



El impacto estratégico de las armas hipersónicas

RESUMEN

La estrategia militar está sujeta en gran medida a la tecnología que tiene disponible como medio para alcanzar sus fines. Desde inicios de la Guerra Fría, el ajedrez de la estrategia y la disuasión nuclear se ha jugado prácticamente con sólo dos piezas: los Misiles Balísticos Intercontinentales y las armas de destrucción masiva, en particular, las bombas nucleares. Actualmente, la tecnología militar está buscando actualizar y reemplazar la primera de estas piezas.

Países como Estados Unidos, Rusia y China, entre otros, están hoy envueltos en una nueva carrera armamentística para desarrollar armas hipersónicas, cuyas altas velocidades y capacidades de maniobra las convierten prácticamente invulnerables a los sistemas de defensa anti-misiles actuales. De lograr un desarrollo e implementación operacional en los próximos años, así como un efectivo marco de control y no proliferación, las armas hipersónicas pueden convertirse ya sea en un sólido refuerzo a la disuasión nuclear y la paz internacional o en el agente de desestabilización más peligroso de los últimos 70 años.

Palabras clave: armas hipersónicas, tecnología hipersónica, misiles balísticos, disuasión nuclear, estrategia militar, tecnología militar, guerra, guerra moderna, defensa.

ABSTRACT

Military strategy is greatly tied to the technology it has available as a medium to fulfill its ends. Since the beginning of the Cold War, the chess game of strategy and nuclear deterrence has been played almost exclusively with only two pieces: Intercontinental Ballistic Missiles and weapons of mass destruction, particularly, nuclear bombs. Today, military technology is seeking to update and replace the first of these pieces.

¹ Es Licenciado en Historia por la Universidad de Maryland, Estados Unidos, graduado con honores *Summa Cum Laude*; Maestría en Estudios de Guerra por King's College London, Londres, Reino Unido. Es catedrático de la Universidad Anáhuac México, Campus Norte, CDMX, México e Investigador Externo del Instituto de Investigaciones Estratégicas de la Armada de México.



Nations such as the United States, Russia and China, among others, are currently involved in a new arms race to develop hypersonic weapons, whose high speeds and maneuverability capabilities make them practically invulnerable to current anti-missile defense systems. If these weapons achieve development and operational implementation in the upcoming years, as well as an effective control and non-proliferation frame, hypersonic weapons could either become a solid reinforcement to nuclear deterrence and international peace or the most dangerous agent of destabilization of the last 70 years.

Key words: hypersonic weapons, hypersonic technology, ballistic missiles, nuclear deterrence, military strategy, military technology, war, modern warfare, defense.

INTRODUCCIÓN

Desde inicios de la Guerra Fría, la gran escala de la estrategia militar ha sido dominada por la disuasión nuclear y su subsecuente doctrina de Destrucción Mutua Asegurada. Tras décadas de carreras armamentísticas y el reloj del juicio final (Doomsday Clock, como se le conoce en inglés) más cerca de la medianoche que nunca, la amenaza nuclear pareció desaparecer junto con la caída de la Unión Soviética.

Sin embargo, aunque anticuados, los arsenales nucleares tanto soviéticos como estadounidenses han sobrevivido el paso de los años y continúan jugando su papel como agentes de disuasión hasta el día de hoy. Conforme más naciones se han hecho de arsenales nucleares y los sistemas de defensa anti-misiles se han vuelto más prominentes y efectivos, la tecnología militar finalmente busca explorar nuevos horizontes que permitan a toda aquella nación con la suficiente capacidad intelectual, económica y militar, obtener una ventaja estratégica sobre sus rivales.

La tecnología en cuestión es la tecnología hipersónica, que, como su nombre lo indica, busca desarrollar misiles y vehículos capaces de alcanzar velocidades hipersónicas sostenidas que complementen, y eventualmente replacen, a los Misiles Balísticos Intercontinentales (ICBMs por sus siglas en inglés) utilizados actualmente por la mayoría de las potencias nucleares.

De lograrlo, las armas hipersónicas, cuyas características les permiten superar los sistemas de defensa anti-misiles actuales, podrían romper el estancamiento estratégico y nuclear que ha dominado el escenario internacional desde finales de la Segunda Guerra Mundial y con ello, iniciar una nueva carrera armamentística que amenace con desestabilizar el *status quo* internacional.

De tener éxito en su desarrollo e implementación operacional, las armas hipersónicas podrían abrir un nuevo capítulo en la estrategia y geopolítica internacional. Durante décadas, el conflicto de alta intensidad entre las grandes potencias se ha considerado como impensable debido al riesgo de que dicho conflicto escale a un



intercambio nuclear, el cual podría tener efectos devastadores no sólo para los actores involucrados, sino para la humanidad en general.

Este fenómeno de disuasión nuclear ha sido, en gran medida, el responsable de la relativa paz que ha habido entre las grandes potencias desde finales de la Segunda Guerra Mundial. A pesar de que naciones como Rusia y actores no estatales han recientemente logrado llevar a cabo invasiones regionales y operaciones militares menores sin haber desencadenado un intercambio nuclear, la disuasión nuclear sigue permeando significativamente la toma de decisiones de grupos y naciones.

Este documento de análisis explicará cómo la tecnología hipersónica puede revolucionar por completo las dinámicas de la disuasión nuclear en los próximos años. Para hacerlo, primeramente, exploraremos el origen de las armas hipersónicas y sus características técnicas principales.

Después analizaremos la relevancia de las armas hipersónicas a través de una detallada examinación de los sistemas de defensa anti-misiles actuales y cómo la tecnología hipersónica interactúa y afecta a los mismos.

Posteriormente analizaremos el impacto estratégico de las armas hipersónicas. En esta sección conoceremos más a fondo los efectos actuales y futuros que se originan a partir de esta tecnología. Evaluaremos los riesgos, amenazas y capacidades tanto ofensivas como defensivas de estas armas. A pesar de que algunas de las dinámicas presentadas en este capítulo son previsibles con alto grado de certidumbre, otras presentan escenarios contradictorios entre sí mismos y que posiblemente sólo se podrán definir empíricamente hasta que se desenvuelvan por sí mismos.

Finalmente, analizaremos el impacto de esta tecnología para México y las dinámicas que rodean la defensa del país frente a esta nueva amenaza.

¿QUÉ SON LAS ARMAS HIPERSÓNICAS?

Las armas hipersónicas son misiles o vehículos capaces de viajar a velocidades superiores a al menos cinco veces la velocidad del sonido (Speier, 2018). La velocidad del sonido se mide a través de la unidad conocida como Mach. Un Mach representa la velocidad del sonido al nivel del mar, la cual equivale a 1,236 kilómetros por hora (Smith, 2017).

Con base en dicha unidad básica de medición, existen distintas categorías que representan la velocidad de vuelo de un objeto. Por ejemplo, los aviones comerciales suelen viajar a velocidades de entre 800 y 950 kilómetros por hora, es decir, por debajo de un Mach. A esta velocidad se le conoce como subsónica (Smith, 2017).

Siguiente en la escala es la velocidad transónica, la cual equivale aproximadamente a un Mach. Posteriormente, cualquier objeto que viaje a una velocidad por encima de un Mach se le designa supersónico.



La mayoría de los aviones de combate modernos, así como el famoso avión de pasajeros, hoy ya fuera de comisión – el *Concorde* – son capaces de volar a velocidades de dos, tres o hasta cuatro veces la velocidad del sonido, es decir, Mach 2, 3 o 4 (Smith, 2017).

Finalmente, llegamos a la velocidad hipersónica, la cual se designa a todo objeto capaz de volar a velocidades superiores al menos a Mach 5, lo que equivale a aproximadamente 6,115 kilómetros por hora. Algunos misiles actuales, así como los cohetes utilizados para propulsar naves al espacio exterior, son capaces de alcanzar velocidades de hasta 20 o 25 Mach, lo equivalente a más de 30,000 kilómetros por hora.

La tecnología de vuelo hipersónica no es nueva, de hecho, países como Estados Unidos o Rusia llevan aproximadamente 50 años investigando, desarrollando y utilizando esta tecnología (Peake, 2017). Como se acaba de mencionar, misiles y cohetes modernos ya son capaces de alcanzar velocidades hipersónicas; sin embargo, sólo son capaces de hacerlo durante un breve periodo de tiempo y no de manera sostenida y continua durante todo su trayecto.

Existen tres factores que dificultan el vuelo hipersónico sostenido: la ciencia material; la aerodinámica y control de vuelo; y la propulsión. Lo que las tecnologías actuales están permitiendo es la superación de estos tres obstáculos, lo cual permitiría que el objeto volando a velocidades hipersónicas pudiera mantener dicha velocidad durante la totalidad de su trayecto, y no sólo durante un breve periodo de tiempo como hasta ahora.

