

1. PROSPECTIVA, VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA ESTRATÉGICA

1.1

Armas de energía dirigida (DEWs)

Por el Cnl A (R) DIM Juan Carlos M. Perez Arrieu*

1. Resumen
2. Introducción, Qué son y a qué se llaman armas de energía dirigida, árbol tecnológico, Antecedentes en el campo militar.
3. Armas de pulso electromagnético (EMP), Qué es un EMP, Armas EMP de origen nuclear - Bomba Arco Iris - Pulso EMP de gran altitud (HEMP), armas EMP no nucleares (NNEMP) - Proyecto CHAMP, estudios de defensa contra EMP.
4. Armas láser, introducción, qué es un láser - usos más comunes, principales proyectos en desarrollo, empresas y fabricantes.
5. A modo de conclusión.
6. Glosario
7. Bibliografía -fuentes.

La tecnología modifica la doctrina

1. RESUMEN

Después de décadas de investigación y desarrollo, las armas de energía dirigida todavía se encuentran en la etapa experimental y aún sus metas están pendientes. ¿Cuándo se utilizarán como armas prácticas y de alto rendimiento? Eso depende de las amenazas y de la percepción de su utilidad en el campo de combate. Recordemos que los sistemas de armas se diseñan a partir de las capacidades del blanco.

El objetivo de un arma de pulso electromagnético (EMP) es destruir las capacidades de C3¹, las redes de energía, los equipos electrónicos, generando caos en el caso de un ataque masivo. No causa bajas directamente, actualmente son una realidad y están disponibles.

1 C3: comando control y comunicaciones.

Las armas láser tienen otros objetivos, su desarrollo está motivado principalmente por el uso generalizado de drones, las inquietantes armas hipersónicas y la ampliación del campo de combate al segmento espacial.

Estados Unidos, Rusia, China, India, Alemania y el Reino Unido se encuentran invirtiendo y desarrollando sistemas de armas de energía dirigida. Para la década del 2020, podrían ser una solución a los problemas que la tecnología militar de punta y disruptiva plantean, su desarrollo anticipa la forma del campo de combate futuro.

Este trabajo pretende mostrar un panorama general sobre las tecnologías y proyectos de las armas de energía dirigida disponibles y en desarrollo y su posible uso en el campo de la defensa y seguridad.

Resulta trascendental que los organismos de defensa y seguridad se anticipen a las nuevas amenazas, se capaciten y equiven para garantizar la supervivencia y la continuidad de las operaciones.

Las armas láser (LaWS) ya son una meta de la Ingeniería Militar; los proyectos en desarrollo en Estados Unidos, Rusia, China, el Reino Unido y Alemania anticipan una solución para proteger a las tropas de misiles ICBM e hipersónicos, sistemas aéreos no tripulados (UAS), cohetes, artillería y morteros...

PALABRAS CLAVE

Armas de energía dirigida; *Directed energy and electrical weapon systems*; pulso electromagnético; *Advanced Technology Weapons, Directed Energy Weapons, DEW, Laser Weapons, High Power Microwaves, HPM, Particle Beam Weapons, Electromagnetic Pulse, EMP.*

2. INTRODUCCIÓN

QUÉ SON Y A QUÉ SE LLAMA ARMAS DE ENERGÍA DIRIGIDA

La mayoría de las armas convencionales dependen de la energía química (explosivos) ya sea como bombas – granadas, o para crear energía cinética (lanzar un proyectil), las DEWs son diferentes: utilizan energía electromagnética para cumplir con su finalidad, envían energía en vez de materia.

Un arma de energía dirigida es un artefacto o un sistema de armas (SA) diseñado para neutralizar o destruir un objetivo mediante la emisión de energía radiante altamente enfocada o a través de pulsos electromagnéticos.

Se utilizan en su diseño diversos tipos de tecnologías como son la nuclear, el láser, las microondas, los haces de partículas y los generadores de pulsos electromagnéticos.

Su empleo se previó como sistemas de armas antipersonal, de defensa antimisiles o de morteros para neutralizar vehículos con armadura ligera o para anular la infraestructura energética y electrónica de un área empleando armas de pulso electromagnético, por ejemplo, el generado por una bomba nuclear que detona a gran altura (HEMP)².

² *High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP)* - Mendieta R., Eduardo - El pulso electromagnético (PEM): La energía más destructiva Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología, núm. 3, 2008, pp. 57-61 Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, Ecuador.

Se pueden incluir en las DEWs hasta las pequeñas pistolas eléctricas (Taser o Stun Gun) que producen una descarga eléctrica para inmovilizar a un agresor, hoy de uso común en algunas Fuerzas de Seguridad (o para defensa personal).

Una clasificación más general las denomina como **armas eléctricas**, así se incluye a los lanzadores electromagnéticos (EM), como los recientes desarrollos de cañones Rail Gun (de Estados Unidos y China) que pueden lanzar proyectiles a velocidades hipersónicas (mayores a mach 5).

ÁRBOL TECNOLÓGICO

Los árboles tecnológicos son una estructura de los subsectores a vigilar en un formato de árbol que permiten relacionar la actividad de C&T+i con las posibles próximas líneas de productos y su tendencia³.

En la Figura 1 se puede apreciar un árbol tecnológico elemental, en el cual a la izquierda observamos las distintas denominaciones con que se pueden referir las DEWs, y a la derecha los principales campos de interés.

FIGURA 1: ÁRBOL TECNOLÓGICO ELEMENTAL SOBRE ARMAS DE ENERGÍA DIRIGIDA



Fuente: Elaboración propia

3 Marc Giget, Les bonzais de l'industrie japonaise, 1984

ANTECEDENTES DE SU EMPLEO COMO ARMAS EN EL CAMPO MILITAR

LAS IDEAS FORMAN EL CONOCIMIENTO

Las ideas , las creencias y el conocimiento forman nuestro modo de pensar y actuar, particularmente los rayos, el fuego, los objetos brillantes, han estado siempre presentes en la cultura y las civilizaciones que nos precedieron han sido y son, símbolos de poder y de capacidad de destrucción.

El rayo fue, es y seguirá siendo uno de los fenómenos más extraordinarios de la naturaleza, fue interpretado en la antigüedad en forma de fuego en las culturas mesopotámicas y del antiguo Egipto, en la cultura caldea se encuentra un sello “que muestra a una diosa parada sobre los hombros de un guardián alado, tras de ella sobre un carro de cuatro ruedas, está el dios del tiempo lanzando rayos”⁴.

En la mitología china, el rayo está representado por la colorida diosa Tien Mu, que sostiene firmemente dos espejos para dirigir los destellos.

