TEC1000
2017

Estudios de Vigilancia
y Prospectiva Tecnológica
en el área de Defensa
y Seguridad



Centro de Estudios Grl Mosconi
Prospectiva Tecnológica Militar

EJÉRCITO ARGENTINO
ESCUELA SUPERIOR TÉCNICA
EST
Desde 1930

TEC1000

2017



Centro de Estudios Grl Mosconi

Prospectiva Tecnológica Militar

EJÉRCITO ARGENTINO
ESCUELA SUPERIOR TÉCNICA
EST

CEPTM "Grl MOSCONI"

Estudios de Vigilancia y Prospectiva Tecnológica **en el área de Defensa y Seguridad**

2017

TEC1000 2017 : estudios de vigilancia y prospectiva tecnológica en el área de Defensa y Seguridad / Juan Carlos Miguel Pérez Arrieu ... [et al.]. - 1a ed ampliada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Escuela Superior Técnica. Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gral. Enrique Mosconi, 2018.

252 p. ; 24 x 17 cm.

ISBN 978-987-20417-4-8

1. Defensa Nacional. 2. Ingeniería. I. Pérez Arrieu, Juan Carlos Miguel
CDD 355.03382

DIRECTOR
Juan Carlos Pérez Arrieu

EDITOR Y PROPIETARIO
CEPTM de la Escuela Superior Técnica

ISSN 2591-4162

Escuela Superior Técnica
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Gral. Enrique Mosconi (CEPTM)

Av. Cabildo 15 . Palermo . Ciudad Autónoma de Buenos Aires
C1426AAA Teléfono: 4779-3300

difusionceptm@est.iue.edu.ar
http://www.ceptm.iue.edu.ar/ - http://www.est.iue.edu.ar/

ÍNDICE

PRÓLOGO . Director Escuela Superior Técnica Grl MN Savio 7
PRESENTACIÓN . Director CEPTM "Grl MOSCONI" 9

1. PROSPECTIVA, VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA ESTRATÉGICA
1.1 Conocimiento, Tecnología y Poder Militar En El Siglo XXI 11
1.2 Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica o Inteligencia Científico Tecnológica - La nueva visión comercial de una vieja actividad militar 35

2. ARMAMENTO
2.1 Tendencias y nuevas tecnologías aplicadas al desarrollo del armamento liviano 49
2.2 Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre Sistemas De Armas Portátiles Antitanque: su redifinición como sistemas multipropósito en el campo de combate del siglo XXI 99

3. INFORMÁTICA
3.1 Automatización e Inteligencia Artificial. El mercado laboral y una proyección al ámbito de la Defensa. 127

4. ELECTRÓNICA
4.1 La oportunidad de sobrevivir en la última capa de la defensa antiaérea 145

5. QUÍMICA
5.1 Materiales - Minerales no renovables - Como enfrentar el desafío de mantener o participar del crecimiento en un mundo cada vez más hambriento de recursos 167

6. AUTOMOTORES
6.1. Estudio de vigilancia tecnológica sobre blindaje multicapa en vehículos y personal 179

7. GEOCIENCIAS
7.1 Los drones topográficos en la Artillería 193
7.2 Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre Light Detection And Ranging. Lidar 213

8. EL CEPTM "Grl MOSCONI"
8.1 Integrantes 235
8.2 Principales actividades y eventos del CEPTM durante el año académico 236
8.3 Antena Territorial de Defensa y Seguridad 237
8.4 Observatorio Tecnológico Mosconi – Newsletters 240

PRÓLOGO



Como director de la Escuela Superior Técnica "Grl Div Manuel N Savio", me cabe el privilegio de presentar la segunda edición de Tec1000, la publicación del Centro de Prospectiva Tecnológica Militar "Grl Enrique Mosconi", que desde su reciente creación ha aportado a la formación de los Oficiales Ingenieros Militares y Técnicos e identificado las tendencias, avances y retos tecnológicos de naturaleza militar para generar conocimiento específico para contribuir a orientar, junto a las necesidades y objetivos de la Facultad del Ejército y de la Escuela Superior Técnica, los esfuerzos de planificación y gestión del conocimiento, realizando investigaciones prospectivas sobre la tecnología y los sistemas de armas en las áreas de capacidades militares conforme lo establece su misión principal.