El problema de la ciencia material es simple de entender. Las altas velocidades del vuelo hipersónico provocan una enorme fricción entre el objeto y el aire que atraviesa. Esta fricción se manifiesta en forma de calor, el cual puede alcanzar temperaturas extremas que provoquen el derretimiento y disolución del objeto en vuelo. Por lo tanto, para mantener una velocidad hipersónica constante, es necesario desarrollar materiales capaces de absorber las altas temperaturas que se irán acumulando a lo largo del vuelo y prevenir así que se desintegre el objeto en el aire (Brimelow, 2018).

El problema de la aerodinámica y control de vuelo yace en el riesgo que corre un objeto de desfigurarse una vez alcanzada la velocidad hipersónica. Para lograr alcanzar velocidades hipersónicas sostenidas, es necesario que el objeto volador esté diseñado con una aerodinámica tal que reduzca la fricción del aire lo más posible. Sin embargo, la gran velocidad que se alcanza durante un vuelo hipersónico puede provocar que algunas partes del objeto se doblen o desfiguren, afectando así tanto su aerodinámica como la precisión de su trayectoria. Similar al problema de la ciencia material, la tecnología actual está permitiendo la fabricación de materiales lo suficientemente resistentes a la presión del aire para evitar cualquier deformación en la estructura del objeto (Brimelow, 2018).

Finalmente, el problema de la propulsión es tal vez el más complicado de todos. Los misiles o vehículos hipersónicos utilizan motores de jet para propulsarse; sin embargo, una vez que se alcanza la velocidad Mach



5, los motores convencionales ya no son capaces de generar más potencia para mantener o incluso incrementar su velocidad. Esta es la principal razón por la que hasta ahora, el vuelo hipersónico sólo ha ocurrido durante breves periodos de tiempo. Como lo describe Richard Speier, científico en política de la corporación RAND, mantener o incrementar la propulsión de los motores a tan altas velocidades es como querer encender un cerillo mientras un viento de 2,000 kilómetros por hora sopla sobre él (Brimelow, 2018).

La solución actual para este reto se conoce como SCRAMJET. Tradicionalmente, cualquier misil o cohete genera propulsión a través de la combustión entre un combustible líquido y oxígeno líquido, los cuales lleva almacenados en tanques a bordo de sí mismo. La idea detrás del sistema de SCRAMJET es la de eliminar el tanque de oxígeno líquido y diseñar un sistema de propulsión que utilice el oxígeno de la atmósfera en su lugar. De esta manera, el objeto no solo se vuelve más ligero y ágil, sino que puede aumentar la duración y rango de su vuelo ya que está utilizado el mismo aire por el que atraviesa para propulsarse, y no la reserva de un tanque (NASA, 2004).

Figura 1: Los dos tipos de armas hipersónicas en desarrollo actualmente



Fuente: Corporación RAND, 2017

Es gracias a la superación de estos obstáculos que el vuelo hipersónico sostenido está muy cerca de convertirse en una realidad. Actualmente, dos tipos de armas hipersónicas están en desarrollo: los misiles de crucero hipersónicos (HCMs por sus siglas en inglés), y los vehículos de deslizamiento hipersónicos (HGVs por sus siglas en inglés).

Para comprender el potencial impacto que puede tener la tecnología hipersónica en las doctrinas de defensa anti-misiles – y, por ende, en el balance estratégico internacional – es necesario, primero, entender cómo funcionan los sistemas de defensa anti-misiles actuales y segundo, explorar las características relevantes de las armas hipersónicas para superar dichas defensas.



RELEVANCIA DE LAS ARMAS HIPERSÓNICAS

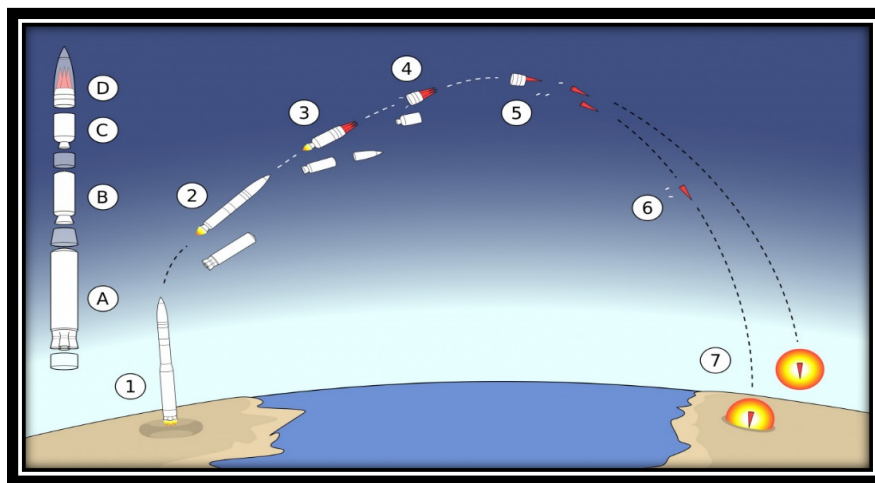
La relevancia de las armas hipersónicas actualmente en desarrollo proviene de la capacidad de éstas de superar las defensas anti-misiles con que cuentan numerosos países hoy en día. Considerando que los programas de defensa anti-misiles son extremadamente costosos y complejos, la tecnología hipersónica amenaza con quitarle relevancia a décadas de inversiones de miles de millones de dólares y desarrollos tecnológicos que han tratado de garantizar la seguridad de los países contra ataques de misiles.

Estados Unidos es el país con el sistema de defensa anti-misiles más avanzado y desarrollado del mundo, mismo que protege la totalidad del territorio mexicano, por lo que lo utilizaremos como referencia. Para comprender la esencia de la amenaza y relevancia de las armas hipersónicas, es primero necesario conocer cómo funciona el sistema de defensa anti-misiles estadounidense.

Primero, es importante hacer una distinción entre los distintos tipos de amenazas de misil que existen. La categorización más común de los misiles los cataloga de acuerdo al rango de los mismos: misiles de corto, mediano y largo alcance. La amenaza más grande para Estados Unidos proviene de los misiles de largo alcance, pues dada su posición geográfica, son los únicos que pueden alcanzar su territorio continental sin importar desde dónde sean lanzados. Los misiles de largo alcance más comunes y prominentes son los ICBMs, los cuales suelen tener rangos superiores a los 10,000 km de alcance.

Como su nombre lo indica, los ICBMs tienen la característica principal de que su vuelo sigue una trayectoria balística, la cual ocurre tras una propulsión inicial y que una vez que sea alcanzada la velocidad y altitud necesarias para llegar a su objetivo, el misil o vehículo balístico simplemente entra en caída libre utilizando la fuerza de gravedad para reingresar a la atmósfera y dirigirse hacia su blanco. La Figura 2 ilustra la secuencia de vuelo de un ICBM.

Figura 2: Secuencia de vuelo de un ICBM



Fuente: Osborn, 2017



Los ICBMs cuentan con cuatro secciones en su anatomía, cada una diseñada para operar durante una parte específica del vuelo del misil. Las primeras tres secciones (A, B y C) son cohetes de propulsión, mientras que la última sección (D), es la que se conoce como vehículo de reentrada (RV por sus siglas en inglés), y es la sección no propulsada del misil que contiene en su interior una o varias cabezas armadas, las cuales pueden ser nucleares, químicas, biológicas o convencionales.

En la primera fase de su trayectoria (1), el ICBM utiliza el primero de sus cohetes (A) para despegar desde su plataforma de lanzamiento. Aproximadamente 60 segundos después del despegue, el ICBM se encuentra a una altitud de 30 km y entra a la segunda fase de su trayectoria (2), en la cual el primero de sus cohetes (A) se desprende del misil y el segundo cohete (B) enciende sus motores para seguir propulsando el misil.

Aproximadamente 120 segundos después del despegue, el ICBM se encuentra a una altitud de poco más de 90 km y entra a la tercera fase de su trayectoria (3), en la cual el segundo de sus cohetes (B) se desprende del misil y el tercer cohete (C) enciende sus motores para seguir propulsando el misil. Aproximadamente 180 segundos después del despegue, el ICBM entra a la cuarta fase de su trayectoria (4), en la cual el tercer cohete (C) se desprende del misil y el RV y las cabezas armadas que carga comienzan su trayectoria balística, la cual ya no es propulsada y que es posible gracias al impulso inicial de los cohetes y a la fuerza de gravedad que lo llevará de regreso a la superficie terrestre.

En la quinta fase de su trayectoria (5), el RV se desprende de las cabezas armadas que transporta, las cuales reingresan a la atmósfera terrestre siguiendo una trayectoria balística durante la sexta fase del vuelo (6) y finalmente alcanzan su objetivo en la séptima (7) y última fase del trayecto.