En la mitología griega se representa a Zeus con un manojo de rayos, que cuando deseaba castigar a los mortales lanzaba un rayo para destruirlos.

El más famoso de los antiguos dioses normandos, Thor, producía rayos a medida que su martillo golpeaba un yunque. También en las culturas precolombinas, como en las del lejano oriente, siempre era el rayo el símbolo de un poder que sólo podía ser ostentado por los dioses.

Las armas de energía dirigida han sido un elemento básico de la literatura de ciencia ficción y de los escenarios de guerras futuras desde que HG Wells publicó “La guerra de los mundos” en 1898, con sus “rayos de calor” marcianos.

Con el avance de la ciencia, la idea se transformó en acciones, el conocimiento, hoy más que antes sinónimo de poder, fue legado a los hombres, en plena Gran Guerra. En 1916, Albert Einstein publicó en una revista de Zurich un artículo que llevaba por título “Teoría cuántica de la radiación”, así se inicia el camino hacia el Maser y el Láser. En 1945, el proyecto Manhattan culminaba con la primera detonación nuclear que conlleva un pulso electromagnético derivado de la explosión; el 16 de mayo de 1960, el ingeniero y físico aeronáutico de Hughes, Theodore Harold Maimain, genera la primera luz coherente del mundo de su láser de rubí rosado de estado sólido... Empiezan a delinear las DEW.

Las ideas forman el conocimiento,
los nuevos conocimientos generan nuevas ideas.

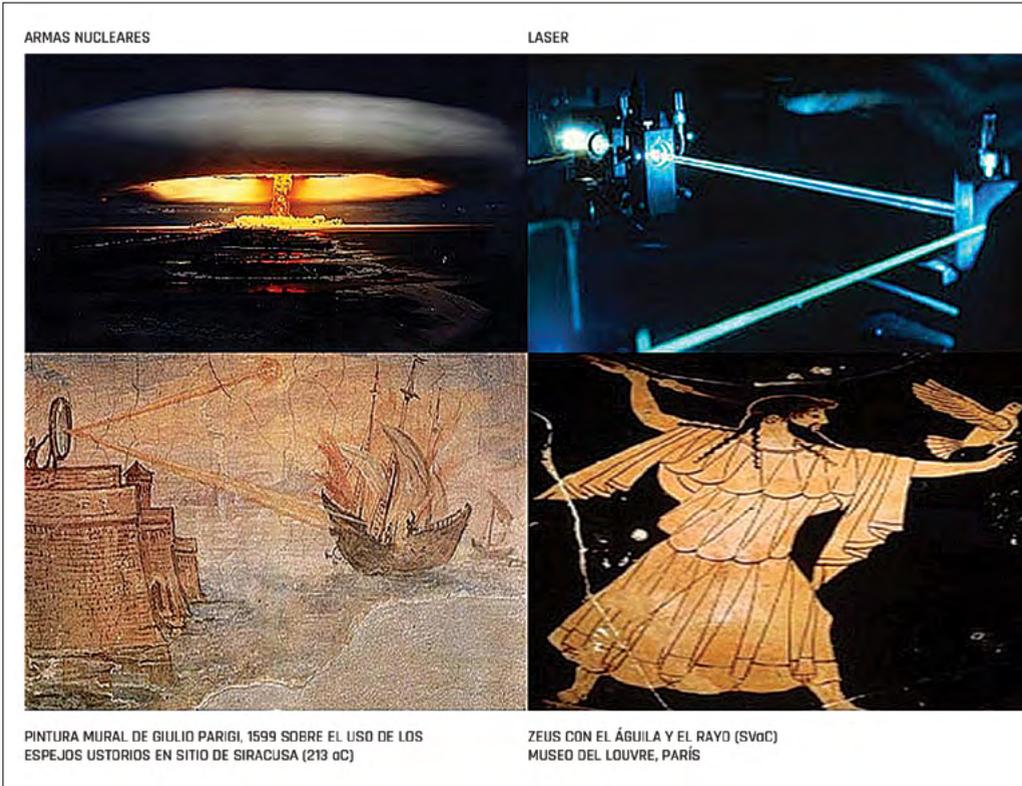
“RAYOS” EN EL CAMPO MILITAR

> Siracusa 213 AC: los Romanos sitian la ciudad griega , Arquímedes utiliza espejos ustorios para hacer arder la flota invasora⁵... En la figura 2 se aprecia una pintura del siglo XVI que hace referencia a la batalla.

⁴ Horacio Torres Sánchez, 1991, UN; **Los rayos: una visión mitológica, científica y tecnológica**”; <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4902903.pdf>

⁵ Luciano de Samosata (125- 180dC) de <https://irreductible.naukas.com/2009/11/27/el-rayo-de-arquimedes-de-siracusa-a-los-cazamos/> - consultado el 30setiembre 2018

FIGURA 2: IDEAS, CREENCIAS Y CONOCIMIENTO



- > Estados Unidos (Primera Guerra Mundial): el ingeniero e inventor Nikola Tesla trabaja en su “rayo de la muerte”, declara a la revista Madrid Científico, que podía “emitir, a través del aire, una onda eléctrica que haga estallar a gran distancia los explosivos del enemigo”... “Puede afirmarse casi con seguridad, que esta es la última guerra en que la pólvora y los explosivos decidirán la lucha. La guerra futura se hará por medio de la electricidad. El cañón resultará impotente para el arma del porvenir. Se ha llegado al límite”⁶...
- > Estados Unidos, Océano Pacífico, Isla de Johnston 1962: durante la prueba nuclear Starfish Prime, llevada a cabo por la Defense Atomic Support Agency (DASA) y la Atomic Energy Commission (Comisión de energía atómica, o AEC, por sus siglas en inglés), se detecta por primera vez de manera accidental, un pulso electromagnético (EMP) producto de la explosión. La bomba (1.4 megatones), fabricada en Los Alamos Scientific Laboratory (Laboratorio Científico de Los Álamos), detona a 400 kilómetros de altura generando un EMP con amplitudes en decenas de kilovoltios por metro, con un radio de efectos de cientos a miles de kilómetros. Este efecto EMP a gran altitud (también conocido como HEMP) puede desactivar los sistemas eléctricos y electrónicos en general, plantea los mayores riesgos para las líneas de alta tensión y las comunica-

⁶ <https://www.abc.es/20110518/archivo/abci-nikola-tesla-rayo-muerte-201105171653.html> - consultado el 30 de setiembre de 2018

ciones de larga distancia. Desde entonces, todas las potencias nucleares de primer orden han incorporado a su arsenal armas capaces de producirlo⁷...

