la marcha, en lugar de emplearse aparato mecánico alguno. Es el llamado estado-reactor por los franceses. La energía cinética de la corriente de aire a gran velocidad que entra por la ojiva del proyectil se convierte en presión para la combustión por medio de ese difusor (a esto se le llama efecto «ram»).

El combustible se mezcla con el aire comprimido en una cámara de combustión, y los productos resultantes se expelen a través de una tobera por la cola del proyectil. La propulsión por estado-reactor es especialmente conveniente para mantener una alta velocidad durante un corto tiempo. Con este procedimiento, obteniendo oxígeno de la atmósfera a bajas cotas de vuelo para mantener el proceso de combustión, la economía de peso al despegue es considerablemente menor que en el caso de utilizar propulsión por cohete propiamente dicho, que tiene que transportar además el comburente, pero no puede salirse de la atmósfera inferior. Las principales desventajas de la propulsión por reactor (no cohete) son: a) La dependencia del oxígeno del aire, que limita la máxima altitud operativa a menos de 60.000 pies; b) El funcionamiento del sistema necesita una velocidad mínima inicial de 350 millas por hora para que se provoque el efecto «ram» y el automatismo, y, por tanto, un proyectil con propulsión por reactor debe ser disparado con una carga auxiliar que le haga tomar tal velocidad inicial hasta que empiece el funcionamiento automático del motor propiamente dicho.

El segundo tipo de carga de impulsión

(1) Recordaremos que cohete es únicamente el que puede funcionar fuera de la atmósfera, comportando no sólo el combustible, sino el comburente.

usado en la actualidad es el cohete de combustible líquido. En vez de los combustibles sólidos utilizados en la carga de proyección auxiliar, se usa la propulsión con combustibles líquidos, porque se necesita normalmente un lapso de tiempo mayor de treinta segundos. Se emplea la mezcla de uno o más líquidos propulsores en una cámara de combustión a presión constante. La ignición en algunos casos es espontánea, pero siempre que es preciso se emplea el correspondiente dispositivo de encendido. Los productos de esa combustión son expelidos como un chorro, a gran velocidad, por la culata o cola del proyectil. Aunque el consumo específico en los cohetes es sumamente alto (aproximadamente, seis veces del gastado en la propulsión por chorro), resulta su peso bastante reducido y apto para ser empleado en aplicaciones que exijan corta duración. La acción del cohete motor no está afectada por la altura, puesto que una de las materias propulsoras cede oxígeno, que alimenta la combustión, haciendo de comburente. Para obtener buen funcionamiento del proyectil, la velocidad de traslación ha de ser relativamente alta; mayor que la velocidad mínima del automatismo del motor. Puesto que los actuales la tienen de cerca de 1.850 metros por segundo, la velocidad de vuelo debe ser superior a 6.500 kilómetros por hora. El cohete propulsor se utiliza para proyectiles dirigidos que necesiten gran velocidad, dentro y fuera de la atmósfera terrestre.

II. *Cabeza de combate.*—El proyecto de la cabeza de combate para proyectiles anti-aéreos dirigidos está aún en estudio, y, por tanto, la discusión de los tipos específicos está limitada por razón del debido secreto militar. Sin embargo, algunos comentarios generales sobre este componente del proyectil indicarán la naturaleza del problema a resolver por los técnicos.

Lo primero de él es lo concerniente al peso de esa cabeza de combate; por el momento, su relación con el total del proyectil es muy pequeña. Téngase en cuenta que el primer problema es obtener un proyectil que pueda ser guiado con la suficiente precisión para interceptar el blanco. Ya cuando esto se haya conseguido se insistirá en la reducción del peso de la estructura general del arma, de su equipo de control y de otros componentes en beneficio del que quede para

la cabeza explosiva o de combate. En la V-2 ésta era el seis y medio por ciento del peso total del proyectil, y ya desde entonces se ha incrementado mucho.

El segundo problema es la determinación del óptimo momento de explosión. Al ser el tamaño de la cabeza de combate relativamente pequeño y el blanco de reducidas dimensiones, debe estudiarse mucho cuál es el mejor momento para que explote el proyectil con las máximas probabilidades de destrucción del blanco. Esta necesidad determina que la detonación de la cabeza explosiva se produzca automáticamente por algún artificio instalado en el proyectil mismo o en el equipo de control en el terreno.

Para el proyecto de las cabezas de combate ha de tenerse en cuenta la evolución de los aparatos de Aviación. Con los que se proyecte ha de mirarse destruir los aviones del futuro.

