

<https://doi.org/10.47460/athenea.v3i9.42>

## Avances en sistemas de defensa antiaérea

Páliz Patricio

<https://orcid.org/0000-0003-4294-116X>

pxpaliz@gmail.com

Fuerza Terrestre Ecuatoriana,  
Brigada de Artillería 27 Portete  
Cuenca-Ecuador

Acosta Juan

<https://orcid.org/0000-0003-1007-5076>

panchoacosta01@hotmail.com

Fuerza Terrestre Ecuatoriana,  
Brigada de Artillería 27 Portete  
Cuenca-Ecuador

Tiuma Alexis

<https://orcid.org/0000-0002-2015-2656>

alexis.tiuma@hotmail.com

Fuerza Terrestre Ecuatoriana,  
Brigada de Artillería 27 Portete  
Cuenca-Ecuador

Bravo Marlon

<https://orcid.org/0000-0002-9690-7445>

marlonbrav89@gmail.com

Fuerza Terrestre Ecuatoriana,  
Brigada de Artillería 27 Portete  
Cuenca-Ecuador

Recibido(23/05/2022), Aceptado(17/06/2022)

**Resumen.**-En el presente trabajo se presentan de manera técnica los avances y características de los sistemas de defensa antiaéreos. Se recopiló información a partir de una revisión sistemática en bases de datos especializadas referentes estrictamente al ámbito de la defensa militar de amenazas aerotransportadas. Se han desarrollado múltiples avances, algunos en los que la Inteligencia Artificial IA ya juega un papel fundamental permitiendo en algunos eventos tomar decisiones con mayor probabilidad de acierto y precisión frente a las decisiones y velocidad de respuestas humanas.

**Palabras clave:** Sistemas de defensa, Defensa antiaérea, Aeronáutica Militar

### Advances in air defense systems

**Abstract.-** This paper presents the advances and characteristics of air defence systems technically. The information is derived from a systematic review of technical databases dealing exclusively with military defence against airborne threats. Many advances have been developed in which Artificial Intelligence AI already plays a fundamental role, in some cases enabling decisions to be made with greater probability of success and precision than with decisions and the speed of human reactions.

**Keywords:** Defense Systems, Air Defense, Military Aeronautics.



---

## I. INTRODUCCIÓN.

La defensa aérea es un componente clave en el arsenal militar de cualquier nación y tiene la capacidad de proporcionar a los líderes nacionales lo que es esencialmente un escudo para proteger a su gente, a las fuerzas terrestres y aeroespaciales, siendo la clave para una defensa exitosa una adecuada ofensiva que evite a la amenaza aerotransportada llegar a su destino.

Con el incremento del terrorismo en todo el mundo, los países y organismos de defensa están buscando nuevas formas de hacer retroceder a los atacantes a través del uso de armas de ataque aéreo. Las armas aéreas se emplean mediante el uso de aviones o misiles para atacar objetivos desde las alturas [1]. Los éxitos de los ataques con armas de ataque aéreo se basan en un cierto grado de inacción de la parte atacada como el blindaje y el apagón. Por esta razón, tales ataques no son ideales cuando los militares están operando en áreas de baja intensidad y los insurgentes tienen una inteligencia extraordinaria sobre los movimientos [1].

Las primeras armas de ataque aéreo utilizadas fueron las primeras encarnaciones de las bombas, en particular la bomba Napalm, que fue desplegada por primera vez por los Estados Unidos contra las fuerzas atrincheradas en el Lejano Oriente durante la Segunda Guerra Mundial. Con tecnología más sofisticada y capacidades de navegación más precisas, las ballestas, comenzaron a usarse para ataques aéreos con apoyo cercano de las fuerzas terrestres. Un sistema llamado "Nail" permaneció en funcionamiento hasta al menos 1946, pero la artillería nuclear comenzó a reemplazarlos a medida que se desarrollaba la tecnología de misiles. La proliferación nuclear, particularmente después de que la "Operación Buda Sonriente" de la India realizara una prueba de explosión de aire de bajo rendimiento en 1974 que tuvo un impacto significativo en la opinión pública sobre las pruebas atmosféricas, redujo considerablemente la cantidad de grupos de combate que permanecen regularmente en el aire en un momento dado [2].

Los acontecimientos mundiales recientes que han llevado a guerras también conducen indirectamente a la producción de misiles destinados al ataque. Dado que los misiles disparados en un ataque aéreo pueden causar mucho daño, siempre existen razones para explicar por qué fueron necesario su uso. El problema es que hay numerosas quejas de ciertos grupos sobre lo malo que realmente puede ser el lanzamiento de misiles contra los propios soldados del atacante y las personas dentro de las designaciones aéreas por las que están atacando.

Existe la necesidad de contrarrestar acciones hostiles en diversas áreas del país, dedicadas a la defensa, protección de las fronteras nacionales en el sentido militar y aseguramiento de la soberanía estatal en el espacio aéreo. Implementar tales tareas es más difícil con una subdivisión no sistematizada e inadecuada de los recursos humanos y su asignación entre varias subdivisiones.