- > Unión Soviética (1966): el gobierno emite un decreto sobre el inicio del trabajo en el programa Terra 3, es el comienzo del programa de láser soviético. Un grupo de científicos eminentes - NG. Basov, Yu.B. Khariton, G.V. Kisunko y E.N. Tsarevsky, envían una nota al Comité Central del PCUS sobre la posibilidad de utilizar un generador cuántico óptico (el nombre del láser, utilizado en la ciencia soviética en ese momento) en defensa de un ataque con misiles. La nota específica es que, con el desarrollo apropiado del láser y algunas otras tecnologías, es posible crear una instalación de combate que golpeará los misiles balísticos enemigos con un haz dirigido⁸....
- > 1978: se da comienzo al proyecto de Estados Unidos ESCALIBUR de investigación de armas nucleares para desarrollar un láser de rayos-X como un arma de energía dirigida a la defensa en contra de misiles balísticos. El proyecto se desactiva en 1988.
- > Estados Unidos (1983): Ronald Reagan lanza la Iniciativa de Defensa Estratégica (Strategic Defense Initiative, SDI, por sus siglas en inglés) conocida popularmente como Guerra de las Galaxias. Proponía un escudo defensivo ante un ataque soviético con armas balísticas estratégicas; entre otras armas, se proponían láseres para su uso en el segmento espacial...
- > Marina de los Estados Unidos, Golfo Pérsico, USS PONCE (2014), a bordo del buque de transporte anfibio USS Ponce, se instaló un arma láser destinada principalmente a desactivar o destruir drones y pequeñas embarcaciones. El teniente Cale Hughes, oficial del sistema de armas láser, comenta a la CNN :”No nos preocupamos por el viento, no nos preocupamos por el alcance, no nos preocupamos por nada más, somos capaces de alcanzar los objetivos a la velocidad de la luz”⁹...

3. ARMAS DE PULSO ELECTROMAGNÉTICO



La energía provoca un aumento repentino de voltaje en los equipos electrónicos, haciéndolos inútiles antes de que los protectores de sobrecarga tengan la oportunidad de reaccionar.

¿QUÉ ES UN EMP?

La energía generada por el pulso electromagnético (EMP)¹⁰ provoca un aumento repentino de voltaje en los equipos electrónicos, haciéndolos inútiles antes de que los protectores de sobrecarga tengan la oportunidad de reaccionar.

⁷ https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2017-01-01/bomba-atomica-guerra-fria-trump-pulso-electromagnetico_1310770/
<https://www.anfrix.com/2016/10/la-prueba-nuclear-espacial-que-destruyo-tres-satelites-y-dano-otros-tres-por-error/>, consultado el 30 de septiembre de 2018.

⁸ <https://www.globalsecurity.org/space/world/russia/terra-3.htm> - Proyecto Terra 3.

⁹ <http://www.ceptm.iue.edu.ar/index.php/2017/07/20/armas-de-energia-dirigida-la-us-navy-despliega-la-primera-arma-laser-operativa-en-el-golfo-persico/>
<https://edition.cnn.com/2017/07/17/politics/us-navy-drone-laser-weapon/index.html>

¹⁰ <http://www.ieee.es/contenido/noticias/2018/04/DIEEEA16-2018.html>

Puede ser provocado por causas naturales: por una tormenta solar, o por rayos, o generarse al encender un vehículo (de allí las normas que aíslan los fenómenos EM) o ser diseñados para ese fin artificialmente: por medio de una detonación nuclear o como armas EMP no nucleares. Ya antes de la primera detonación, el físico Enrico Fermi había previsto la ionización de la estratosfera por los rayos gama generados en la explosión.

El objetivo del EMP es anular las capacidades de comando y control, así como la infraestructura eléctrica (según su potencia y área de acción). Su detonación, en principio, no daña las personas ni provoca destrucción de las obras civiles, pero un apagón eléctrico en sí genera caos, se afectan, dejan de funcionar o enloquecen los sistemas electrónicos - informáticos, las redes energéticas, los sistemas de emergencia y el transporte, entre otros.

Los eventos de EMP menores son muy conocidos, causan niveles bajos de ruido eléctrico o interferencias que pueden afectar el funcionamiento de los dispositivos electrónicos. Por ejemplo, un problema común a mediados del siglo XX fue la interferencia emitida por los sistemas de encendido de los motores de combustión interna, lo que provocó interferencias en los aparatos de radio y los televisores. Es por ello que se introdujeron normas de compatibilidad electromagnética para la industria. A un nivel de alto voltaje, un EMP puede provocar una chispa.

Un potente EMP puede inducir altas corrientes y voltajes en la unidad víctima, lo que interrumpe temporalmente su función o incluso la daña permanentemente; también puede afectar directamente a los materiales magnéticos y corromper los datos almacenados en medios como cintas magnéticas y discos duros de computadoras. Es por ello que los discos duros suelen estar protegidos por carcasas de metal. Algunos proveedores de servicios y recicladores de computadoras utilizan un EMP controlado para eliminar dichos medios magnéticos.

Los efectos dañinos de EMP de alta energía han llevado a la introducción de armas EMP, desde misiles tácticos con un pequeño radio de efecto hasta bombas nucleares adaptadas para un efecto EMP máximo en un área amplia.



PULSO ELECTROMAGNÉTICO DE ORIGEN NUCLEAR (NEMP)

PULSO ELECTROMAGNÉTICO DE GRAN ALTITUD (HEMP)

BOMBA ARCO IRIS

El HEMP, o ataque de pulso electromagnético de gran altitud, conocido como Bomba Arco Iris por las auroras que crea en el cielo, consiste en detonar una bomba termonuclear de una potencia aproximada de un megatón, a una altitud entre 300 y 500 kilómetros sobre el objetivo. Este tipo de ataques llega a crear un campo electromagnético de unos 50.000 voltios por metro.

Cuando una bomba atómica explota en el aire sobre un lugar genera tres pulsos electromagnéticos comúnmente denominados: E1, E2, y E3.

E1 comienza con un pulso de rayos gamma que colisionan con la atmósfera a 32.000 metros ionizando los átomos; se produce entonces una lluvia de electrones (corriente Compton) que son repelidos por el campo magnético, la interacción de esos electrones con el campo magnético provoca un pulso de radiación electromagnética que según la definición de IEC, dura 1000 nanosegundos. El proceso de ionización en la estratosfera media hace que esta región se convierta en un conductor eléctrico, se bloquea la producción de más señales electromagnéticas y hace que la intensidad de campo se sature a aproximadamente a 50,000 voltios por metro. La intensidad

del pulso E1 depende de la latitud (en función del campo magnético), el número y la intensidad de los rayos gamma y en cierta medida de la altitud de la explosión.