III. *Equipo interno de control.*—La complejidad y perfección del equipo interno de control del proyectil dependen primeramente del tipo de conducción desde tierra empleado. Sin embargo, algunos componentes son comunes a todos los proyectiles o aparatos de experimentación, y éstos serán mencionados brevemente. Uno de ellos es un radioreceptor, necesario para que el proyectil pueda recibir las señales u órdenes de control que se le transmitan desde el suelo. Este receptor tendrá uno o más amplificadores para dar a la señal recibida la debida intensidad. Esta señal amplificada actuará sobre un «servo», que moverá las aletas o timones exteriores. Se necesita también una fuente interior de energía eléctrica. Algunos proyectiles dirigidos llevan un emisor que transmite señales al aparato radar instalado en tierra; éste los localiza en todo momento de igual modo que localiza al blanco, y permite así que el proyectil sea llevado sobre él aun a los mayores alcances. Estos componentes deben ser llevados por el proyectil, y, por tanto, deben estar proyectados para funcionar sometidos a grandes variaciones de presión y temperatura y para soportar las grandes aceleraciones que toma al entrar en las capas superiores de la atmósfera.

d) *Equipo de control en tierra.*—Pueden a grandes rasgos agruparse en dos tipos es-

tos sistemas de control para proyectiles antiaéreos:

1. «Beam Rider» o Rayo Guiador.—Este sistema emplea un radar para marcar la trayectoria del blanco. El proyectil debe ser lanzado verticalmente para interceptar el rayo reflejado por aquél. Entonces el equipo de control del proyectil actúa de tal modo en aletas y timones, que lo mantiene constantemente en ese rayo reflejado por el blanco hasta que se produce la destrucción de éste. Para más garantía lleva el sistema un aparato busca-blanco, que hace más precisa la última parte de la trayectoria. Utilizándose este sistema, el proyectil sigue una trayectoria muy curva y se precisa la propulsión por estado-reactor, más económica en combustible.

2. Sistema Mando.—Emplea este sistema dos aparatos radar, uno que sigue la derrota del blanco y otro la del proyectil. El dato «posición actual» se introduce automáticamente en un calculador que convierte la información en órdenes para los timones de aquél. También con este sistema se lanza el proyectil vertical hacia las capas superiores de la atmósfera y después curva hasta encontrar la trayectoria al blanco. Al cruzar capas de aire de menos densidad, el proyectil adquiere mayor velocidad con el mismo gasto de combustible. La mayor parte del equipo director está instalado en tierra, y por tanto, al ser menor el que lleva el proyectil, permite a éste tener más espacio disponible para combustible y para la cabeza de combate.

Ambos sistemas descritos son complejos, y los problemas de ingeniería relativos a ellos presentan sin duda muchas dificultades antes de que sean resueltos. Sin embargo, se cree que uno de ellos será el que, una vez conseguida la precisión necesaria, se use con garantías de destrucción de un blanco aéreo.

### Conclusión.

Se cree que la descripción del proyectil dirigido, que antecede, hará conocer en esquema los componentes de esta arma, que tanto aumentará la eficacia de la defensa antiaérea, una vez resueltos los complejos problemas que se presentan.

El proyectil dirigido será sin duda imprescindible para batir los veloces bombarderos

y otros grandes cohetes de ataque que se proyecten en los centros dedicados a su investigación.

**Notas del traductor.**

Como complemento de la traducción que presentamos conviene dar una noticia sobre los nuevos cohetes probados últimamente en los Estados Unidos, en Aberdeen (Maryland), donde han sido realizadas el 80 por 100 de las pruebas preliminares al proyecto en firme de los supersónicos y otras armas secretas. Seis mil seiscientas personas, militares y civiles, trabajan en estos proyectos y experiencias.

Uno de los cohetes nuevos es el llamado Madre e hija: «Mother and daughter», con más de 900 kilómetros de alcance. Es un cohete V-2, con otro del tipo «WAC Corporal», colocado en el sitio de la cabeza de combate del primero. Este «WAC Corporal» es el primer americano de gran altura, capaz de elevarse por sí mismo a unos 111 kilómetros; pesa unos 300 kilogramos.

El «Madre e hija» podrá alcanzar alturas de varios cientos de millas; el cohete V-2 sólo (sin el «WAC Corporal») llegaría sólo a 900 kilómetros. El alcance horizontal actual de las V-2 es de 463 kilómetros. El de

tipo «WAC Corporal», que anteriormente se disparó en América, llegó a 211 kilómetros.

Parece ser que este sistema «Madre e hija» no se orienta por el momento para fines militares, sino de exploraciones meteorológicas; pero será muy útil para conseguir datos para el estudio del vuelo de estas armas a través de las capas superiores del aire.

Se trabaja también en un cohete llamado «Martin Neptune», que estará listo muy en breve para nuevas pruebas. Es un proyectil construido para ser lanzado incluso desde buques; sube verticalmente 370 kilómetros y tiene un alcance horizontal de 740 kilómetros.

El doctor R. H. Kent, director de los «túneles de corriente supersónica» de los Estados Unidos, manifestó recientemente que es muy factible, con dinero suficiente, construir un proyectil satélite de la Tierra en un plazo de unos cinco años.

El doctor Delasso, otro de los profesores dedicados al estudio de proyectiles dirigidos, manifestó que los 370 kilómetros de alcance, ya conseguidos fácilmente para éstos, les hace magníficos y eficaces portadores de carga atómica en sus cabezas de combate.

A continuación se acompaña un gráfico de trayectorias, de proyecto y ya corregidos, para los proyectiles-cohete dirigidos.

(Traducción del Capitán de Corbeta CARLOS MARTINEZ-VALVERDE.)