La deficiencia en equipamiento militar resulta del actual nivel de desarrollo en algunos países del mundo, en otros países de mayor tamaño, los sistemas de defensa tienen trayectoria en sus desarrollos y habitualmente están constituidos por radares de largo alcance en sistemas transportables/robóticos (demostrado mediante pruebas técnicas), ametralladoras rotatorias dinámicas de fuego para vehículos oruga o blindados, pequeñas estaciones de armas con torretas, para todo tipo de despliegue rápido. vehículos o remolques separados para montajes de vehículos blindados ligeros y todo tipo de helicópteros; estaciones de armas [3].

En la sección que continua se describen los desarrollos tecnológicos implementados y teorizados según la revisión sistemática, se detallan los resultados y hallazgos de la información obtenida y finalmente se presentan las conclusiones respecto de los avances y estado actual de los sistemas de defensa antiaérea.

Los sistemas de defensa aérea son buenos para proteger los recursos terrestres y marítimos de los ataques aéreos. Según la región y el tipo de fuerzas militares que entren en conflicto, las defensas aéreas pueden variar mucho en fuerza. En un conflicto regional donde los dos bandos son similares y no se puede lograr la superioridad aérea, la importancia central de los sistemas de defensa aérea queda clara como una gran ventaja sobre el enemigo. En terrenos de combate que contienen montañas (continente o islas pequeñas), la artillería antiaérea operada por humanos o controlada por computadora puede ser muy efectiva [1]. En el campo de batalla del desierto, donde las tormentas de arena pueden ocultar los movimientos de los bombarderos y las defensas aéreas terrestres son menos efectivas, generalmente se utilizan misiles montados en helicópteros o aviones no tripulados. Las aeronaves se pueden usar para lanzar artillería en la batalla o realizar misiones de apoyo aéreo cercano con armas montadas en vehículos aéreos como ametralladoras y cañones automáticos [4].

Un importante desarrollo reciente en los sistemas integrados de defensa aérea es el empleo de sistemas cibernéticos y de interferencia para negar el acceso de las aeronaves intrusas enemigas al espacio aéreo. Estas tecnologías emplean una combinación de terminales cinéticos y no cinéticos. La Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) presentó una impresionante variedad de nuevas armas para respaldar sus compromisos en la Cumbre de Gales de septiembre de 2014. En China se ha acelerado la inversión en tecnologías anti aeroespaciales que van desde bloqueadores hasta codificadores y láseres [2].

Un grupo de trabajo naval ha desarrollado una nueva formulación para el problema de la defensa aérea de los buques de guerra. Se ha propuesto un método de solución basado en definir el problema de asignación de misiles (MAP) como la asignación óptima de un conjunto de misiles tierra-aire (SAM) de un grupo de trabajo naval a un conjunto de objetivos aéreos atacantes. El MAP es una nueva forma de abordar un problema actual frente al aumento de las capacidades de misiles antibuque (ASM), los diferentes niveles de capacidades de defensa aérea de los buques de guerra contra la amenaza ASM y la nueva tecnología que permite una defensa totalmente coordinada y colectiva. Además de asignar SAM a ASM, MAP también programa el lanzamiento de rondas SAM de acuerdo con la política de compromiso shoot-look-shoot o sus variaciones, considerando múltiples sistemas SAM y tipos de ASM. MAP se puede utilizar para la planificación de la defensa aérea en un escenario determinado [3].

La figura 1, presenta de forma gráfica los componentes y etapas mediante la cual se realiza la interceptación de los misiles enviados por un atacante.

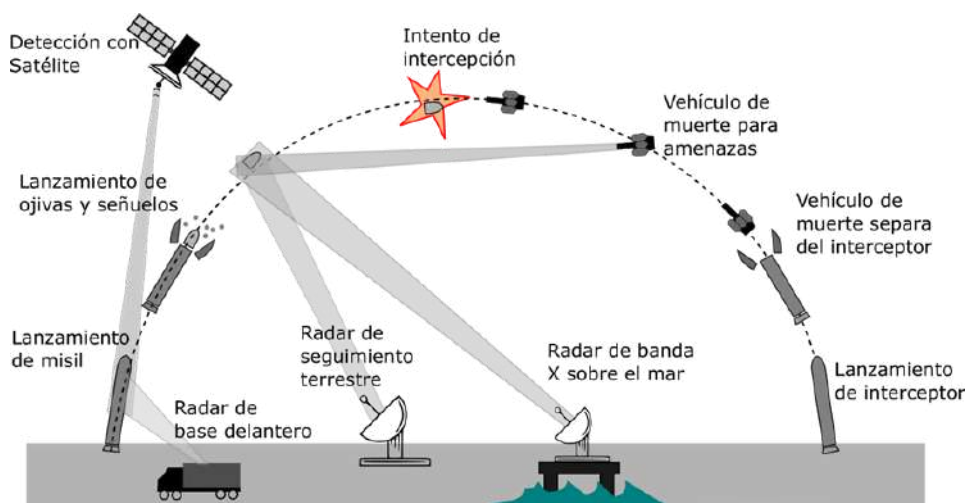


Fig 1. Esquema del proceso de interceptación de misiles de ataque en espacio aéreo.