Este tipo de ataques utilizando ICBMs son el núcleo de la estrategia nuclear que ha dominado el escenario internacional y la disuasión nuclear por décadas. En su mayoría, casi siempre que se habla de una amenaza o un intercambio nuclear, se está haciendo referencia justo a este tipo de ataques que utilizan ICBMs para desplegar el arsenal nuclear del país en cuestión.

Una vez comprendida la manera en que opera un misil balístico, podemos entonces comenzar a analizar los sistemas de defensas anti-misiles que los Estados Unidos han desarrollado para mitigar la amenaza de un ataque de armas de destrucción masiva.

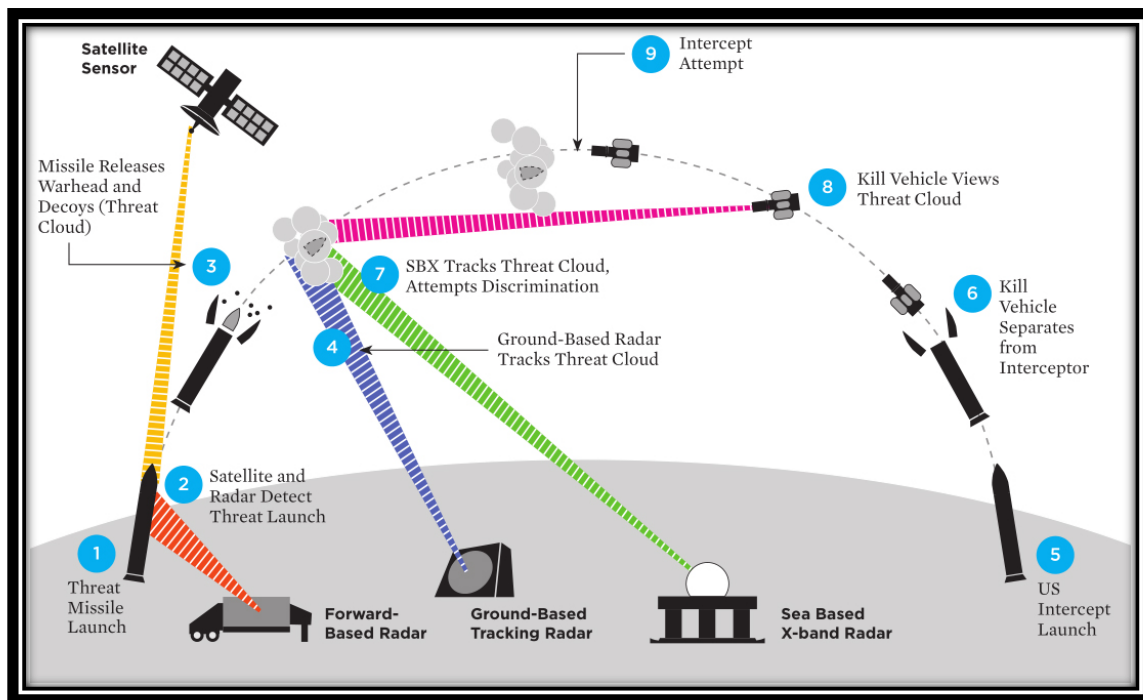
Las Fuerzas Armadas estadounidenses cuentan con varios sistemas de defensas anti-misiles, sin embargo, el único que está diseñado para contrarrestar los misiles de largo alcance, los ICBMs, se le conoce como *Ground-based Midcourse Defense* (Defensa de Medio Trayecto en Tierra). El GMD incorpora una serie de sensores, radares y sistemas de control de disparo para interceptar ICBMs durante su trayectoria (CSIS Missile Threat).



La lógica fundamental del sistema GMD es que un ICBM y sus cabezas armadas, al pasar gran parte de su vuelo en caída balística libre, permite que sus trayectorias sean rastreables y predecibles de igual manera que, por ejemplo, un deportista es capaz de calcular la trayectoria de una pelota que le sea lanzada por el aire.

En la Figura 3 se ilustra la anatomía de la intercepción de un ICBM a través de la utilización de los sistemas de radares, sensores y controles de disparo para, primero, identificar el vehículo o misil en vuelo, y segundo, calcular su trayectoria. Una vez hecho esto es que se pueden lanzar los misiles defensivos con toda la información necesaria para interceptar el vehículo o misil hostil y destruirlo como resultado de la colisión entre ambos.

Figura 3: Anatomía de la intercepción de un vehículo o misil balístico



Fuente: Union of Concerned Scientists

La primera fase de la intercepción (1) ocurre cuando el ICBM hostil despegue desde su plataforma de lanzamiento. Tras el lanzamiento, la segunda fase (2) sucede cuando los radares de avanzada, si es que existen, y los sensores infrarrojos satelitales detectan el despegue del misil. Posteriormente, la tercera fase (3) inicia cuando el tercer y último cohete del ICBM se separa del RV que lleva las cabezas armadas a bordo y éste comienza su trayectoria balística no propulsada.

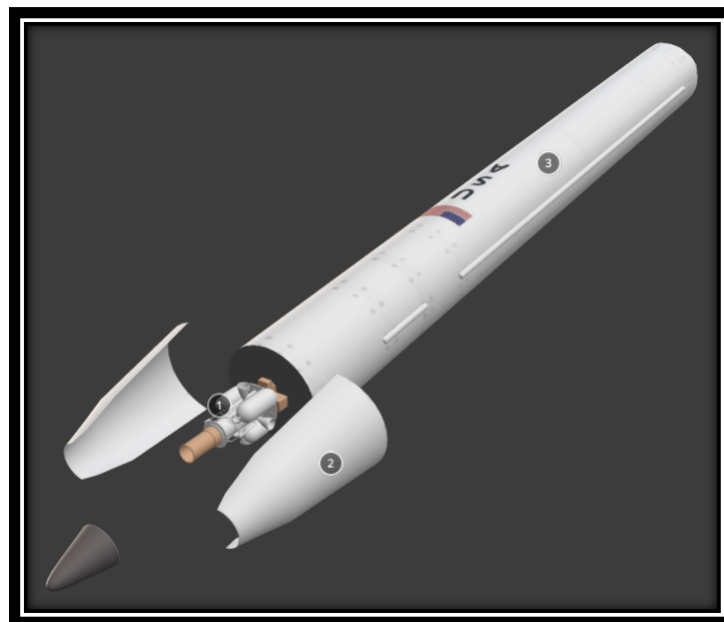
Cabe mencionar que en esta fase del vuelo es cuando el RV está próximo a desprenderse de las cabezas armadas, que continuarán su trayectoria balística por sí solas; sin embargo, como medida para contrarrestar los intentos de intercepción, los misiles modernos suelen desplegar una nube de señuelos junto con las



verdaderas cabezas armadas para tratar de confundir a los radares o sensores y, eventualmente, al vehículo interceptor.

En la cuarta fase (4) del trayecto, los radares en tierra comienzan a rastrear tanto a las cabezas armadas como a los señuelos que las acompañan. Con la información adquirida por dichos radares terrestres, la quinta fase (5) sucede cuando se lanzan uno o más misiles interceptores, cada uno con un “vehículo asesino” a bordo. Similar a los ICBMs, los misiles interceptores cuentan con un cohete que servirá para la propulsión inicial para posteriormente entrar a la sexta fase (6) de la intercepción y liberar al “vehículo asesino” que continuará su vuelo hasta encontrarse con las cabezas armadas que está tratando de interceptar.

Figura 4: Diseño de un misil interceptor.



El “vehículo asesino” (1) está montado a bordo del misil y cubierto por un sudario (2) que lo protegerá durante el despegue; este sudario se desprenderá una vez que el cohete (3) haya propulsado al misil y esté listo para liberar el “vehículo asesino” (CSIS Missile Threat).

En la séptima fase (7) de la intercepción, si algún radar marítimo de banda X está a rango de las cabezas armadas, éste comenzará a rastrearlas y a tratar de discriminar los señuelos de las cabezas armadas reales. De manera similar, el “vehículo asesino” también tratará de discriminar la nube de señuelos para identificar a las cabezas armadas en la octava fase (8) de la intercepción.

Finalmente, en la novena y última fase (9) de la intercepción, el “vehículo asesino” utiliza toda la información recopilada por los radares y sensores para maniobrase a sí mismo y alcanzar el objeto que ha determinado como la cabeza armada, destruyéndola al impactarse directamente contra ella.