Durante el año 2017, extendió sus servicios a la formación de los oficiales y cadetes del Colegio Militar de la Nación entendiendo que, en gran medida, la estrategia de formación de líderes descansa en la ciencia y tecnología por cuanto las barreras que conducen la investigación y el desarrollo se han reducido y porque en la era actual los flujos de información e ideas ocurren en milisegundos y las comunicaciones seguras permiten instantáneamente cambiar la capacidad potencial militar de una nación.

Estos cambios ocurridos alrededor del mundo imponen nuevas corrientes de pensamiento acerca de la tecnología y el mantenimiento de las ventajas competitivas que su dominio determina y promueven la innovación como el proceso de trasladar las ideas o inventos a la solución práctica de problemas operacionales emergentes e inmediatos.

Asimismo, ha asumido la conducción de la Antena de Vigilancia Tecnológica Territorial en materia de Defensa y Seguridad, en vinculación con el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Como decía el Grl Savio "Las modernas aplicaciones científicas a los medios de combate han provocado cierta crisis que no hemos de tardar en salvar mediante una preparación básica de nuestro cuadro de oficiales que concuerde con la evolución de los mismos"

El objetivo final es la formación de cuadros que demuestren excelencia en ambos campos. Esto demanda fuertemente que toda la fuerza esté más sensibilizada al mundo de la C&T, para que, como mínimo, reconozcan las aplicaciones tácticas, operacionales y estratégicas de las ciencias y tecnologías emergentes, y comprendan el valor que ofrecen frente a los sistemas regulares, conceptos operativos y doctrinas.

CABA, diciembre de 2017

Marcos Horacio Mansilla
Coronel - Director EST

PRESENTACIÓN



No podemos conocer con certeza cómo será el futuro de los conflictos armados, pero debemos estar preparados para enfrentarlos. Pensar el carácter futuro de la guerra es una tarea central en la profesión militar.

Los cuadros de los ejércitos son preparados moral, intelectual y físicamente para liderar, conducir, luchar y vencer en los conflictos que requieren la mayor atención para los humanos: las guerras. Muchas naciones están preocupadas por mantenerlos en la modernidad, su existencia depende de ello.

La solución es muy antigua y sabida, hay que combinar el arte de la guerra con los nuevos conceptos y tecnologías que continuamente surgen del mercado y de los laboratorios de C&T.

El "Poder" militar caracterizado principalmente por el dominio de la "Fuerza" se construye ahora con Inteligencia para ser utilizado más tarde. Surgen nuevos paradigmas. Las organizaciones de todo tipo, sin perder sus valores centrales, se ven obligadas a capacitarse e innovar para competir, crecer y por lo tanto sobrevivir, caso contrario rápidamente pueden quedar obsoletas incluso carentes de sentido para la sociedad que las crea y mantiene.

Sabemos que la previsión y anticipación son cualidades distintivas de las estructuras militares, desde el CEPTM "GRL MOSCONI" tratamos con convicción de ejercitarlas, enseñarlas, inculcarlas y fomentarlas.

"TEC 1000" es un producto de la Vigilancia Tecnológica y la Prospectiva, presenta algunos de los trabajos y estudios realizados por sus Analistas y Observadores durante el año académico de la EST, en ellos se refleja la experiencia profesional de sus miembros, las consultas a expertos y el análisis del conocimiento, información y datos disponibles sobre las tecnologías y proyectos de utilidad militar y de seguridad, a nivel local, regional y global.

Aspiramos a que al exponer los últimos avances y tendencias tecnológicos en defensa contribuyamos a quienes se preparan para combatir en la guerra del futuro y, a su vez, sea de utilidad para la comunidad científico académica de la Facultad del Ejército.

CABA, diciembre de 2017

Juan Carlos Miguel Pérez Arrieu
Coronel (R) Ing. Mil. - Dir CEPTM Mosconi

1. PROSPECTIVA, VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA ESTRATÉGICA

1.1
CONOCIMIENTO, C&T Y PODER MILITAR EN EL SIGLO XXI
Las Guerras del Futuro

Por el Cnl(R) Ing Mil Juan Carlos M. Perez Arrieu*

I Resumen
II Introducción: Prospectiva, Prospectiva en Defensa, Tecnología - el hombre crea una sobrenaturaleza; Megatendencias - principales fuerzas y tendencias
III Conocimiento, tecnología y poder militar en el Siglo XXI: El futuro de la guerra y del entorno operacional, los posibles escenarios, tipos de adversarios y amenazas, la amenaza de quedar desactualizado, visualizando el campo de batalla terrestre del año 2050; proyectos, desarrollos, capacidades y sistemas de armas que muy probablemente participarán en las guerras del futuro
IV A modo de conclusión
V Bibliografía