La figura 1, presenta una primera etapa en la que hay detección cuando un misil es lanzado cuya información es obtenida por un satélite, adicionalmente existen vehículos móviles con radar para contener la ubicación del misil. El sistema también tiene un conjunto de radares terrestres fijo o en bases marítimas sobre las aguas que permiten entre ellas ubicar la posición exacta del misil. Por otra parte, el sistema de defensa lanza un misil con un dispositivo interior que interceptará de forma directa al misil del enemigo, este vehículo transporta un sistema de seguimiento y navegación autónomo que le permitirá interceptar al misil enemigo. Las funciones del sistema de defensa antimisiles, comprende un conjunto de dispositivos interconectados para permitir el monitoreo, control y adquisición de información en tiempo real del movimiento y existencia de misiles en espacios aéreos y terrestres.

Un conjunto de sensores satelitales, radares terrestres y marítimos son usados para proveer de un sistema de monitoreo que permite la detección temprana de misiles ofensivos, adicional a esto permite la discriminación y el seguimiento para su posterior interceptación. [5]

Los sistemas interceptores lo constituyen misiles que procuran eliminar la amenaza haciendo contacto con el misil ofensivo y evitando que este llegue a su objetivo. Existen interceptores de una sola pieza como el Patriot Advanced Capability-3 (PAC-3), mientras que otros son lanzados desde silos terrestres, camiones móviles o barcos.

Los sistemas de comando y control permiten procesar la información adquirida por los sensores y de acuerdo con esta, se envía señales a los sistemas interceptores y vehículos terrestres, adicional a esto, los sistemas pueden coordinarse con la red que atiende incendios a nivel nacional.

Existen principalmente tres tipos de sistemas de defensa antimisiles: defensas de baja altitud, tecnología láser aerotransportada y sistemas de defensa aérea a nivel terrestre. Los componentes de defensa antimisiles, como el radar, están estandarizados a nivel internacional para detectar misiles entrantes, mientras que la capacidad de interceptor suele ser propiedad de los grandes fabricantes de armas de EEUU [6].

Los sistemas avanzados como los misiles Patriot y THAAD, junto con otros sistemas de radar, detectan en promedio casi el 100% de todos los misiles entrantes, esto no significa que los misiles aún no puedan ser interceptados. Hay muchos factores disuasorios que dificultan que los ataques de los países desarrollados y en desarrollo logren atacar a otros países en primer lugar. Lo más notable a mencionar es que en cada choque singular de superpotencias hasta ahora, nadie destruyó una ciudad, esto nos indica cuán bueno es realmente estos sistemas de defensa para evitar daños.

La Iniciativa de Defensa Estratégica de los Estados Unidos (SDI) es un sistema de defensa antimisiles investigado iniciado en 1983, durante la presidencia de Ronald Reagan. El objetivo de este programa era crear un sistema que proporcionara defensas contra los misiles nucleares enemigos. Fue comúnmente conocido como el proyecto "Star Wars", que es una película de Hollywood que el presidente vio antes de su toma de posesión y soñó con el desarrollo de Estados Unidos contra los ataques con misiles en una red de defensa impenetrable. Si bien muchos políticos y expertos ven como un movimiento equivocado invertir fuertemente en el desarrollo de escudos de defensa contra misiles balísticos en lugar de armas más convencionales, también se ha opinado que estas estrategias pueden ser más rentables direccionándolas a la atención médica de primera línea [7].

Los sistemas avanzados de defensa antimisiles son un arma relativamente nueva en el arsenal militar. En los últimos años, estos sistemas antimisiles han evolucionado considerablemente gracias a los avances tecnológicos en cohetes y radares. La posibilidad de que alguien pudiera modificar uno de sus cohetes para llevar armas nucleares se identificó por primera vez al comienzo de la Guerra Fría, esto llevó a Occidente a organizar redes de defensa en capas profundas con esquemas integrados de cooperación de radar y vigilancia aérea. Los misiles modernos son interceptados por misiles que fueron disparados escondiéndose detrás de la curvatura de la Tierra. Los más antiguos ni siquiera alcanzan la velocidad de escape antes de que la atmósfera de la Tierra los detenga, mientras que los misiles balísticos más nuevos usan cargas útiles que les permiten maniobrar fuera de la atmósfera de la Tierra para que puedan volver a entrar como señuelos y alejar los misiles defensivos del objetivo.

La guerra ha sido una fuerza importante para el crecimiento de la economía estadounidense, la protección de su gente y un impulsor para la innovación tecnológica que ha beneficiado a muchas más personas e industrias. En el contexto de esta carrera armamentista en curso, las tecnologías están evolucionando no solo para superar la tecnología defensiva disponible, sino también para adoptar atributos novedosos, incluso aquellos como el sigilo y la estética, expresamente para derrotarla; ahora hay una tendencia explícitamente dirigida a derrotar las capacidades defensivas. Es evidente que los oponentes están elaborando estrategias en su carrera armamentista para hacer que la guerra sea insostenible para cualquier competidor con fronteras "cerradas" (como Corea del Norte), o adoptando tecnologías que hacen que la guerra no sea rentable en general en grandes extensiones de terreno sin tener ninguna tecnología de protección explícita [8].

Se considera que algunos sistemas antimisiles avanzados son una mejor opción que las ojivas cinéticas. Los misiles avanzados para interceptación, como los interceptores lanzados desde tierra, barcos o misiles pueden proporcionar un mayor nivel de defensa y también poseer una naturaleza menos letal para las contramedidas. Algunos opositores al uso de sistemas antimisiles avanzados plantean dudas sobre las capacidades de estos escudos y si realmente se pueden implementar en escenarios relevantes sin causar daños colaterales graves.