E2 es un pulso de “tiempo intermedio” que, según la definición de IEC, dura entre un microsegundo y un segundo después de la explosión, tiene muchas similitudes con un rayo, aunque el E2 inducido por el rayo puede ser considerablemente más grande que un E2 nuclear. Debido a las similitudes y al uso generalizado de la tecnología de protección contra rayos, generalmente se considera que E2 es el más fácil de aislar.

El componente E3 es diferente de E1 y E2; es un pulso mucho más lento, que dura entre diez y cientos de segundos. Es causado por la distorsión temporal del campo magnético de la Tierra. El componente E3 tiene similitudes con una tormenta geomagnética causada por una llamarada solar o tormenta geomagnética. E3 puede producir corrientes inducidas geomagnéticamente en conductores eléctricos largos, lo que daña componentes como los transformadores de líneas eléctricas. Debido a la similitud entre las tormentas geomagnéticas inducidas por el sol y el E3 nuclear, se ha vuelto común referirse a las tormentas geomagnéticas inducidas por el sol como “Solar EMP”.

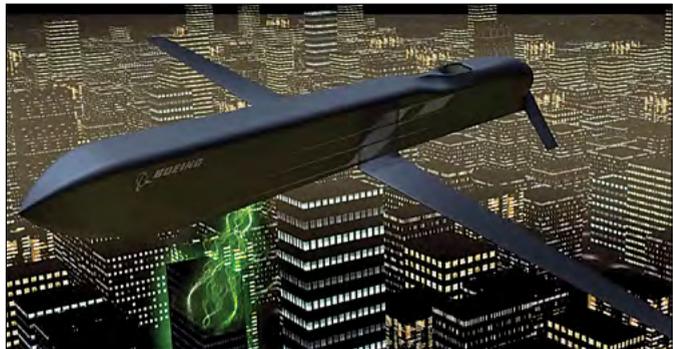
El objetivo del EPM consiste es destruir o anular las capacidades C3, las redes de energía eléctrica, los equipos electrónicos...

ARMAS DE PULSO ELECTROMAGNÉTICO NO NUCEAR (NNEMP)

PROYECTO CHAMP

Existen desarrollos de sistemas que producen un pulso electromagnético de distinta potencia: los hay desde portátiles en vehículos terrestres o aéreos, a modo de ejemplo citaremos el proyecto de Boeing, un arma no nuclear de EMP que desarrolla junto al Laboratorio de Investigación de la Fuerza Aérea Estadounidense y a Raytheon Ktech, el proyecto CHAMP¹¹ (acrónimo de Counter-Electronics High-Powered Advanced Missile Project); es un dispositivo aéreo que actúa sobrevolando sus objetivos emitiendo pulsos de micro-onadas de alta potencia. La figura 3 muestra un dibujo artístico de Boeing del proyecto CHAMP.

FIGURA 3: THE BOEING CHAMP (COUNTER-ELECTRONICS HIGH-POWERED MICROWAVE ADVANCED MISSILE PROJECT)¹²



ESTUDIOS DE DEFENSA Y SEGURIDAD CONTRA ATAQUES EMP

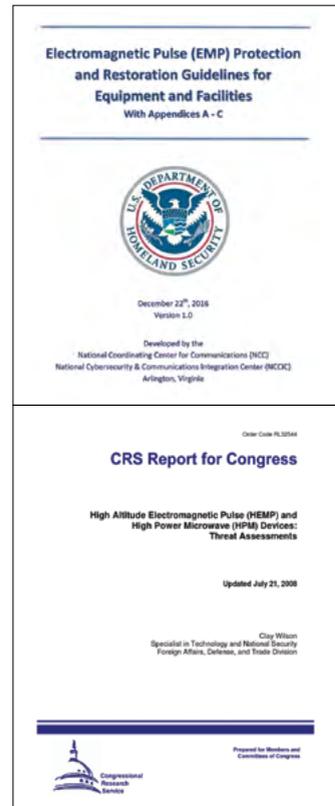
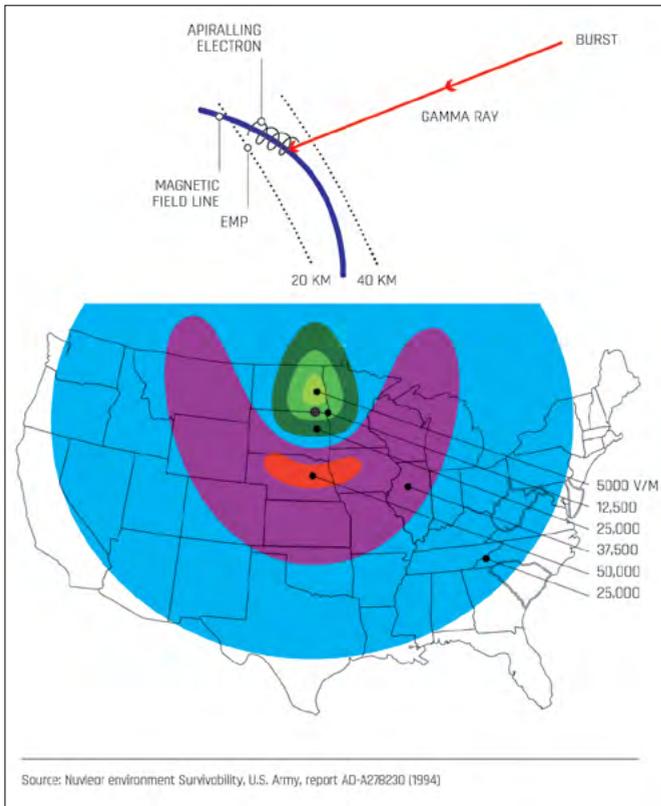
Especialmente en los Estados Unidos, se han realizado estudios preparados por distintos organismos gubernamentales, para la protección de EMP, ya sea causados por un fenómeno natural o

¹¹ <https://www.boeing.com/features/2012/10/bds-champ-10-22-12.page>
<https://www.zona-militar.com/2016/03/30/raytheon-se-adjudica-la-electronica-del-proyecto-champ/>

¹² <http://www.boeingimages.com/archive/Boeing%20CHAMP%20Attacks%20Target-2F3XC5PL3K7.html>

por causa de un ataque. A continuación, se enumeran algunos de esos informes que se encuentran disponibles en internet:

- > De 1994, el documento “*Nuclear environment survivability report*” proporciona una descripción general de los procedimientos de prueba y análisis requeridos para determinar los efectos del ambiente nuclear específico en el material del Ejército.
- > En 2008, redactado por una comisión de expertos al Congreso: “Evaluación de amenazas Pulso electromagnético de gran altitud (HEMP) y Dispositivos de microondas de alta potencia (HPM)”¹³.
- > En 2016, elaborado por el US Department of Homeland Security: “*Electromagnetic Pulse (EMP) Protection and Restorations Guidelines for Equipment and Facilities*”¹⁴, este documento proporciona recomendaciones para proteger y restaurar equipos electrónicos críticos, instalaciones y centros de comunicaciones y de datos.