I. RESUMEN

¿Cómo influirá la tecnología en el campo de batalla futuro?, ¿Cómo integrar estas tecnologías a la organización?, Cómo será el entorno operacional?, ¿Cuál es el conocimiento básico necesario de la profesión militar?, ¿Cómo mantener en la modernidad a los Cuadros? ¿Qué hay que aprender o desaprender para no quedar desactualizado?. Estas son algunas de las preguntas que tratan de responderse en este estudio que apunta a la relación: Ciencia, tecnología e innovación y su impacto en el Campo de Batalla Futuro.

"Ya sea que se haya luchado con palos y piedras, dispositivos explosivos, o aviones no tripulados, la guerra ha sido una parte aparentemente permanente e inmutable de la historia humana durante los últimos milenios. Sigue siendo una tragedia humana... Y, sin embargo, también está claro que las fuerzas que le dan forma, desde las herramientas que usamos para luchar hasta los lugares en los que luchamos están en un punto de in-

flexión del cambio. De hecho, las definiciones mismas de lo que es "guerra" y "paz" pueden incluso estar redefiniéndose…"[1]

La finalidad principal de un estudio prospectivo tecnológico militar es prever las capacidades que deben tener los ejércitos del mañana.

De la construcción de sus posibles escenarios se pueden extraer conclusiones prácticas para la organización, los requerimientos técnicos de los sistemas de armas y materiales, la elaboración del cuerpo doctrinal, la educación de los mandos y tropas, los programas de adquisiciones, la planificación y la toma de decisiones, entre otros propósitos.

Palabras clave: Prospectiva militar, *army foresight*, tecnología militar, futuro de la guerra, futuro del campo de batalla.

II. INTRODUCCIÓN

Ginebra Abril 2016: "Todavía se requiere de la aprobación humana para hacer una cosa importante: MATAR…"[2]

Comprender cómo evoluciona la guerra es vital, dado que es la más importante y crucial de las actividades en la vida de los hombres y las naciones, hay que prestarle la máxima de las atenciones como lo aconsejaban Sun Tzu[3] o Maquiavelo[4].

"Describir el carácter futuro de la guerra debería ser una tarea central en la profesión militar, los líderes de alto nivel necesitan hacer apuestas a largo plazo para innovar combinando el arte de la guerra con nuevos conceptos. La Fuerza se construye ahora para ser utilizada más tarde. El no cumplir con esa tarea abdica de una de las responsabilidades centrales de la conducción".[5]

La concepción del campo de batalla como espacio donde se lucha, ha cambiado a lo largo de la historia, desde un lugar físico, área, territorio acotado, concreto y delimitado jurídicamente, a la guerra total, a la mente del adversario (estrategia sin tiempo), al ciberespacio, al espacio ultraterrestre…

El uso de nuevas capacidades para el combate no se limita a cuestiones técnicas o financieras, se necesita una mejor comprensión de las limitaciones políticas, culturales e institucionales que influyen en la habilidad de un ejército para entender, integrar y usar esas nuevas capacidades. Todo ello tiene un efecto muy importante y real sobre el empleo de la fuerza y la eficacia militar.

El jefe militar que se precie de tal, tiene dos tareas trascendentales (cualquiera sea su nivel), conducir el presente y planificar el futuro, tarea difícil para el profesional del arte de la guerra, cuyo servicio se desenvuelve en medio de una sociedad cuyos dirigentes mayoritariamente descreen o no tienen presente la famosa consigna romana: **"si vis pacem, para bellum"**[6].

---

1 Defense One, What is the future of war?

2 Comité Internacional de la Cruz Roja, (CICR), Declaración ante la Convención sobre Ciertas Armas Convencionales (CCAC) pronunciada en la Reunión de expertos sobre sistemas de armas autónomas letales, celebrada en Ginebra del 11 al 16 de abril de 2016. https://www.icrc.org/es/document/armas-autonomas-las-decisiones-de-matar-y-destruir-son-una-responsabilidad-humana

3 Sun Tzu, El arte de la guerra, Centro Edit. de Cultura, Reimp, Cap I. Buenos Aires, 2007.

4 Nicolás Maquiavelo, El Príncipe, Capítulo XIV: de lo que corresponde al príncipe en lo relativo al arte de la guerra, Editorial Alianza segunda edición, Buenos Aires, 1993.