Los sistemas antimisiles más avanzados brindan más protección contra los misiles que provienen de varios ángulos. No solo eliminan el misil en el camino, sino que los escombros voladores protegen otros activos militares vulnerables debajo. Ejemplos de estos sistemas son: "Terminal High Altitude Area Defense (THAAD) de EE. UU., Abkonte Y y Nakotcha de Rusia y HQ-9 de China. Los sistemas antimisiles más avanzados son clave para la seguridad en numerosos frentes en la situación mundial en constante cambio de hoy. El sistema (generalmente transportado o utilizado por un vehículo) brinda protección contra los misiles que llegan al objetivo desde diferentes ángulos según el lugar del mundo en el que se lanzan: en qué formaciones geográficas ingresan, su trayectoria balística y la ubicación en la que terminan descendiendo.

#### **A. Terminal de Defensa de Área de Gran Altitud (Terminal High Altitude Area Defense -THAAD-US)**

El sistema estadounidense de defensa antimisiles denominado THAAD se emplea como apoyo en la defensa de Corea del Sur de un posible ataque por parte de Corea del Norte. Este sistema brinda protección para evadir el impacto de enemigos al disparar cohetes adversarios con un rango de protección de más de 300 millas antes de que descarguen su arsenal hacia sus puntos objetivos. En la figura 2 se aprecia un esquema de los componentes principales de este sistema que consta de radares móviles, estaciones de mando y control y vehículos de lanzamiento de dispositivos interceptores [9].

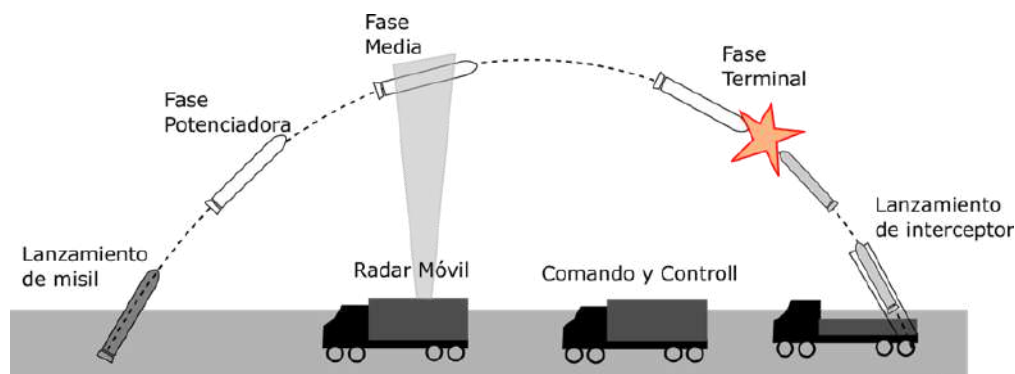


Fig 2. Esquema de la distribución y componentes del Sistema antimisiles THAAD-US.

El Terminal High Altitude Area Defense es un sistema de misiles antibalísticos que el gobierno de EE. UU. despliega en varios países para defenderlos de las crecientes amenazas de misiles, como el programa de misiles de Corea del Norte. THAAD es un sistema de interceptación de misiles que está diseñado para atacar y destruir misiles balísticos dentro o fuera de la atmósfera terrestre durante su fase terminal de vuelo. El alcance del radar AN/TPY-2 tiene un módulo de transmisión/recepción del tamaño de una pelota de golf montado en la parte superior de un pedestal de 30 pies que puede volar hasta 200 pies en el aire.

Los interceptores THAAD utilizan energía cinética o un vehículo exterminador exoatmosférico para destruir los misiles balísticos tácticos entrantes en el espacio durante su fase final, o terminal, después de que hayan dejado la atmósfera y hayan comenzado a caer de regreso a la Tierra [8].

### **B. Sistema antimisiles Abkonte Y y Nakotcha de Rusia**

Junto con grandes proyectos para la defensa civil y militar, Rusia ha desarrollado sus operaciones militares en Crimea y en Siria empleando estaciones de radar. Estas estaciones han inquietado a otros países debido a las amenazas de misiles en sus fronteras.

Numerosos contratistas ofrecen soluciones innovadoras en el ámbito de los sistemas de defensa antiaérea y de misiles, protección contra minas o equipos de barrido de minas y diversas soluciones de software para el centro de mando y operaciones. Algunos de los proveedores de sistemas más avanzados incluyen el sistema Abkonte Y. Nakotcha, basados en las líneas de montaje de la planta AvtoVAZ, que producen vehículos de transporte y cuyo sistema Krizantema-P es uno de los equipos antimisiles más nuevos desarrollados por Almaz Central Design Bureau [10].

La ciencia de datos y el aprendizaje automático son el núcleo de la inteligencia detrás del reciente sistema antimisiles ruso Abkonte Y. Abkonteh que Rusia se creó como un "sistema de misiles antiaéreos compuesto por una serie de instalaciones de combate y baterías de radar que forman colectivamente una base de defensa aérea. Este caso de uso explica cómo se puede usar la recopilación de datos en grandes sistemas estratégicos para demostrar el éxito .