El sitio web de Michael Mabee, autor de “Civil Defence Book” proporciona un listado de documentos gubernamentales de Estados Unidos sobre EMP y Grid Security <https://michaelmabee.info/government-documents-emp-and-grid-security/>

¹³ Reporte del comité de expertos al Congreso de EEUU https://www.wired.com/images_blogs/dangerroom/files/Ebomb.pdf

¹⁴ <https://publicintelligence.net/dhs-facilities-guidelines-emp/>

También se han desarrollado infraestructura para testear equipos como se ve en la figura 4.

FIGURA 4: PUESTO DE COMANDO AÉREO USAF SOMETIDO A UNA PRUEBA CON UN SIMULADOR EMP



4. ARMAS LÁSER



INTRODUCCIÓN

La palabra láser designa a los dispositivos que generan un haz de luz coherente como consecuencia de una emisión inducida o estimulada. Su nombre se debe a un acrónimo del inglés LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation - "Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación").

El descubrimiento del fenómeno lo realizó el físico teórico Albert Einstein en 1916, aunque el primer láser fue desarrollado por Maiman en 1960 utilizando como medio activo un cristal cilíndrico de rubí.

Existen numerosos tipos de láseres que se pueden clasificar de muy diversas formas; la más común es la que se refiere a su medio activo o conjunto de átomos o moléculas que pueden excitarse obteniéndose radiación electromagnética mediante emisión estimulada (p.ej. de estado sólido, de colorantes, de CO₂, de diodos semiconductores, Rx, etc...). Este medio puede encontrarse en cualquier estado de la materia: sólido, líquido, gas o plasma.

La luz láser, al igual que la luz visible, cumple todos los principios básicos de la óptica: transmisión, reflexión, refracción y absorción.

En general, un láser está formado por tres partes fundamentales: el material a utilizarse (que puede presentarse como sólido gaseoso o líquido, la excitación o energía que se suministra al material que también puede ser de origen químico, eléctrico, lumínico, térmico o nuclear y la cavidad resonante).

La figura 5 muestra un esquema elemental de un láser.

La tecnología láser se utiliza usualmente en la industria de la publicidad, automotriz, joyería, fabricación de moldes, carpintería, trabajos de arquitectura, imprenta, etc. Los equipos láser también pueden cortar y grabar materiales no metálicos como planchas de madera, papel, cartón, cuero, cuerina, telas, acrílico, plástico, corcho, goma, vidrio y muchas más. También se pueden grabar imágenes y caracteres en objetos cilíndricos como tazas y copas.

A fin de dar una idea sobre la capacidad de los equipos en la industria con láseres de hasta 4KW, se pueden llegar a cortar chapas de acero inoxidable o aluminio de 4 milímetros y de 10 milímetros en aceros al carbono¹⁶.

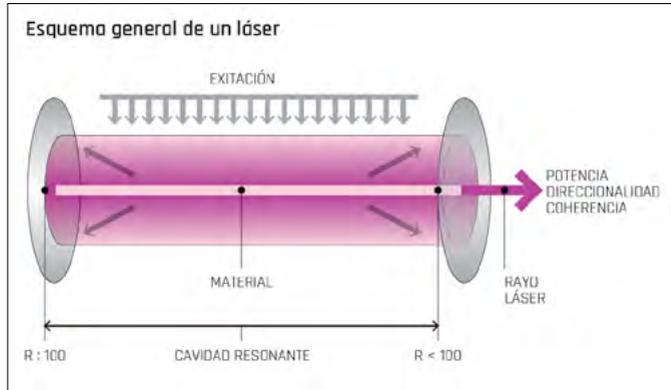
El empleo de medios láser en las Fuerzas Armadas es habitual, principalmente para el cálculo de distancias y señalamiento de objetivos, pero estos dispositivos no son considerados armas ya que su finalidad no es dañar personal o destruir material.

Para resumir, los usos más comunes de la tecnología láser se manifiestan en:

- > Medicina: en procedimientos quirúrgicos de distinto tipo, ya sea como bisturí o para sutura.
- > Industria, Impresoras 3D, sinterizado, soldadura (LBW)¹⁷, corte de metal (puede ser fácilmente enfocado, no se ejerce presión mecánica sobre la pieza, ofrece el beneficio de dejar bordes limpios y lo suficientemente suaves y, a menudo, están listas para su uso).
- > Subsistemas optoelectrónicas de distintos tipos, medición de distancias, telemetría, giróscopos, transmisión de datos, logística (escaneo de barras), seguridad, fotografía, escáneres 3D....
- > Defensa: telemetría, control y guiado (por ejemplo: guiado por haz director) comunicaciones, marcadores – designación de objetivos, cegamiento láser¹⁸, armas DEW.

Llegó el tiempo de las armas de energía dirigida DEW¹⁹

FIGURA 5: ESQUEMA ELEMENTAL DE UN LÁSER¹⁵



¹⁵ Eduardo J. Quel, "Láser: Física y Tecnología para aplicaciones médicas", CITEFA – CONICET, noviembre de 1988.

¹⁶ https://www.ekroboter.com/es/corte-y-plegado-cnc/?gclid=EAlalQobChMlusDC3ZHF3gIVEQ6RChOraA5gEAAAYiAAEgl_QvD_BwE

¹⁷ LBW: Laser Beam Welding - soldadura por haz láser.