5 Paul R. Norwood, Benjamin M. Jensen, and Justin Barnes, Capturando el Carácter de la Guerra Futura. http://ssi.armywarcollege.edu/pubs/parameters/issues/Summer_2016/10_NJB.pdf

6 Si quieres paz prepara la guerra", Flavio Vegecio Renato, Epitoma Rei Militaris, compendio de técnica militar, Imperio Romano, SIV dC.

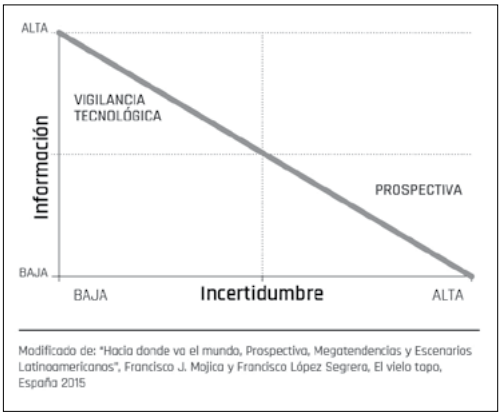
1. Prospectiva

Prospectiva, "el arte de conducir la historia"[7]

La Prospectiva es una disciplina con visión global, compleja, sistémica, dinámica y abierta que explica los posibles escenarios futuros. **Nos muestra: ¿Qué puede ocurrir? y con apoyo de la Estrategia: ¿Cómo lo alcanzamos? ¿Y Qué podemos hacer?** Es una herramienta para la planificación y la toma de decisiones.

La VT[8] tiene un alcance menor a la Prospectiva, busca, selecciona, analiza, difunde y comunica, información tecnológica para convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo (nivel de incertidumbre) y poder anticiparse a los cambios a corto y mediano plazo. Analiza básicamente trayectorias tecnológicas, y lo que está sucediendo con ellas (que se investiga, patenta, estudia, desarrolla, industrializa…) y realiza inferencias y pronósticos a no más de cinco años, la Prospectiva necesita de otras herramientas y se proyecta 20 o más años al futuro. Elegir una u otra disciplina es también función de la cantidad de información disponible y del grado de incertidumbre como lo indica la figura 1.

FIGURA 1: RELACIÓN ENTRE VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y PROSPECTIVA



Modificado de: "Hacia donde va el mundo, Prospectiva, Megatendencias y Escenarios Latinoamericanos", Francisco J. Mojica y Francisco López Segrera, El viejo topo, España 2015

En la era de la información, como nunca antes, hay que anticiparse a los posibles problemas (es como cuando se maneja un vehículo, a mayor velocidad, necesitamos ver más lejos), la Vigilancia Tecnológica (VT) y la Prospectiva se convierten en herramientas fundamentales para la toma de decisiones y la planificación.

El futuro no está predeterminado, es múltiple, pero con el auxilio de la Prospectiva es posible aspirar a configurarlo a tener una idea de cómo será; como herramienta no es adivinatoria ni fatalista, sino activa y creadora de las condiciones que lo producen.

En cuanto al horizonte para el diseño de un escenario prospectivo se estima conveniente como mínimo tomar un lapso de 20 a 25 años, tiempo lógico si se tienen en cuenta los procesos de Investigación y Desarrollo de los sistemas de armas y la formación de los cuadros de mando con su doctrina de empleo.

En síntesis, la Prospectiva o Foresight[9] es un camino para anticiparse y puede definirse como:

- **Reflexión global sobre un porvenir mediato y deseable dirigido a conformar una imagen del futuro y el camino para alcanzarlo.-** Diccionario para la Acción Militar Conjunta.
- **Arte de conducir la Historia** - Grl A. Beaufré
- ***Conjunto de tentativas sistemáticas para observar e integrar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad con el propósito de***