### **C. Sistema antimisiles HQ-9 de China**

El sistema HQ-9 fue diseñado y fabricado en China por un consorcio que incluía el Instituto de Investigación 716, el Instituto 601, la Academia 047 y China Avionics Engineering Co. El punto de ensamblaje final para el HQ-9 probablemente fue Shanghai según la evidencia circunstancial de que el radar en la base de Pingshan con un radio de 80 kilómetros a su alrededor podría proporcionar cobertura para la adquisición de objetivos para tales radares.

El HQ-9 está armado con seis misiles en lugar de solo cuatro que se encuentran en los equivalentes occidentales como los sistemas israelíes Barak o los sistemas American Patriot. El despliegue de estas armas implica cargar dos misiles en un bote montado en un remolque permitiendo reducir la vulnerabilidad al ataque [11].

El sistema HQ-9 es uno de los sistemas más desarrollados en China, posee una autonomía de 400 kilómetros, tiene tres versiones. Un sistema antimisiles efectivo se puede resumir mediante tres factores: distancia, tiempo de reacción y rango de destrucción. Con estas características, HQ-9 forma una cadena de combate confiable y fluida para durabilidad y capacidad de ataque a misiles enemigos con una mejor precisión. Cuanto mayor sea el alcance de destrucción de un sistema antimisiles, menos vulnerable será su área de despliegue a los ataques enemigos. A largas distancias, las contramedidas o los cohetes no detectan un misil en absoluto, por lo que las posibilidades de intercepción se reducen significativamente.

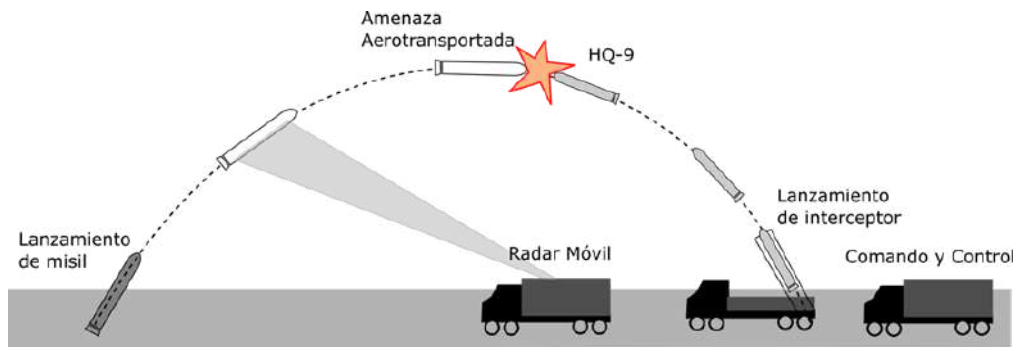


Fig 3. Esquema de la distribución y componentes del Sistema antimisiles HQ-9 -China.

**D. Nuevos Avances Tecnológicos para sistemas antimisiles**

Los militares y los presupuestos se han centrado en dispositivos de energía dirigida (DEW) durante años, pero la tecnología ahora está haciéndolas más asequibles. Si bien no está claro qué tan fácil será desplegar completamente esta tecnología en el combate, las últimas pruebas del prototipo DEW han demostrado que ha ido más allá de una idea abstracta. A medida que la tecnología se desarrolla y se somete a pruebas fuera de los laboratorios, es probable que atraiga una mayor atención de los militares y los gobiernos que buscan establecer una superioridad técnica sobre los adversarios [12].

El principio de funcionamiento de las armas de energía dirigida se analiza actualmente en la implementación de los sistemas antimisiles dado que una de las características de estos dispositivos es generar haz de láseres con capacidad de inhabilitar aviones o misiles, adicional a esto puede generar ondas electromagnéticas de longitudes cortas (milimétricas o microondas) o haces de partículas que pueden deteriorar estructuras moleculares o atómicas del misil, inhabilitándolo para llegar a su objetivo. En la figura 4 se aprecia un esquema de los dispositivos de alta energía y potencia en microondas.

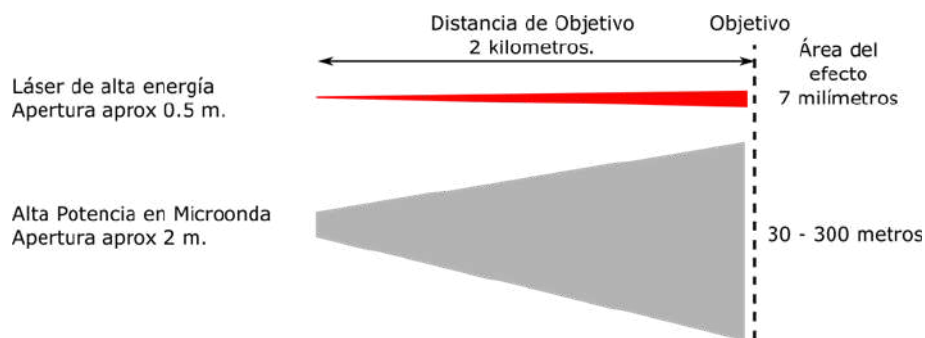


Fig 4. Alcances de los dispositivos de energía dirigida en alta energía (láser) y alta potencia en microondas.