¹⁸ Argentina es parte de la "Convención sobre ciertas armas convencionales" (CCA o CCAC) y el protocolo IV prohíbe el uso de armas láser cegadoras. <http://www.un.org/es/disarmament/conventionalarms/index.shtml>

¹⁹ DEWs: directed energy weapons <https://www.boozallen.com/d/insight/blog/the-time-has-come-for-directed-energy.html>

PRINCIPALES PROYECTOS EN DESARROLLO DE ARMAS LÁSER

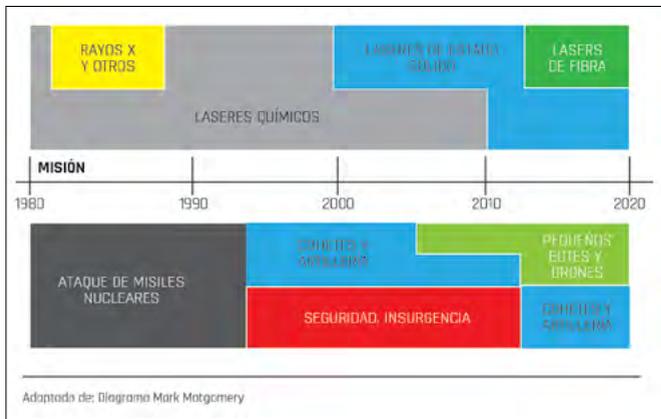
Como complemento de las armas cinéticas, las armas láser pueden proporcionar mejor capacidad y eficacia para la defensa de misiles balísticos, amenazas hipersónicas, sistemas no tripulados, el combate terrestre, defensa aérea y amenazas asimétricas para barcos, aviones, vehículos y personas.

Otras razones de por qué los hacen atractivos:

- > costo por disparo (frente a los millones de un misil interceptor),
- > ahorran espacio,
- > abastecimiento: no se quedan sin munición (siempre que tengan energía suficiente),
- > el efecto en el blanco es muy selectivo: no causa daños colaterales...

A través de los años, la tecnología militar láser evoluciono desde los rayos láser químicos hasta los de fibra²⁰ como vemos en la figura 6.

FIGURA 6: DESARROLLO DE LÁSERES SEGÚN TIPO DE MISIÓN /AMENAZA



Los láseres de alta energía (HEL) tienen el potencial de servir a una variedad de misiones militares, particularmente como armas o como dispositivos de comunicaciones de gran ancho de banda. Sin embargo, los requisitos masivos de tamaño, peso y potencia (SWaP)²¹ de los sistemas láser limitan su uso en muchas plataformas.

A las limitaciones SWaP, se suma la turbulencia de la atmósfera que se manifiesta a medida que aumentan las fluctuaciones de densidad del aire,

así como el tamaño del rayo láser en el objetivo con la distancia, lo que limita la efectividad en distancias largas y se disminuye la irradiancia²².

Recientemente, el programa Excalibur de DARPA desarrolló y empleó con éxito una matriz óptica de 21 elementos, cada uno de ellos impulsado por amplificadores de fibra láser (OPA). Esta matriz de baja potencia se usó para golpear con precisión un objetivo a 7 kilómetros. "El éxito de esta prueba del mundo real proporciona evidencia de hasta qué punto los láseres OPA podrían superar a los láseres heredados con la óptica convencional. También refuerza los argumentos para la escalabilidad de esta tecnología y su idoneidad para las pruebas de alta potencia", dijo Joseph Mangano, gerente del programa DARPA. DARPA está planificando pruebas en los próximos tres años para demostrar capacidades a niveles crecientes de potencia; en última instancia, hasta 100 kilovatios.

²⁰ <https://spectrum.ieee.org/aerospace/military/fiber-lasers-mean-ray-guns-are-coming>

²¹ SWaP : Size , Weight and Power

²² Irradiancia : potencia incidente por unidad de superficie

La reciente demostración de Excalibur utilizó un algoritmo de optimización ultrarrápido para corregir activamente la distorsión atmosférica severa resultante en submilisegundos para maximizar la irradiación del láser entregada al objetivo.

La exitosa demostración ayuda a promover el objetivo de Excalibur de un sistema láser de 100 kilovatios en una configuración de OPA SWaP escalable y ultra-baja compatible con las plataformas de sistemas de armas existentes.

“Con una eficiencia de energía de más del 35 por ciento y la calidad de haz casi perfecta de los arreglos de láser de fibra, estos sistemas pueden lograr el SWaP ultra bajo requerido para el despliegue en un amplio espectro de plataformas”, dijo Mangano. “Más allá de las armas láser, esta tecnología también puede beneficiar a aplicaciones de baja potencia como las comunicaciones láser y la búsqueda e identificación de objetivos”.

En las figuras 7 y 8 podemos ver un resumen de los principales proyectos por país, nótese la supremacía de proyectos (inversión) de los Estados Unidos²³.

FIGURA 7: PROYECTOS ARMAS LASER DE ESTADOS UNIDOS.