Una vez comprendida la anatomía y secuencia de una intercepción, la cual es el núcleo de los sistemas de defensa anti-misiles, podemos entonces analizar la manera en que tanto los HGVs como los HCMs

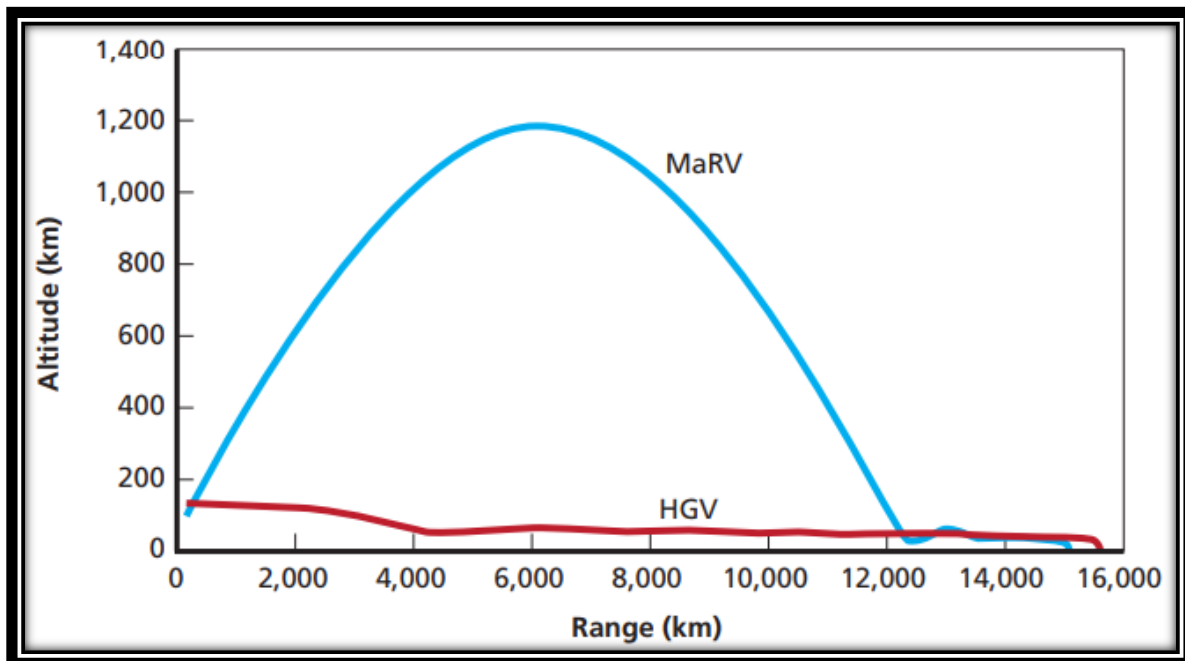


amenazan con superar dichos sistemas de defensa y convertirlos prácticamente irrelevantes y obsoletos, lo cual conllevaría consecuencias estratégicas y geopolíticas significativas.

Comenzando con el HGV, es un vehículo no autopropulsado capaz de alcanzar altitudes de vuelo de entre 40 y 100 km, justo por encima de la atmósfera (Speier, 2017, p. 8). Para alcanzar velocidades hipersónicas sin contar con sistemas propios de propulsión, el despliegue de un HGV se hace a través de un ICBM tradicional – el cual es capaz de alcanzar velocidades hipersónicas durante breves periodos de tiempo – y el cual libera el HGV montado sobre él una vez que haya alcanzado la altitud, velocidad y ángulo de trayecto adecuados para dirigir el vehículo hacia su objetivo.

Una vez liberado, el HGV continuará planeando y deslizándose a velocidades hipersónicas durante su trayecto de reingreso a la atmósfera y hasta alcanzar su objetivo. Sin embargo, el trayecto de reingreso a la atmósfera de un HGV, así como de la fase terminal para alcanzar su objetivo, es muy distinto al de los misiles balísticos o de crucero tradicionales.

Figura 4: Trayectorias de reingreso de misiles balísticos vs HGVs



Fuente: Speier, 2017, p. 9

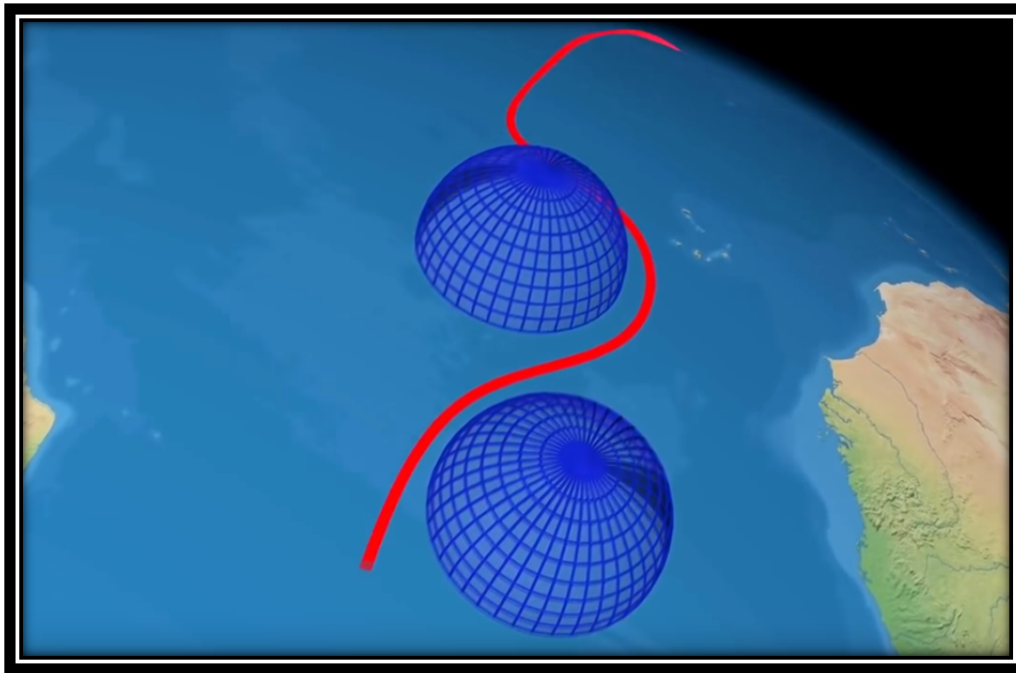
Como se muestra en la Figura 4, los vehículos maniobrables de reingreso (MaRV por sus siglas en inglés) tradicionales siguen una trayectoria balística durante la mayor parte de su vuelo, tal y como se explicó anteriormente en la secuencia de vuelo de los ICBMs. Esta larga trayectoria balística es la que permite al sistema de defensa GMD antes visto interceptar dichos vehículos a la mitad de su vuelo. Sin embargo, el HGV opera de manera completamente distinta ya que, como muestra la Figura 4, el tiempo que pasa en trayectoria balística es prácticamente nulo.



Los HGVs cuentan con un alcance similar al de los misiles balísticos tradicionales; sin embargo, en comparación con los misiles balísticos, los HGVs vuelan a altitudes mucho más bajas y gracias a su maniobrabilidad, tienen trayectorias relativamente impredecibles (Speier, 2017, p. 10) Si a estos factores aunamos el hecho de que los HGVs vuelan a velocidades sostenidas significativamente más rápidas que los misiles tradicionales, es entonces que comienzan los problemas para los sistemas de defensa anti-misiles actuales.

La relativamente impredecible trayectoria de los HGVs los convierte en una amenaza única. Utilizando la maniobrabilidad del vehículo, es posible actualizar la información de vuelo del mismo durante su trayecto para no sólo para evadir defensas, sino también para cambiar o mantener secreto su objetivo de ataque. Lo que esto implica es que el área amenazada por un HGV es enorme, prácticamente tan grande como su rango mismo. Dicha impredecibilidad, aunada a la gran velocidad a la que el HGV puede llevar a cabo dichas maniobras, hacen que una defensa efectiva contra él sea prácticamente imposible con la tecnología de hoy en día.