Para la destrucción de los misiles enemigos en etapas tempranas de lanzamiento y cuando este aún se encuentra en la atmósfera terrestre. Esta tecnología permite discriminar si se trata de una ojiva letal o pedazos del misil una vez que ha lanzado señuelos. Interceptar al misil en su impulso es mucho más fácil de detectar que cuando esta ha pasado a fases avanzadas de vuelo. Esta alternativa de defensa se apoya del uso de los dispositivos de energía dirigida.

Una alternativa para interceptar a los misiles en su etapa temprana es el uso de drones que transportan un sistema de láser de alta energía con capacidad de desactivar misiles balísticos. Otra tecnología moderna es el EM Railgun que consiste en dispositivo de largo alcance y que dispara proyectiles mediante electricidad en forma de propulsión electromagnética. Los campos magnéticos se lanzan pasando de 0 a 6 machs en aproximadamente 10 milisegundos. Los proyectiles utilizados poseen una masa de 23 libras y buscan impactar evitando su detonación en el campo de batalla, el alcance de este dispositivo alcanza las 100 millas náuticas [12].

Para cuestiones de monitoreo se analiza la posibilidad de incorporar los sistemas Global Hawk de origen estadounidense, los cuales han sido desplegados para mantener vigilada la actividad bélica que pueda afectar contra las naciones. Este sistema emplea una serie de aviones de alta capacidad que evita el despliegue de tropas en varios lugares del mundo y puede alimentar con su información a los sistemas antimisiles desplegados en tierra [13]. En etapa de pruebas, se están realizando pruebas de un cañón activado con pólvora denominado Hyper-Velocity (HVP) que tiene un diámetro de 5 mm de pulgadas y que se pretende incorporar al arsenal de defensa de misiles balísticos de los Estados Unidos.

Existe un sensor hipersónico y balístico que puede proporcionar seguimiento desde el lanzamiento hasta el impacto de un misil enemigo, que inclusive puede discriminar si es arsenal propio o de otras procedencias. La Agencia de Desarrollo Espacial (SDA) ha empleado este tipo de sensores HBTSS para su monitoreo de defensa en órbita baja (LEO). Este sensor se basa en el funcionamiento de una red de satélites y trabajar de forma colaborativa detectando misiles hipersónicos sobre toda la superficie terrestre. Existe una iniciativa denominada Join All-Domain Command & Control (JADC2) con la que se propone reemplazar los sistemas actuales de dominio y control por uno que unifique las acciones de comunicación en los dominios de mar, aire, tierra, cibernética y espacio, fuerzas comandadas por el ejército de los Estados Unidos. La iniciativa propuesta busca incorporar todos los datos y usarlos a tiempo para garantizar una mejor respuesta de defensa incluyendo los ataques con misiles que pudieran ocurrir [14].

Uno de los aportes más significativos en la eficiencia de los sistemas antimisiles es el desarrollo de los sistemas de radares de largo alcance de estado sólido (LRDR). Este sistema constituye una base fundamental y soporte para la defensa antimisiles de Estados Unidos. Este tipo de radar permite búsqueda, rastreo y discriminación, siendo esta última capacidad, un aspecto crítico de la defensa antimisiles ya que una de las tareas más complejas es distinguir los objetos letales de los escombros y señuelos alrededor del objeto letal. El LTAMDS es un sensor de 360 grados que se utiliza para una variedad de propósitos, incluida la defensa antimisiles, su modularidad y funcionalidad cruzada aseguran que sea cómodo de implementar y ha sido diseñado para defenderse contra las amenazas de seguridad más avanzadas, incluidos misiles balísticos tácticos, aviones y misiles. LTAMDS tiene una detección de largo alcance de más de 360 grados de espacio de batalla y la capacidad de detectar y rastrear objetivos de maniobra de alta velocidad y proporcionar datos a la red [14].

El sistema Multi-Object Kill Vehicle (MOKV) permite que se lance más de un vehículo de destrucción (antimisiles) desde un solo propulsor. Este sistema consta del vehículo de transporte con sensores a bordo y una serie de vehículos destructores simples y más pequeños que lo habitual. La carga útil integrada está diseñada para adaptarse a los propulsores interceptores existentes. Esta estrategia ayuda a mejorar la intercepción de los misiles incrementando la probabilidad de éxito en la operación [15].



### III. METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda de los sistemas antimisiles con las palabras claves anti-misile system defense, a partir de esto se hallaron documentos en las bases de Web of Sciences, Science Direct y SCOPUS. La figura 5 presenta el flujo de trabajo de la revisión realizada, de la cual eliminando los documentos duplicados y cribando los trabajos según sus títulos, abstract y contenido se obtuvieron 15 documentos relevantes que dieron soporte al desarrollo de este documento.