7 André Beaufré, Grl Frances, La Nature de L'Histoire, Ed. Plon, Paris, 1974.

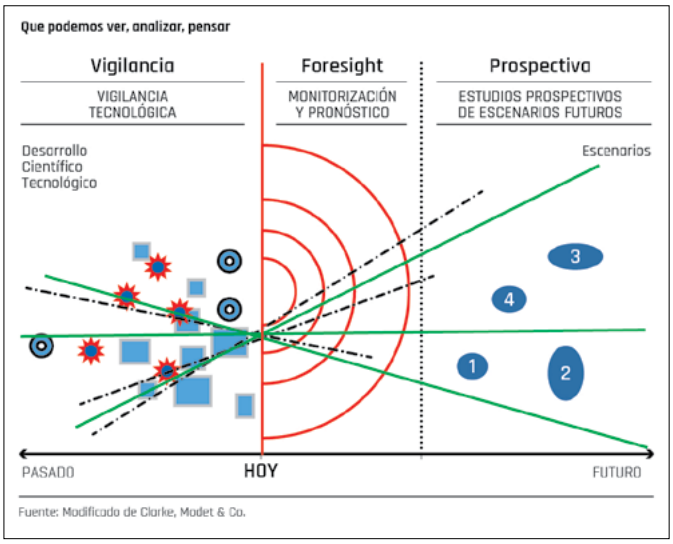
8 VT es un proceso organizado, selectivo y permanente, de captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología.

9 Denominación de los estudios según sea su origen, en primer caso europeo y el segundo anglosajón difieren principalmente en la metodología de construcción de los escenarios futuros.

identificar las tecnologías emergentes que probablemente produzcan los mayores beneficios económicos o sociales. -Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

En la figura 2: "Alcance de los estudios de futuros", se puede apreciar en función del tiempo, los dominios de la Vigilancia Tecnológica (VT), la Inteligencia Competitiva (IC) y la Prospectiva. Generalmente, los estudios de VT toman eventos del pasado (desde cinco o diez años hacia atrás) y analizan trayectorias tecnológicas, entre otras fuentes, también pueden inferir pronósticos a futuro (cinco o diez años), a partir de allí se opta por los estudios prospectivos.

FIGURA 2: ALCANCE DE LOS ESTUDIOS DE FUTUROS



2. Prospectiva en Defensa

En Defensa se contemplan tres ejes, que se complementan:

> **Eje estratégico**
> **Eje operativo**
> **Eje tecnológico**

La Prospectiva estratégica abarca el campo de la conflictividad, en el que los escenarios son muy amplios: Lucha ideológica, conflictos religiosos, terrorismo, materias primas, demografía, recursos naturales, cambio climático…

La Prospectiva Operativa comprende las características de los futuros conflictos armados y los actores que podrían verse implicados: ¿Cómo será el campo de batalla? ¿Cómo se gestionará? ¿Cómo impactará en los ejércitos el derecho a la libertad religiosa?…

La Prospectiva tecnológica explora los posibles futuros sobre los avances científico tecnológicos que podrían tener implicancia en el diseño y desarrollo de los sistemas de armas a largo plazo.

3. Tecnología: -el hombre crea una sobrenaturaleza

La tecnología irrumpe en nuestras vidas sin que nos preguntemos sobre sus fuentes, está presente en todas las actividades humanas.

Lo tecnológico es cada vez más difícil de separar de lo cultural y humano; no es solo conocimiento aplicado, o la solución eficiente para un problema "técnico", lo que nadie puede dudar es que

desde hace mucho tiempo la técnica se ha insertado entre las condiciones ineludibles de la vida humana de suerte tal que el hombre actual no podría, aunque quisiera, existir sin ella. Es, pues, hoy una de las máximas dimensiones de nuestras vidas, uno de los mayores ingredientes que integran nuestro destino.

¿Cómo influye la tecnología en el Arte de la Guerra? La conexión obvia entre conocimiento y poder es la organización inteligente – la que aprende, es por ello que hoy se necesitan más cuadros preparados en casi todas las áreas del conocimiento.

Para los "tecnólogos, epistemólogos, sociólogos y filósofos, no es tan trivial definir: ¿Qué es tecnología? Corrientes posmodernas en íntima relación con ella como el transhumanismo[10], nos perturban y acechan a todos, los robots ya están listos para reemplazar a los trabajadores en las fábricas, el ciberespacio es un nuevo campo de batalla, la infraestructura civil y militar depende también de dominarlo…

"Es común que no haya consistencia sino conflicto de valores en la operatividad de la tecnología. Por ejemplo, la automatización de la producción es apropiada en cuanto al objetivo de maximizar ganancia, pero inapropiada para reducir desempleo. No es cuestión de disponer de tecnología e incrementarla, sino de tener y mejorar tecnología apropiada generando el menor número de conflictos entre valores"[11].