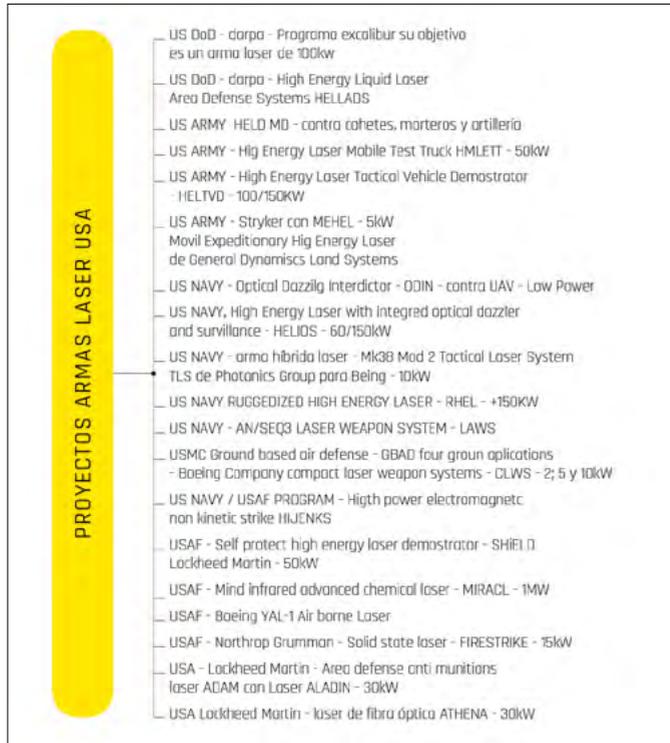


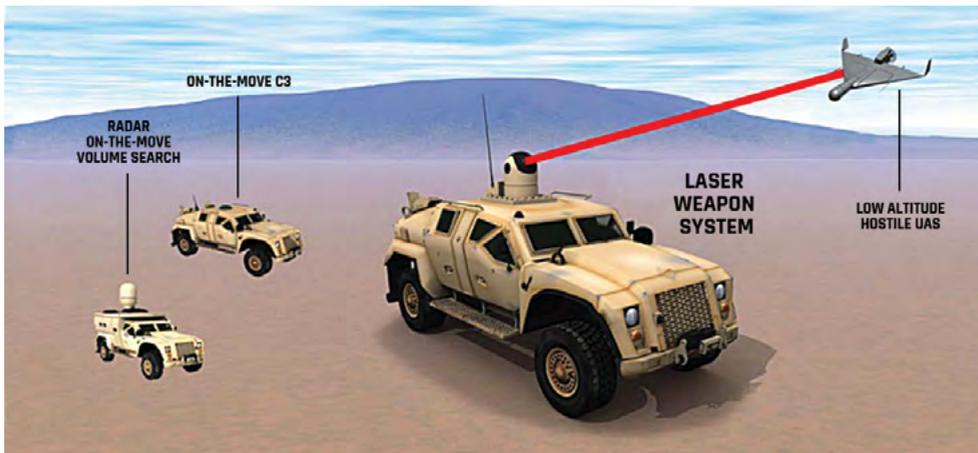
FIGURA 8: PROYECTOS ARMAS LÁSER NO GENERADOS EN ESTADOS UNIDOS



Fuente: Elaboración propia

A modo de ejemplo, a continuación presentamos algunos “concept” de uso y proyectos en desarrollo especialmente para empleo terrestre:

²³ <https://newatlas.com/laser-weapons-future-warfare/52801/>



Concept del US Naval Institute
<https://news.usni.org/2016/06/23/walsh-directed-energy>



MEHEL, banco de pruebas láser en un chasis de vehículo Stryker y sirve como plataforma para investigación y desarrollo.

MEHEL 2.0 cuenta con un láser actualizado de 2kW a 5kW y otras capacidades adicionales de C-UAS.

https://www.army.mil/article/184353/army_demonstrates_integration_of_laser_weapon_on_combat_vehicle
<https://i-hls.com/archives/81705>



EXCALIBUR de DARPA emplea con éxito una matriz óptica de 21 elementos. Impulsado por amplificadores de fibra láser, alcanzó con precisión un objetivo a 7 kilómetros.

El proyecto apunta láseres de fibra de 100kW
<https://www.darpa.mil/news-events/2014-03-06>
<https://spectrum.ieee.org/aerospace/military/fiber-lasers-mean-ray-guns-are-coming>



LAWs instalado en el USS Dewey - US NAVY - o el USS PONCE (30kW)

<https://news.usni.org/2014/02/28/document-report-navy-shipboard-lasers>



HEL MD (10kW) realizó una serie de pruebas en White Sands Missile Range, NM, probando el HEL MD, que interceptó exitosamente en más de 85 rondas de mortero, 69 fueron destruidas en vuelo.

El proyecto de HEL MD, incluye: el láser, la plataforma, el comando y el control, la gestión térmica y la potencia desde el láser actual de 10kW a un 50kW, y finalmente un láser de 100kW para el programa.

https://www.army.mil/article/121949/directed_energy_symposium_focuses_on_solutions_to_threats



El desarrollo Chino de Poly Technologies - LOW ALTITUDE GUARD II de 30kW y alcance de 4km.

En la feria internacional de armas KADEX en Kazajstan en mayo de 2018, China presentó un sistema de armas láser anti-UAV que se presentó como una herramienta contraterrorismo (policía) o de defensa aérea (Fuerzas Armadas).

Es transportado por un sistema de camión 6x6 o desplegado en una posición fija. La potencia del láser puede reducirse a 5kW, 10kW y 20kW, si es necesario. El sistema láser puede perforar cinco placas de acero de 2 milímetros de espesor a 800 metros o una placa de acero de 5 milímetros a 1.000 metros. El Silent Hunter es capaz de interceptar un UAV con una envergadura inferior a 2 metros volando a una velocidad inferior a 60 metros por segundo (+200 kph) en rangos entre 200 metros y 4.000 metros. El sistema de defensa aérea láser Silent Hunter se implementó por primera vez durante la reunión del G20 en China en septiembre de 2016.

<http://www.airdefence.in/weapons/low-altitude-guard-ii/>

http://www.deagel.com/Artillery-Systems/Silent-Hunter_a003409001.aspx



El Cuerpo de Marines de los Estados Unidos requirió en 2018 a la Boeing, cinco sistemas de armas láser compactos. Los marines están buscando una protección confiable y rentable contra la creciente amenaza de los vehículos aéreos no tripulados. Se emplearán para aplicaciones terrestres ya sea sobre tripodes, estáticos o sobre vehículos.

Boeing ofrece configuraciones de 2kW; 5kW y 10kW.

<https://www.afcea.org/content/marines-consider-compact-laser-weapon>

Estas armas del futuro tienen una cualidad mágica e inquietante sobre ellas. Su precisión es como nada antes y su naturaleza ajustable significa que pueden configurarse para destruir un objetivo y dejar intacto el que está al lado.

PRINCIPALES EMPRESAS Y FABRICANTES²⁴

La tecnología DEWs ha madurado y los responsables de la Defensa a nivel global la perciben creíble y aprecian que se puede utilizar operativamente; la industria está diseñando y presentando prototipos operativos. El segmento de armas letales ha observado la mayor tasa de crecimiento. Están especialmente enfocados en hacer dispositivos que sean compactos y eficientes.

En busca de eficiencia y los requisitos de tamaño, peso y potencia (SWaP) en los sistemas láser de alta energía, el segmento de fibra láser lidera el mercado a nivel mundial.

Por comparación, los láseres de fibra industrial pueden ser muy potentes dado que suelen dar piezas metálicas de hasta 30 centímetros de espesor. Pero ese alto nivel de potencia se produce al sacrificar la capacidad de enfocar el haz a una distancia. Las herramientas de corte y soldadura necesitan operar a solo centímetros de sus objetivos.

La potencia actual más alta de los láseres de fibra única (10kW) es lo suficientemente

²⁴ Military Laser Systems Market by Technology (Fiber Laser, Solid-State, Chemical Laser, CO2 Laser, Semiconductor Laser), Application (Defense, Homeland Security), Product Type - Forecast and Analysis to 2020 – <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/military-laser-systems-market-154285551.html>

Directed Energy Weapons (DEW) Market Size, Share, Report, Analysis, Trends & Forecast to 2023

<https://www.reuters.com/brandfeatures/venture-capital/article?id=12915>

BBC research Directed-energy and Military Lasers: Global Markets

<https://www.bccresearch.com/market-research/photonics/directed-energy-military-lasers-markets-report-pho015b.html>

buena para enfocar objetos a distancias de cientos de metros .