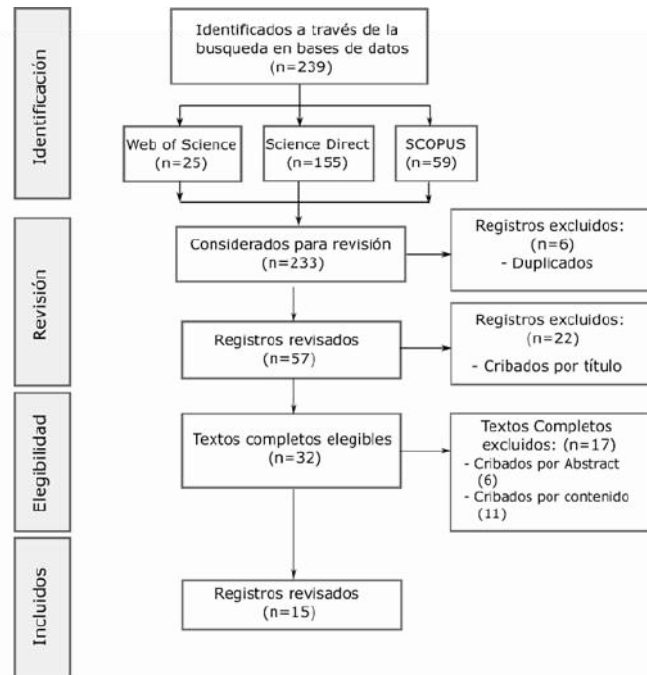


Fig 5. Flujo de trabajo de la Revisión Sistemática realizada con las palabras clave: Anti-misile, System, Defense

### IV. RESULTADOS

Se han evidenciado múltiples desarrollos a partir de la revisión sistemática realizada, a pesar de que existen documentos en revistas científicas, la información técnica de operación de estos sistemas no se especifica por motivos de seguridad ya que el gobierno y uso de estas tecnologías son de carácter militar y confidencial.

La tecnología ha implementado en los sistemas antimisiles, técnicas nuevas como el uso de energía directa para inhabilitar el funcionamiento del sistema de navegación de los misiles y evitar que lleguen a sus objetivos. Adicional a esto, se han mejorado notablemente el alcance, cobertura de detección, tiempos de respuesta y técnicas para una mejor discriminación entre el arsenal aerotransportado y los señuelos disparados, lo cual implica una gran ventaja para mejorar la defensa.

Los desarrollos de estos sistemas implican cuantiosas sumas de dinero para los países, este gasto ha sido motivo de debates en torno a que estas inversiones pueden dirigirse a atender a los afectados causando mayor impacto y brindando mayor bienestar que desarrollando tecnologías antimisiles.

### CONCLUSIONES

El sector militar ha conseguido un gran apoyo por parte de las naciones para la implementación y desarrollo de nuevas tecnologías antimisiles, aspecto que requiere además del aporte de grandes cantidades de dinero para la inversión de estos sistemas, siendo Estados Unidos uno de los países que más ha desarrollado estos proyectos y que posee múltiples puntos del planeta para dar apoyo en la defensa de países aliados.

Los avances en sistemas antimisiles incorporan técnicas de Machine Learning e Inteligencia Artificial, lo cual les permite obtener respuestas mucho más rápidas y eficientes en las decisiones respecto de las capacidades humanas y frente a ataques de misiles. Los desarrollos tecnológicos deben continuamente someterse a programas de mejora debido a que los sistemas de ataque enemigos también desarrollan proyectos con dispositivos más difíciles de rastrear y que incluyen el lanzamiento de señuelos que confunden en ocasiones a los sistemas de detección.

La incorporación y uso de satélites para fines de defensa representa una gran ventaja técnica a la hora de detectar el lanzamiento de misiles de largo alcance, lo que permite una mejor y rápida respuesta. Adicional a esto, el uso de drones aéreos de ataque con energía directa que invalidan los sistemas de navegación de los misiles, permiten una actuación más temprana y objetiva ante estas amenazas.