"El día a día del hombre contemporáneo es invadido a cada momento por un nuevo avance tecnológico que promueve cambios en su modo de pensar, de actuar, de vivir y de convivir"[12]. ¿Cómo influye lo enunciado anteriormente en el arte de la guerra?

El reconocido filosofo español José Ortega y Gasset en una serie de conferencias, que dio en llamar Meditación Sobre la Técnica (1939), expresó: "…supongamos que la técnica no fuese consustancial al hombre sino un añadido que sobre su existencia elemental y primaria ha sobrevenido, o dicho de otro modo: supongamos que el hombre haya podido existir sin técnica, lo que nadie puede dudar es que desde hace mucho tiempo la técnica se ha insertado entre las condiciones ineludibles de la vida humana de suerte tal que el hombre actual no podría, aunque quisiera, existir sin ella. Es pues hoy una de las máximas dimensiones de nuestras vidas, uno de los mayores ingredientes que integran nuestro destino. Hoy el hombre no vive ya en la naturaleza, sino que está alojado en la sobrenaturaleza que ha creado… El hacer técnico obedece a un plan, frente al hacer a la buena de Dios del animal".

El ser humano promedio desarrolla una potencia aproximadamente de 1/3 (CV o HP) de la de un caballo, hoy en día poseemos máquinas que trabajan con una potencia de 114.000 caballos y son capaces de funcionar durante veinticuatro horas del día.[13]

¿Qué tecnologías son hoy de carácter estratégico, disruptivo[14] o emergente[15], ¿cuáles pueden influir o convertirse en instrumentos para la guerra?, o dicho de otra manera: ¿para qué escenarios y cómo hay que estar preparados?

---

10 http://www.observatoriobioetica.org/2017/03/transhumanismo-la-abolicion-delser-humano/18649

11 Gustavo Giuliano, Interrogar la Tecnología, Nueva Librería, introducción, página 20, Argentina, 2007.

12 José Carlos Albano Do Amarante, El vuelo de la humanidad, Letras Comunicaciones, página 33, CABA, 2014.

13 Motor Wärtsilä-Sultzer RTA96C , planta motriz de superpetroleros y supercargueros http://www.diariomotor.com/2009/12/07/wartsila-sultzer-rta96c-el-motor-mas-grande-y-eficiente-del-mundo/

14 De manera general, las tecnologías disruptivas son tecnologías de bajas prestaciones y de nuevos mercados, por ejemplo, en sus inicios, los sistemas con GPS, o la telefonía fija frente a telefonía móvil de mercado.

15 Las tecnologías emergentes pueden definirse como "Innovaciones científicas que pueden crear una nueva industria o transformar una existente. Por ejemplo: nanotecnología, biotecnología, TICs.

Para Alvin Toffler[16], el Poder, en su forma más descarnada, entraña el uso de la violencia, la riqueza y el conocimiento, este último no sólo implica influencia, sino que potencia y reinventa la fuerza y la riqueza, entraña, por ejemplo, eficiencia al usar el mínimo de recursos para alcanzar una meta.

" Cuando el presidente Domingo Faustino Sarmiento promulgó el 11 de octubre de 1869 la Ley 357 que estipulaba la creación del Colegio Militar de la Nación - una Escuela Militar de Oficiales en nuestro país, estaba procurando agregar al tradicional sentido heroico que poseían los oficiales del ejercito de línea, el conocimiento científico necesario para ingresar en el siglo XX..."[17].

4. Megatendencias, principales fuerzas y tendencias

¿HACIA DÓNDE VA EL MUNDO?
La Fuerza se construye ahora para ser utilizada más tarde

Megatendencia es una fuerza[18] cuyo impacto es hoy perceptible en la sociedad, se conforma con factores tecnológicos, sociales, económicos ... pueden convertirse en un futuro en parte de lo cotidiano, algunas facilitan la vida y el desarrollo, otras son causas de conflicto que conllevan crisis e incertidumbre a nivel individual y colectivo.