Aun así, es suficiente para los objetivos estacionarios, como las municiones sin explotar que quedan en el terreno, se puede mantener el láser fijo en el explosivo el tiempo suficiente como para hacerlo detonar.²⁵

Algunos de los jugadores clave en el mercado de Armas de Energía Dirigida Global (DEW) son:

Raytheon Company (U.S.)	Coherent Inc. (U.S.)
Newport Corporation (U.S.)	Lockheed Martin Corporation (U.S.)
Thales SA (Francia)	Northrop Grumman Corporation (US)
American Laser Enterprises, LLC (US)	Frankfurt Laser Company (Alemania)
BAE Systems PLC (US)	Boeing Company
Quantel (Francia)	Moog Inc
L-3 Communications Holdings	Rheinmetall AG
Quinetiq Group PLC	Azimuth Corporation
Textron Inc	Kratos Defense & Security Solutions
General Dynamics Corporation	MBDA
Rafael Advanced Defense Systems Ltd	

Hay urgencia: las armas hipersónicas nos dejan indefensos...

5. A MODO DE CONCLUSIÓN EL FUTURO DE LAS ARMAS DE ENERGÍA DIRIGIDA

Los láseres están lejos de convertirse en un tipo de arma de combate estándar, pero están en ese camino. La cantidad de proyectos y las inversiones nos dan señales y anticipan el campo de batalla futuro.

A medida que las amenazas continúan evolucionando como por ejemplo: por un ataque de enjambre de pequeños UAV (de drones o de lanchas rápidas), o por el aumento de la velocidad de los proyectiles (armas hipersónicas) surge la urgente necesidad de contrarrestarlas.

Por el momento, derriban UAVs y son capaces de neutralizar botes pequeños. A medida que se aumente su potencia y alcance proporcionarán capacidades ofensivas y defensivas que harán que muchas tecnologías militares queden obsoletas.

¿Será un tipo diferente de guerra?

A las armas de pulso electromagnético (EMP) ya disponibles, (pequeñas o las masivas de origen nuclear), a los drones, mulas robots, impresoras 3D replicando armas y robots, ahora se suman los láseres letales de precisión quirúrgica. Hay urgencia para instalarlas, sobre todo por las armas hipersónicas nos dejan indefensos...

La tecnología modifica la doctrina

“Las Aplicaciones de Energía Dirigida son consideradas tecnologías de ‘cambio de juego’ por parte del Ejército”, dijo Richard De Fatta, director de la Dirección de Tecnología Emergente dentro del Centro Técnico del Comando Estratégico del Ejército de Estados Unidos. “Cuando estén en

²⁵ <https://spectrum.ieee.org/aerospace/military/fiber-lasers-mean-ray-guns-are-coming>

campo, ofrecerán alternativas rentables y operativas a misiles convencionales, pistolas y sistemas similares. Una ‘bala’ de energía dirigida se genera casi completamente por energía eléctrica y no requiere reabastecimiento, excepto combustible para generar electricidad”.

De Fatta es el director principal del programa y asesor científico para futuros programas de investigación tecnológica en áreas tales como láseres de alta energía, microondas de alta potencia e interceptores en SMDC²⁶.

6. GLOSARIO DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

EMP: Electromagnetic Pulse	HPM : High Power Microwave	LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation	LBW: Laser Beam Welding
CHAMP: acrónimo de Counter-Electronics High-Powered Advanced Missile Project	IEMI : Interferencia electromagnética intencional	HEL: High Energy Laser	CLWS : Compact Laser Weapons System
DEW: directed energy weapon	NEMP: Nuclear electromagnetic pulse	THEL: Tactical High Energy Laser	PBW: Particle Beam Weapons
EM: electromagnético	NNEMP: Non-nuclear electromagnetic pulse	LASS: Low Altitude Laser Defending System	SWaP: requisitos de tamaño, peso y potencia
HEMP: high-altitude electromagnetic pulse		LIPC: Laser Induced Plasma Channel	

7. BIBLIOGRAFÍA - FUENTES

- > *Report to Congress on Army Directed Energy Weapons*: <https://news.usni.org/2018/02/21/report-congress-army-directed-energy-weapons>
- > Comisión para evaluar la amenaza a los Estados Unidos a partir de un ataque del pulso electromagnético(EMP), julio de 2017 <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1051492.pdf>
- > Alex Roso, Nelson; da Costa Moreira, Romero; Barbosa Oliveira, José Edimar: *High Power Laser Weapons and Operational Implications Journal of Aerospace Technology and Management*, volumen 6, número 3, julio-septiembre, 2014, pp. 231- 236 Instituto de Aeronáutica e Espaço São Paulo, Brasil
- > Fernando Ruiz Domínguez; Instituto Español de Estudios Estratégicos (ieee.es); Boletín electrónico; “Armas de energía dirigida: ¿El fin de las promesas inalcanzadas y el bajo rendimiento de los sistemas *High Energy Laser (HEL)*?”; febrero de 2016.
- > Military Aerospace , Laser Weapon , julio de 2018 <https://www.militaryaerospace.com/articles/print/volume-29/issue-7/special-report/laser-weapons-show-their-stuff-in-real-world-conditions.html>
- > IEEE SPECTRUN - Láseres de fibra , marzo de 2018 <https://spectrum.ieee.org/aerospace/military/fiber-lasers-mean-ray-guns-are-coming>
- > *China’s Progress with Directed Energy Weapons*, by Richard D. Fisher, Jr. Senior Fellow, International Assessment and Strategy Center Testimony before the U.S.-China Economic and Security Review Commission hearing, “China’s Advanced Weapons,” Washington, D.C, 23 de febrero de 2017 https://www.uscc.gov/sites/default/files/Fisher_Combined.pdf
- > Booz Hallen Hamilton; *The time has come for directed energy*; <https://www.boozallen.com/d/insight/blog/the-time-has-come-for-directed-energy.html>

²⁶ <https://spectrum.ieee.org/aerospace/military/fiber-lasers-mean-ray-guns-are-coming>

(*) **Juan Carlos Perez Arrieu:** Coronel de Artillería del Ejército argentino, egresado del Colegio Militar de la Nación; ingeniero militar de la especialidad Sistemas Armas Electrónicas (IUE/EST), Magister en Dirección de Empresas (MBA- UP), Diplomado en Management Estratégico (UP); Especialista en Higiene y Seguridad (UMdP), Maestría en Conducción y Administración (IUE).

Actualmente es Director del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl Mosconi de la Facultad de Ingeniería del Ejército, profesor titular de la cátedra de Organización Industrial (EST), profesor adjunto de la UTNFRGP - Departamento de Ingeniería Mecánica y SC&T, miembro del Área de Prospectiva de Energía Eléctrica - APEE - UTN SC&T.