Figura 5: Maniobras evasivas de un HGV durante su vuelo



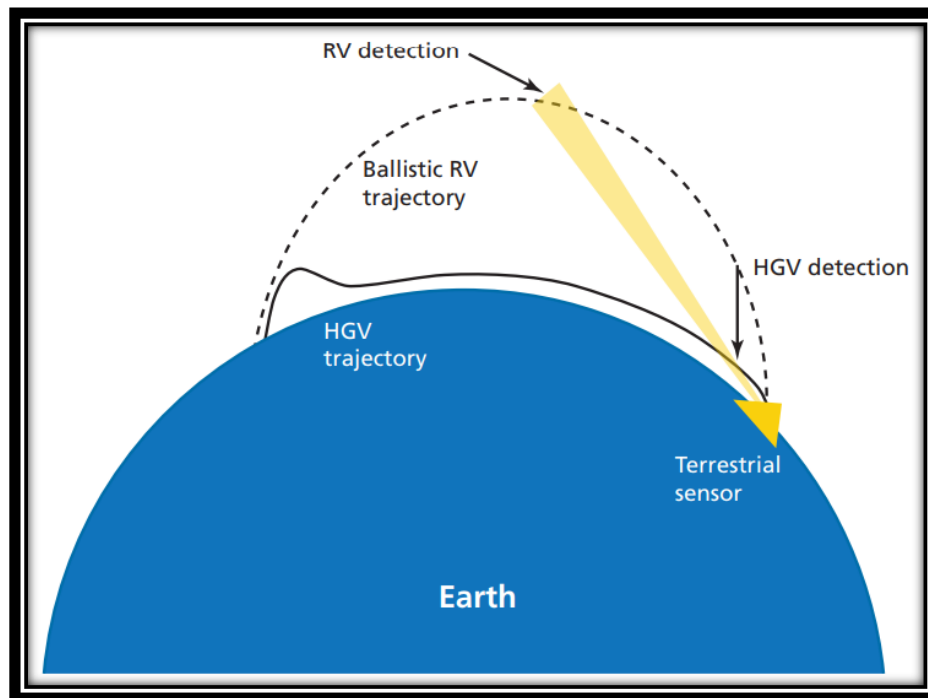
Fuente: CaspianReport, 2018

Otro impacto significativo que provocan las características de un HGV es el de la compresión en los tiempos de respuesta a la amenaza. Las naciones que no posean, o no tengan acceso, a sensores satelitales que permitan identificar el lanzamiento de misiles balísticos y que utilicen exclusivamente sensores y radares en tierra para hacerlo, se verán en la dificultad de identificar la amenaza de un HGV tan sólo algunos minutos antes de su impacto (Speier, 2017, p. 10).



La razón de este fenómeno es debido a la manera en que operan los sensores y radares terrestres con respecto a la curvatura de la Tierra. Como se muestra en la figura 6, los misiles y vehículos balísticos suelen volar a altitudes mucho más altas que las de un HGV, lo cual permite que los sensores terrestres les puedan identificar y rastrear desde aproximadamente la mitad de su trayectoria en adelante. Sin embargo, la baja altitud a la que vuela un HGV provoca que, debido a la curvatura de la Tierra, éste permanezca fuera de la línea de visión de los radares y sensores terrestres prácticamente hasta la fase terminal de su vuelo, cuando los sistemas de defensa anti-misiles contarían con sólo algunos minutos para reaccionar a la amenaza.

Figura 6



Detección de un RV balístico vs un HGV. Fuente: Speier, 2017, p. 11

Siguiendo con el HCM, éste es un misil de crucero propulsado capaz de volar a velocidades hipersónicas y altitudes de 20 a 30 km (Speier, 2017, p. 12). A diferencia de los HGVs, los HCMs sí utilizan sistemas propios de propulsión. El método más común para alcanzar velocidades hipersónicas es el de utilizar cohetes que aceleren el misil a velocidades de entre 4 y 5 Mach, para entonces ceder la propulsión del misil al sistema de SCRAMJET antes descrito y el cual se encargará de mantener – e incluso incrementar – la velocidad hipersónica del misil durante la totalidad de su trayectoria.

Al igual que los HGVs, los HCMs poseen velocidades y capacidades de maniobra que dificultan enormemente la tarea de defenderse contra ellos. Por un lado, la trayectoria de vuelo de un HCM es impredecible, al igual que su objetivo final, ya que ambos pueden ser manipulados durante el vuelo mismo; por el otro lado, la



altitud a la que vuela el HMC es superior al rango vertical de la mayoría de los sistemas de defensa de superficie a aire, por lo que éstos son incapaces de llevar a cabo un intento de intercepción.

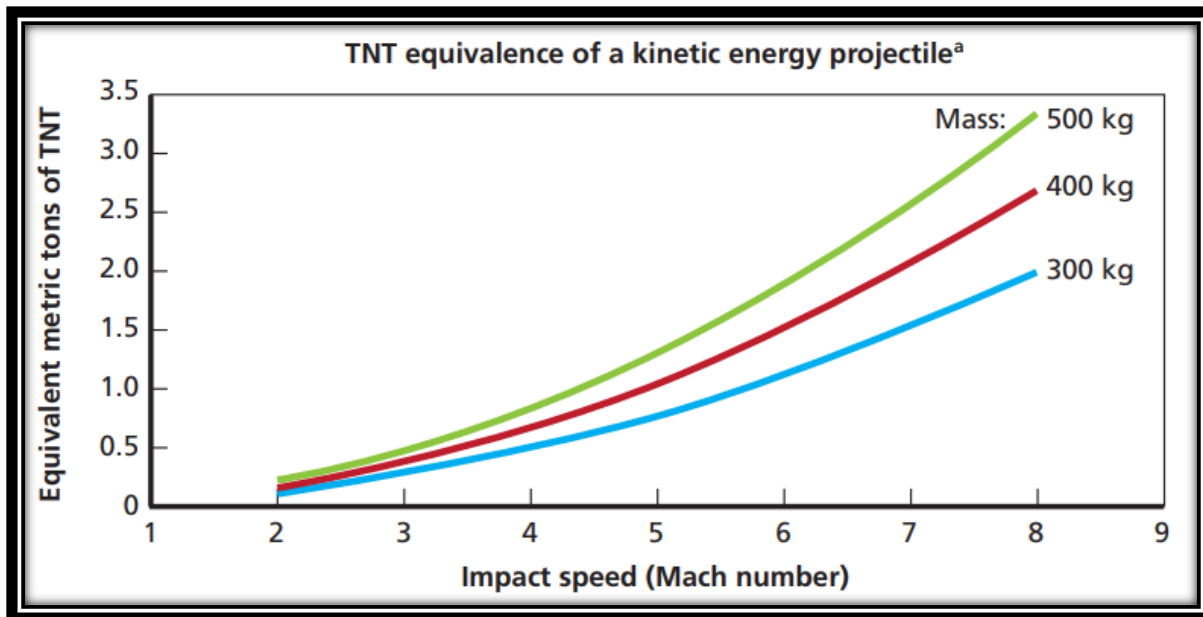
EL IMPACTO ESTRATÉGICO

Las características de las armas hipersónicas descritas en el capítulo anterior representan una amenaza al *status quo* internacional.

Aunque los expertos de RAND argumentan que las armas hipersónicas aún están aproximadamente a una década de distancia antes de que vean acción en el espacio de batalla (RAND Corporation, 2017), algunos de los efectos que esta tecnología puede desencadenar son previsible. Esto es algo muy positivo, pues al contar con aún varios años antes de la proliferación práctica de las armas hipersónicas, tanto las naciones, fuerzas armadas, y la comunidad internacional cuentan con valioso tiempo para encontrar soluciones a los riesgos y retos a los que sin duda se enfrentarán próximamente.

Uno de los principales retos que las armas hipersónicas traerán consigo es el de la habilidad de llevar a cabo ataques de precisión quirúrgica. Este reto es el resultado de la capacidad de destrucción cinética tanto de los HGVs como de los HCMs. Como ya se ha visto, los misiles y vehículos actuales suelen llevar consigo cabezas armadas, las cuales pueden ser nucleares o convencionales y que son las responsables de la llamada destrucción masiva que se relaciona con muchas de dichas armas. Sin embargo, las enormes velocidades hipersónicas de los HGVs y los HCMs los convierte en armas con alta capacidad de destrucción por sí mismas.

Figura 7



Poder cinético destructivo de un arma hipersónica con respecto a su velocidad. Fuente: Speier, 2017, p. 13



Como se muestra en la Figura 7, hay una relación directamente proporcional entre la capacidad cinética de destrucción (medida en toneladas de TNT), la masa del HGV o HCM, y la velocidad del mismo (medida en Mach). En general, mientras más masa y más velocidad, mayor capacidad de destrucción. Esta característica permite que los vehículos y misiles hipersónicos puedan provocar altos niveles de destrucción sin la necesidad de llevar cabezas armadas a bordo. Utilizando su propia masa, su alta velocidad hipersónica y su precisión, los HGVs y HCMs pueden ser usados como armas en sí mismas, estilo *kamikaze*, como resultado de la gran fuerza de impacto que son capaces de generar.

Esta característica es relevante ya que podría facilitar la adquisición de importantes capacidades destructivas – las cuales, como ya se ha visto – pueden superar la mayoría de los sistemas de defensa anti-misiles actuales, a grupos o naciones que no cuentan con tecnología nuclear o de destrucción masiva. Cabe enfatizar que la capacidad de destrucción cinética de un arma hipersónica que no cuente con cabezas armadas a bordo es muy inferior a la de una explosión nuclear o de algún otro tipo de arma de destrucción masiva; sin embargo, el arma hipersónica puede ser utilizada para ataques de precisión quirúrgica a blancos valiosos contra los cuales no necesariamente se requiere causar daño a dicha escala masiva.