## REFERENCIAS

- [1] J.-U. Kim y M. Kuk-Heug, «A Research on China's ballistic missile modernization and the Terminal High Altitude Area Defense (THAAD) system in Korea», *J. China Stud.*, vol. 21, n.o 4, pp. 139-153, 2018, doi: 10.20288/JCS.2018.21.4.139.
- [2] H.-Y. Kim, «A Study on the Effects of Non-Tariff Barriers after THAAD Dispute between Korea and China», *KOREA Int. Commer. Rev.* vol. 32, n.o 3, pp. 211-230, 2017.
- [3] J. Zhang, J. Jiang, y Y. Chen, «Air defense and anti-missile weapons allocation in hierarchical systems under multi-objectives and multi decision-makers condition», *Guofang Keji Daxue Xuebao Journal Natl. Univ. Def. Technol.*, vol. 37, n.o 1, pp. 171-178, 2015, doi: 10.11887/j.cn.201501029.
- [4] D. Li, Q. Zhang, X. Li, Y. Xu, y J. Yang, «Architecture modeling for equipment of airborne anti-missile based on DoDAF», *Xi Tong Gong Cheng Yu Dian Zi Ji Shu Systems Eng. Electron.*, vol. 39, n.o 5, pp. 1036-1041, 2017, doi: 10.3969/j.issn.1001-506X.2017.05.14.
- [5] J. Yan, W. Pu, H. Liu, S. Zhou, y Z. Bao, «Cooperative target assignment and dwell allocation for multiple target tracking in phased array radar network», *SIGNAL Process.*, vol. 141, pp. 74-83, dic. 2017, doi: 10.1016/j.sigpro.2017.05.014.
- [6] E. Blanche, «El AI to fit anti-SAM system», *Janes Missiles Rockets*, 2004, [En línea]. Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-23844544671&partnerID=40&md5=063a401d1853b1bbc442375032cd9f2b>
- [7] B. Lara, «Europe and the anti-missile defenses», *UNISCI Discuss. Pap.*, vol. 30, pp. 93-109, 2012.
- [8] J. Lee, «Korea's THAAD Deployment and China's Retaliation - Implication for China's Obligation under the GATS -», «THAAD, Korean J. Int. Econ. Law, vol. 15, n.o 2, pp. 7-42, 2017, doi: 10.46271/KJIEL.2017.07.15.2.7.
- [9] L.-X. Zhao y K. Changgyeong, «["China's Cognition on THAAD Deployment and Improvement of Sino-ROK Relationship", *Chin. Stud.*, vol. 61, pp. 413-424, 2017, doi: 10.14378/KACS.2017.61.61.24.
- [10] S. J. Cimbala, «Missile Defenses and Mother Russia: Scarecrow or Showstopper?», *Eur. Secur.*, vol. 16, n.o 3-4, pp. 289-306, sep. 2007, doi: 10.1080/09662830701751133.
- [11] A. Sheldon-Duplaix, «Russia-China Naval Partnership and Its Significance», en *Russia-China Relations*, S. Kirchberger, S. Sinjen, y N. Wörmer, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 101-120. doi: 10.1007/978-3-030-97012-3\_6.
- [12] H. Obering, «Directed Energy Weapons Are Real . . . And Disruptive», *Dir. ENERGY WEAPONS*, n.o 3, p. 10.
- [13] M. N. Mirza, I. H. Qaisrani, L. A. Ali, y A. A. Naqvi, «Unmanned Aerial Vehicles: A Revolution in the Making», *South Asian Stud.*, p. 15.
- [14] «SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.pdf». Accedido: 13 de agosto de 2022. [En línea]. Disponible en: <https://media.defense.gov/2022/Mar/17/2002958406/-1/-1/1/SUMMARY-OF-THE-JOINT-ALL-DOMAIN-COMMAND-AND-CONTROL-STRATEGY.PDF>
- [15] «Multi-Object Kill Vehicle (MOKV) - Missile Defense Advocacy Alliance». <https://missiledefenseadvocacy.org/defense-systems/multiple-kill-vehicle-mkv/> (accedido 13 de agosto de 2022).

**LOS AUTORES**

**Mayor de Artillería Patricio Xavier Páliz Ochoa**, perteneciente al Ejército Ecuatoriano, Jefe de seguridad Integrada de la Brigada de Artillería Nro.27 "PORTETE", pxpaliz@gmail.com, Licenciado en Ciencias Militares de la Escuela politécnica de Fuerzas Armadas "ESPE", Magister en Gerencia y Liderazgo Educativo de la Universidad Técnica Particular de Loja, Jefe de Seguridad en la destrucción de la munición desmilitarizada de la Fuerza Terrestre (2013), Instructor de cadetes en la Escuela Superior Militar "Eloy Alfaro" (2016-2019), Capacitación en Análisis y Gestión de Riesgos para la Seguridad.



**Mayor de Material de Guerra Juan Francisco Acosta Bedon** del Ejército Ecuatoriano, Comando de Apoyo Logístico Nro. 27 "PORTETE". panchoacosta01@hotmail.com. Maestría en Dirección Logística UNIR (España). Diplomado en Planificación y Gestión de Riesgos y desastres (Chile). Jefe de equipo de inspección y certificación del Ejército de munición calibre mayor y menor desde 2007-2009. Oficial de Material de Guerra del Grupo de Artillería Nro. 7 "CABO MINACHO" desde 2011-2013. Capacitación Logística en la empresa IMI Systems Ltda. 2019 (Israel). Sub comandante del Comando de Apoyo Logístico Nro. 27 "PORTETE". Área de investigación: Sistemas de defensa antiaérea, sistemas logísticos militares, gestión de riesgos y logística humanitaria.



**Capitán de Artillería Alexis Tiuma**, Ejército Ecuatoriano Oficial de Logística del Grupo de Artillería Lanzadores Múltiples Nro. 80 "CALDERÓN", alexis.tiuma@hotmail.com, Licenciado en Ciencias Militares en la Escuela Politécnica del Ejército, Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. (Ecuador) .



**Capitán de Artillería Marlon Ricardo Bravo Espinel**, Ejército Ecuatoriano, Comando y Estado Mayor de la Brigada de Artillería Nro. 27 "PORTETE". Marlonbrav89@gmail.com. Licenciado en Ciencias Militares Escuela Superior Militar "Eloy Alfaro", Sub comandante de Batería del Grupo de Artillería Nro. 1 "BOLIVAR" (2014-2016), Curso de Centro Director de Tiro Experto de Artillería (Ecuador), Licenciado en Pedagogía de la Actividad Física y Deporte Universidad de Fuerzas Armadas ESPE (Ecuador), Curso de Pedagogía mediado por TIC, Diplomado en Aprendizaje basado en proyectos universidad Politécnica (Colombia), Abogado Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador), Oficial de Cultura física y miembro de la plana mayor especial de la Brigada de Artillería Nro.27 "PORTETE".