El tipo de ataque de precisión que representa la mayor amenaza es el que se conoce como ataque de “decapitación”. Este tipo de ataque involucra la destrucción tanto del gobierno y liderazgo de una nación como de su capacidad de comando y control que provoque que la nación atacada no pueda defenderse ni responder de manera efectiva al ataque (Speier, 2017, p. 17). Instalaciones de gobierno, como el Capitolio o la Casa Blanca; así como instalaciones militares, como el Pentágono, serían un ejemplo de los objetivos principales de un ataque de “decapitación”.

De igual manera, otros elementos valiosos, como un grupo de ataque de portaviones, son blancos ideales para este tipo de ataques de precisión. Por lo general, los grupos de ataque de portaviones cuentan con defensas anti-aéreas y anti-misiles propios, principalmente los sistemas AEGIS, Patriot y THAAD; sin embargo, éstos están diseñados para contrarrestar misiles de medio y corto alcance, por lo que la formación, y en particular, el portaviones mismo, correría un enorme riesgo de ser alcanzado por un arma hipersónica de largo alcance.

Como resultado de dicha vulnerabilidad, no sería de extrañarse que los grupos de ataque de portaviones decidieran mantenerse al margen del rango de las armas hipersónicas de alguna nación hostil o con quien haya fuertes tensiones, lo cual representaría una victoria estratégica para dicha nación al ser capaz de mantener a los portaviones lejos de sus costas a través de la disuasión generada por sus armas hipersónicas.

Otros blancos clave para un ataque de precisión serían las fuerzas estratégicas y almacenes de armas de destrucción masiva. Bombarderos estratégicos, submarinos nucleares, o plataformas de almacenamiento y



lanzamiento serían blancos de alta prioridad en el caso de un conflicto armado, pues son los primeros elementos en ser movilizados y por tanto es una carrera contra el reloj para neutralizarlos antes de que sean desplegados.

Esta alta sensibilidad a los tiempos de respuesta y ejecución es uno de los fenómenos más característicos de las armas hipersónicas. Las altas velocidades que son capaces de alcanzar las armas hipersónicas comprimen significativamente el tiempo con el que se cuenta para reaccionar a la amenaza, y esto trae consigo numerosos problemas.

Como ejemplo, las fuerzas armadas suelen utilizar el famoso ciclo de Observar, Orientar, Decidir y Actuar (OODA) para tomar decisiones; sin embargo, la ejecución de estos cuatro pasos lleva cierto tiempo. El riesgo que se corre entonces es que, como resultado de la compresión en el tiempo de respuesta que provoca la velocidad de las armas hipersónicas, para cuando las fuerzas armadas hayan ejecutado el ciclo OODA, sus fuerzas estratégicas ya pudieron haber sido neutralizadas, dejándolas sin capacidad de respuesta.

Para ilustrar mejor la significativa reducción en el tiempo de respuesta a un ataque de armas hipersónicas, consideremos la siguiente línea del tiempo que simula un ataque masivo por parte de Rusia utilizando ICBMs y la secuencia de protocolo que seguirían los Estados Unidos para responder a la amenaza (Lewis, 2017):

- 0 minutos – Rusia lanza sus ICBMs
- 1 minuto – Satélites Estadounidenses detectan los misiles (**Observar**)
- 2 minutos – Radars Estadounidenses detectan los misiles (**Observar**)
- 3 minutos – El Comando de Defensa Aeroespacial Norteamericano (NORAD por sus siglas en inglés) analiza la información (**Orientar**)
- 4 minutos – NORAD alerta a la Casa Blanca
- 7 minutos – Se localiza al Presidente y sus consejeros, se les reúne, se les informa de la situación, se toma una decisión (máximo 8 minutos para tomar una decisión)
- 13 minutos – Se toma una decisión (**Decidir**)
- 15 minutos – Se transmiten las órdenes para comenzar la secuencia de lanzamiento (**Actuar**)
- 20 minutos – Los oficiales de lanzamiento reciben, decodifican y autentifican las órdenes
- 23 minutos – Se completa la secuencia de lanzamiento (máximo 2 minutos)
- 25 minutos – Detonan los ICBMs rusos

Tomando en cuenta esta escala de tiempo, los Estados Unidos cuentan con poco menos de 30 minutos para lanzar sus propios ICBMs en un ataque de respuesta a la agresión rusa antes de que los misiles hostiles destruyan sus almacenes, plataformas de lanzamiento y fuerzas estratégicas, dejando a los Estados Unidos sin capacidad de respuesta al ataque.



Sin embargo, si se trata de un misil hipersónico – viajando a diez veces la velocidad del sonido, en lugar de un ICBM – el tiempo de respuesta se puede reducir a apenas 6 minutos (Speier, 2017, p. 17). Si insertamos esos 6 minutos en la secuencia anterior, veremos que la salva de misiles hipersónicos estaría alcanzando sus objetivos antes de que el Presidente y sus consejeros puedan si quiera ser informados de la eventualidad. El ciclo OODA sólo alcanza a cumplir sus primeras dos fases con tan poco tiempo de respuesta disponible. Bajo este escenario, los Estados Unidos serían incapaces de responder a una agresión nuclear, lo cual vuelve a su enorme arsenal estratégico, y la disuasión que éste genera, significativamente irrelevante e inútil bajo una situación de ataque.

A principios de 2018, el Comandante del Comando Estratégico de los Estados Unidos, John Hyten, anunció ante el Comité de Servicios Armados del Senado: “No tenemos ninguna defensa que pueda negar el uso de tal tipo de arma [armas hipersónicas] contra nosotros.” (Macias, 2018)

Este comentario del General Hyten ilustra realmente lo poco preparado que están los Estados Unidos, y en general cualquier nación, para contrarrestar esta amenaza. Sin embargo, la tecnología hipersónica no es una amenaza que se pueda pasar por alto, por lo que es razonable asumir que el Pentágono buscará invertir una significativa cantidad de recursos en los próximos años para desarrollar sistemas de defensa y medidas para contrarrestar estas armas. De momento, ya se contemplan algunas medidas para hacer frente a la amenaza, desafortunadamente, dichas medidas podrían causar severa desestabilización.

Si las armas hipersónicas provocan que se cuente con tan sólo unos pocos minutos para responder a una agresión, la cadena de comando y control de las fuerzas estratégicas debe ser capaz de tomar una decisión dentro de esa ventana de tiempo. Para hacerlo, sería necesario tomar medidas como la devolución del comando y control a niveles de autoridad más bajos – principalmente a las fuerzas armadas, en lugar de a los líderes nacionales – quienes contarían con la facultad de autorizar lanzamientos estratégicos sin consultar a las partes más altas de la cadena de comando debido a la falta de tiempo para hacerlo.

Esta devolución del comando y control estratégico a niveles más bajos de la cadena de comando trae consigo el elevado riesgo de un accidente que desencadene una guerra estratégica. Desde 1962, se conocen casi 15 casos documentados de situaciones en las cuales el uso de armas nucleares fue inminente (Lewis, 2014, p. 7). La gran mayoría de dichos casos no terminaron en una detonación nuclear gracias precisamente a la eventual coordinación y comunicación de información crucial y órdenes entre oficiales y sus superiores. Es entonces que el riesgo de la devolución del comando y control estratégico a los bajos niveles de la cadena de comando se vuelve evidente: poco tiempo de respuesta, información incompleta o errónea y limitada comunicación con los altos mandos y líderes nacionales pueden ser una receta para un accidente estratégico.



Otra alternativa para lidiar con el problema de la compresión de tiempo es la de cambiar de doctrina nuclear. Los Estados Unidos operan hoy en día bajo la doctrina de “Lanzamiento Bajo Ataque”; es decir, contratacar con su propio arsenal una vez que algún actor hostil lance un ataque en su contra. Este es justo el escenario ilustrado en la línea de tiempo presentada anteriormente. Sin embargo, al contar con tan sólo unos pocos minutos para responder a un ataque estratégico, la doctrina de “Lanzamiento Bajo Advertencia” podría ser implementada.

Esta doctrina, como su nombre lo indica, establece que los lanzamientos de contrataque se harían prácticamente de forma automática tan pronto se detecte una amenaza. El riesgo de esta postura es que incrementaría significativamente la inestabilidad de las crisis, pues cualquier actividad que si quiera se asemeje a un lanzamiento estratégico hostil desencadenaría una respuesta similar, incluso si se trata de una falsa alarma.

Como se puede ver, las armas hipersónicas representan un impacto estratégico significativo que al día de hoy no tiene solución clara. Las alternativas que buscan mitigar esta tecnología vienen con numerosas desventajas que potencialmente pueden generar más problemas de los que resuelven. Existen otras medidas diseñadas para mitigar el impacto de las armas hipersónicas, sin embargo, el alto costo y dificultad técnica para implementarlas hace que éstas sean exclusivas de las naciones más ricas y poderosas.

Ejemplos de dichas medidas es el rediseño y fortalecimiento del sistema de comando y control, el fortalecimiento y blindaje de los sitios en los que se encuentran localizadas las fuerzas estratégicas, y una fuerza de disuasión que sea móvil, o con base en el mar e incluso en el espacio exterior, donde serían más difíciles de neutralizar (Speier, 2017, p. 18).

Hasta ahora hemos analizado el impacto estratégico de las armas hipersónicas desde el marco de un conflicto simétrico entre dos potencias militares como los Estados Unidos y Rusia. Sin embargo, otra significativa amenaza que representa la tecnología hipersónica al *status quo* internacional es el de la facultad de disuasión y coerción que estas armas le pueden otorgar a naciones más débiles y a actores no estatales.

Debido a la habilidad de las armas hipersónicas para penetrar incluso los sistemas de defensa anti-misiles actuales más avanzados, la adquisición de dichas armas por parte de potencias menores o incluso de actores no estatales – como organizaciones terroristas, insurgentes o de guerrillas – puede desbalancear el equilibrio internacional.

La razón es simple: las armas hipersónicas representan una amenaza contra la que hoy en día no hay defensa efectiva, por lo que todo aquel actor que las posea tiene la capacidad de llevar a cabo ataques estratégicos con alta probabilidad de éxito. Esto puede permitir que una potencia menor o un actor no estatal



represente una amenaza similar a la de una potencia mayor, lo cual puede ser utilizado tanto defensiva como ofensivamente.

Defensivamente, la posesión de armas hipersónicas puede actuar como un agente de disuasión contra intervenciones, agresiones o sanciones contra el actor que las posea. Ofensivamente, esta misma capacidad de disuasión puede envalentonar al actor que la posee para perseguir más agresivamente su agenda política basado en la confianza y aparente seguridad que le da la disuasión de sus armas hipersónicas contra una respuesta hostil hacia él. De igual manera, y como se vio antes, las armas hipersónicas pueden afectar el despliegue de fuerzas armadas extranjeras – tales como bases aéreas, militares o grupos de ataque de portaviones – debido a que éstas se pueden encontrar dentro del rango de las armas hipersónicas de algún actor hostil y prefieran entonces mantenerse al margen de las mismas al verse incapaces de defenderse contra ellas.

Dicho esto, y con el conocimiento de que aún se cuentan con algunos valiosos años para prepararse contra la eventual proliferación de la tecnología hipersónica, los Estados Unidos están comenzando a considerar la opción de desplegar una constelación de sensores espaciales que sean capaces de detectar el lanzamiento de misiles y vehículos hipersónicos tan pronto hayan despegado, algo que los radares en tierra no son capaces de hacer y que podría añadir valiosos minutos al tiempo de respuesta contra un ataque. Desafortunadamente, la iniciativa para construir y desplegar dicha constelación parece que no será considerada sino hasta el presupuesto del año 2020 (Erwin, 2018).

Es por esto que uno de los temas más urgentes y relevantes hoy en día alrededor de las armas hipersónicas es la creación de regulación y tratados de no proliferación entre las naciones que están desarrollando dicha tecnología. En las décadas siguientes, la habilidad de naciones menores o actores no estatales para amenazar o disuadir a potencias mayores utilizando ICBMs, como es el caso de Corea del Norte, va a disminuir debido al constante mejoramiento de las defensas de anti-misiles balísticos; sin embargo, la defensa contra armas hipersónicas es mucho más difícil de alcanzar y por tanto no es de extrañarse que se busque su proliferación para explotar dicha vulnerabilidad.

Éstas son sólo algunas de las dinámicas y efectos que de momento son previsibles con respecto a las armas hipersónicas; sin embargo, es de esperarse que nuevas dinámicas y efectos no previstos tomen lugar una vez que la tecnología madure y comience su proliferación operacional en unos años más. Al final del día, y como suele suceder con toda tecnología emergente, hoy existe confusión sobre el verdadero alcance y consecuencias de las armas hipersónicas.

Por un lado, al incrementar la posibilidad de un ataque de “decapitación” o neutralización de las fuerzas estratégicas, las armas hipersónicas disminuyen entonces el umbral para acción militar; es decir, las naciones



amenazadas tendrán un nivel de tolerancia a la amenaza más bajo dados los riesgos de la misma, lo cual puede incrementar la posibilidad de un conflicto armado.

Por el otro lado, las características cinéticas de las armas hipersónicas permiten perseguir agendas políticas y alcanzar blancos precisos que de otra manera serían vulnerables sólo a opciones nucleares o de destrucción masiva. Al poder llevar a cabo dichas misiones sin la necesidad de escalar al uso de armas de destrucción masiva, se puede entonces elevar el umbral para desatar un conflicto armado y así solidificar una disuasión que mantenga la paz.

LA RELEVANCIA PARA MÉXICO

Aunque el desarrollo e implementación operacional de las armas hipersónicas postre una seria amenaza al *status quo* internacional bajo las circunstancias actuales, el impacto directo para un país como México es relativamente nulo.

Esta relativa nulidad no es, como se podría pensar, debido a la política exterior pacifista de México; por el contrario, la realidad es que cualquier nación que no posea sistemas de defensa contra misiles balísticos, como es el caso de México, no experimentará una creciente amenaza por parte de las armas hipersónicas por la simple razón de que ya es vulnerable a las armas balísticas actuales también. Las armas pueden cambiar y evolucionar, pero si no se cuenta con una defensa propia contra ninguna de ellas, la amenaza sigue siendo la misma.

Es importante recalcar que, aunque México no cuente con defensas contra misiles balísticos propias, la totalidad del territorio mexicano, como se muestra en la Figura 8, se encuentra cubierto por el antes visto GMD de los Estados Unidos.

Figura 8



Cobertura del sistema de defensa estadounidense GMD. Fuente: Department of Defense, 2010, p. 15



A pesar de esto, es importante no crear un falso sentido de seguridad por dos razones. La primera, con la decisión del ex-presidente Vicente Fox Quesada de retirar a México del “Tratado Interamericano de Asistencia Recíproca” en el año 2002, ya no existe actualmente ningún tratado de defensa entre los Estados Unidos y México. Por lo tanto, los Estados Unidos no tienen ninguna responsabilidad de defender el territorio mexicano en caso de una agresión extranjera.

Sólo en caso de que la naturaleza de alguna agresión extranjera contra México pusiera paralelamente en riesgo la seguridad nacional estadounidense sería válido asumir que los Estados Unidos ofrecerían apoyo militar a México, incluidos sus sistemas de defensa anti-misiles, de igual manera que lo hacen con sus aliados estratégicos en áreas de crisis actual como Europa del Este y el Pacífico Occidental.

La segunda, es que los sistemas de defensa anti-misiles estadounidenses no están diseñados para detener un ataque a gran escala incluso contra los misiles balísticos actuales, mucho menos contra misiles hipersónicos. La idea original de la defensa anti-misiles estadounidense se originó en la década de 1980 con el famoso discurso de *Star Wars*, dado por el entonces presidente Ronald Reagan. La “Iniciativa de Defensa Estratégica”, como se le conoció en ese entonces, proponía la creación de un escudo que protegiera a los Estados Unidos de los misiles nucleares Soviéticos (Sonne, 2018).

Sin embargo, la iniciativa colapsó junto con la Unión Soviética, principalmente por ser sobre-ambiciosa y extraordinariamente costosa. Fue entonces que los Estados Unidos reorientaron su doctrina de defensa anti-misiles para concentrarla en buscar interceptar sólo un pequeño número de misiles, principalmente de algún actor no estatal que haya logrado hacerse con dichas armas y buscara lanzarlas contra territorio estadounidense o utilizarlas como medio de extorsión.

A pesar de la modesta misión actual, comparada con la ambiciosa idea original de *Star Wars*, el historial del sistema de defensa anti-misiles estadounidense no es muy prometedor. Desde 1999, cuando comenzaron las pruebas de intercepción de ICBMs, sólo 10 de los 18 interceptores han tenido éxito (Sonne, 2018).

Esta estadística ilustra el enorme nivel de dificultad que conlleva la creación de un sistema de defensa anti-misiles efectivo, incluso para la nación más rica y poderosa del mundo. Si Rusia lanzara un ataque a gran escala contra Estados Unidos, con los miles de ICBMs disponibles en su arsenal, los sistemas de defensa anti-misiles estadounidense se verían completamente abrumados e incapaces de detener la gran mayoría de los misiles.

Es por esto que los Estados Unidos busca hacer uso la doctrina de “el ataque es la mejor defensa” y confiar en que su arsenal estratégico sea suficiente para disuadir a sus rivales, pues, como ya se ha mencionado, su sistema de defensa anti-misiles sería prácticamente inútil contra un ataque a gran escala.



Bajo dicha doctrina es que la amenaza también se vuelve una herramienta. Los Estados Unidos no sólo busca defenderse contra esta nueva amenaza, sino también desarrollar sus propias capacidades hipersónicas. A inicios de 2018, la empresa Lockheed Martin recibió un contrato de \$928 mil millones de dólares para desarrollar armas hipersónicas operacionales para la Fuerza Aérea estadounidense (Seidel, 2018). Los Estados Unidos podría utilizar sus armas hipersónicas para hacer ataques de precisión contra escondites terroristas, plataformas de lanzamiento o instalaciones defensivas.

Conforme la tecnología hipersónica continúe su proliferación, incluso en un escenario de apoyo militar de los Estados Unidos hacia México, el territorio nacional sería tan vulnerable como el territorio estadounidense mientras éste no cuente con la capacidad de neutralizar la amenaza de las nuevas armas hipersónicas. Es por esto que la disuasión estadounidense es realmente la única línea de defensa confiable que México, como potencial aliado estratégico de Estados Unidos, aspira a tener contra la amenaza de tecnologías tanto balísticas como hipersónicas mientras no se desarrollen capacidades de defensa propias.

CONCLUSIÓN

Las armas hipersónicas, principalmente los modelos HGVs y HCMs, no sólo tienen la capacidad de evadir prácticamente todos los sistemas de defensa anti-misiles actuales gracias a sus altas velocidades y trayectorias impredecibles, sino que también traen consigo el riesgo de desestabilizar el *status quo* internacional que la disuasión nuclear ha mantenido desde los tiempos de la Guerra Fría.

El vuelo hipersónico ha sido posible durante aproximadamente 50 años; sin embargo, hasta ahora sólo se han logrado alcanzar dichas velocidades de manera temporal. Lo que las tecnologías actuales están permitiendo es sobrepasar los obstáculos técnicos que permitan lograr un vuelo a velocidades hipersónicas mantenidas y constantes durante todo el trayecto del objeto.

Los sistemas de defensa anti-misiles actuales, primariamente el GMD estadounidense, están diseñados principalmente para la intercepción de misiles y vehículos balísticos de largo alcance. Las armas hipersónicas, al no tener una trayectoria balística, sino más bien una trayectoria guiada, de baja altitud y con la habilidad de maniobrar en pleno vuelo, hace que su intercepción sea prácticamente imposible con los sistemas de defensa actuales.

El impacto estratégico de dicha vulnerabilidad es significativo. Por un lado, las grandes potencias pueden verse sumergidas en una nueva carrera armamentística por poseer un arsenal lo suficientemente grande y efectivo tanto para coercer como para disuadir. Por el otro lado, la proliferación de esta tecnología podría provocar que, de hacerse con este tipo de armas, potencias menores y actores no estatales puedan representar una amenaza que les dé la confianza y seguridad para perseguir agendas políticas más agresivas.



En el caso de México, su actual vulnerabilidad a los misiles balísticos lo hace igual de vulnerable a las armas hipersónicas, por lo que el nivel de amenaza realmente no cambia. De verse involucrado en un conflicto armado, la única línea de defensa contra misiles tanto balísticos como hipersónicos con la que México podría contar es el sistema de defensa anti-misiles estadounidense, el cual cubre la totalidad del territorio mexicano, pero, al ya no haber tratados de defensa entre Estados Unidos y México, sólo se podría esperar que fuera ofrecido si dicho conflicto armado también amenaza los intereses y seguridad nacional de los Estados Unidos. Mientras México no cuente con sus propios sistemas de defensa, se encontrará sujeto a esta dependencia defensiva de los Estados Unidos.

A pesar de que la tecnología hipersónica aún está en desarrollo y proceso de maduración, tanto las fuerzas armadas, como los gobiernos y la comunidad internacional cuentan con apenas un puñado de años para hacer frente a las amenazas y efectos desestabilizadores que la proliferación de esta tecnología invariablemente traerá consigo.



BIBLIOGRAFÍA

- Brimelow, B. (2018, Marzo 4). *Hypersonic weapons can make virtually all missile defenses useless — and destabilize the world order*. <http://www.businessinsider.com/hypersonic-weapons-could-nullify-missile-defenses-2018-2>
- CaspianReport. (2018, Marzo 21). *Impact of hypersonic weapons*. https://www.youtube.com/watch?v=us00_VWOqzo
- CSIS Missile Threat. *The Ground-based Midcourse Defense (GMD) system*. <https://missilethreat.csis.org/system/gmd>
- CSIS Missile Threat. *Ground-based Midcourse Defense FAQs*. <https://missilethreat.csis.org/ground-based-midcourse-defense-resources/>
- Department of Defense. (2010, Febrero). *Ballistic Missile Defense Review Report*. http://archive.defense.gov/bmdr/docs/BMDR%20as%20of%2026JAN10%200630_for%20web.pdf
- Erwin, Sandra (2018, Mayo 20). *Missile-tracking satellites are part of the plan to foil Russia's hypersonic weapons*. <http://spacenews.com/missile-tracking-satellites-are-part-of-the-plan-to-foil-russias-hypersonic-weapons/>
- Lewis, Jeffrey. (2017, Agosto 24). *Is Launch Under Attack Feasible?* <http://www.nti.org/analysis/articles/launch-under-attack-feasible/>
- Lewis, P., Heather Williams, Benoît Pelopidas and Sasan Aghlani. (2014, Abril). *Too Close for Comfort Cases of Near Nuclear Use and Options for Policy*. http://www.chathamhouse.org/sites/default/files/field/field_document/20140428TooCloseforComfortNuclearUseLewisWilliamsPelopidasAghlani.pdf
- Macias, Amanda. (2018, Marzo 21). *Russia and China are 'aggressively developing' hypersonic weapons — here's what they are and why the US can't defend against them*. <https://www.cnbc.com/2018/03/21/hypersonic-weapons-what-they-are-and-why-us-cant-defend-against-them.html>
- NASA. (2004, Enero 30). *What's a Scramjet?*. https://www.nasa.gov/missions/research/f_scramjets.html
- Osborn, Kris. (2017, Diciembre 7). *Northrop Grumman and Boeing Have Plans to Turbocharge America's Nuclear ICBMs*. <http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/northrop-grumman-boeing-have-plans-turbocharge-americas-23545>
- Smith, H. (2017, Agosto 7). *What Is Supersonic Flight?*. <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-supersonic-flight-58.html>
- Speier, R. (2018, Marzo 26). *Hypersonic Missiles: A New Proliferation Challenge*. <https://www.rand.org/blog/2018/03/hypersonic-missiles-a-new-proliferation-challenge.html>



- Speier, R., George Nacouzi, Carrie A. Lee and Richard M. Moore. (2017). *Hypersonic Missile Nonproliferation - Hindering the Spread of a New Class of Weapons*.
https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2137.html
- RAND Corporation. (2017a, Septiembre 28). *Hypersonic Missile Nonproliferation*.
<https://www.youtube.com/watch?v=FyUTNRluAqc>
- RAND Corporation. (2017b). *Hypersonic Missile Nonproliferation Hindering the Spread of a New Class of Weapons*. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR2137.html
- Peake, E. (2017, Octubre 29). *Hypersonic missiles are coming to change warfare forever*.
<http://www.wired.co.uk/article/this-is-how-hypersonic-missiles-could-change-the-future-of-warfare>
- Seidel, Jamie (2018, Abril 23). *US Air Force spends \$1 billion to speed up hypersonic missile program*.
<https://www.news.com.au/technology/innovation/military/us-air-force-spends-1-billion-to-speed-up-hypersonic-missile-program/news-story/af395b743afd302061fadcd6684bf814>
- Sonne, Paul. (2018, Marzo 2). *Pentagon looks to adjust missile defense policy to include threats from Russia, China*. https://www.washingtonpost.com/world/national-security/pentagon-looks-to-adjust-missile-defense-policy-to-include-threats-from-russia-china/2018/03/01/2358ae22-1be5-11e8-8a2c-1a6665f59e95_story.html?noredirect=on&utm_term=.7bbe6a5ce1ec
- Union of Concerned Scientists. *How Does Missile Defense Work?*. <https://www.ucsusa.org/nuclear-weapons/missile-defense/how-gmd-missile-defense-works#.Ww2BdkgyUk>