La importancia de su detección y análisis radica no solo en la previsión de acontecimientos, sino en que, dado el caso, actuando, se pueden manipular, modificar o atenuar. Algunas de las principales megatendencias en términos generales son la tecnificación, la globalización, la urbanización y la digitalización, veamos más en detalle según los siguientes campos:

> **Demografía:** crecimiento de la población, desempleo, migraciones, mayor expectativa de vida (envejecimiento de la población en algunos países), urbanización con mega ciudades, mayor desigualdad, crisis alimentaria. La demanda global de energía va en aumento, impulsada por el crecimiento de la población. Para el 2050, el número de habitantes del planeta alcanzará los 9.770 millones[19], 2.000 millones más que en la actualidad.

  Las ciudades serán cada vez más el motor de la economía y fuentes de conflicto. Aproximadamente las tres cuartas partes de la población mundial vivirán en ciudades a mediados de siglo, lo que pondrá más presión en la obtención de recursos alimenticios, de agua y de energía, esenciales para el bienestar y prosperidad.

> **Psicología Social:** mayor virtualidad en lo cotidiano (redes sociales, internet, ciberespacio), alteración por el desarrollo de las TICs[20], cambios de los círculos sociales, familiares, de trabajo, entretenimiento y educación, crisis de familia tradicional, nuevos roles para la mujer, mayor desigualdad económica y social.

> **Medio Ambiente:** degradación del medio ambiente, mayor demanda de recursos naturales, energía y agua, reducción de la biodiversidad, crisis por cambio climático, los niveles

---

16 Alvin Toffler, El Cambio del Poder, Plaza Janes, cuarta edición, Barcelona, 1999.

17 Miguel Angel Podestá, La Primera Guerra del Siglo XXI, página 453, Círculo Militar, 2004.

18 Vale la definición y concepto de fuerza de la ciencia física: según la definición clásica, fuerza es todo agente capaz de modificar la cantidad de movimiento o la forma de los materiales.

19 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017). World Population Prospects: The 2017 Revision. New York: United Nations. https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf

20 TICs: tecnologías de la comunicación y la información.

en crecimiento del mar amenazan en inundar no solo las costas con posibilidad de sumergir a megaciudades (por ejemplo, en el sudeste de Asia)[21], mayor posibilidad de pandemias que implica mayor control de seguridad biológica, mayor conciencia ambiental frente a las exigencias de mayor energía, pérdida de diversidad biológica.

- **Tecnología:** aceleración de los desarrollos e innovaciones tecnológicas en todos los campos (biotecnología, materiales, nanotecnología, inteligencia artificial, electrónica, TICs, energía, virtualidad, manufactura 3D, mayor automatización, transporte…), conflicto entre robotización/automatización y trabajo humano, máquinas que intercambian y aprenden, internet de las cosas (IOT).

  La fabricación aditiva, o impresión 3D revolucionará los sistemas de producción y comercialización, de la mayoría de las industrias, hoy en día los centros de diseño de algunas empresas programan remotamente las máquinas 3D de sus filiales "enviándoles" los *concepts*.

- **Defensa y Seguridad:** las políticas de seguridad interior exigirán mayor control de la población, incluirán a las Fuerzas Armadas, ampliándose sus funciones como consecuencia del terrorismo que se deja de pensar como una cuestión solamente policial, abarcan la seguridad energética e informática y el cambio climático con previsiones para emergencias y catástrofes, se militariza el espacio ultraterrestre, habrá un incremento de las llamadas guerras híbridas (ciber –narco – bioterrorismo, religiosas), mayor acceso a datos e información para la fabricación de armas de destrucción masiva (RQBN), lo que implica mayores regulaciones y control social, incremento de tecnologías tipo Drone y 3D para uso bélico por fuerzas no estatales, mayor conflictividad en las megas ciudades.

  Es necesario aclarar dos conceptos sobre lo enunciado:

  - Que pueden existir acontecimientos portadores de futuro que no tengan su correlato en trayectorias pasadas, por ejemplo: las megatendecias, ellos son los llamados "sucesos cisnes negros"[22], que inesperadamente pueden tener un alto impacto en el devenir.
  - Que, por suerte, también podemos contar con algunos principios que permanecen vigentes en la historia y que permiten tomar decisiones racionales, por ejemplo: los "Principios clásicos del arte de la Guerra"[23] o la célebre recomendación del siglo IV romana: "Si quieres paz prepara la guerra"[24], o la más popular y declamada frase de las organizaciones inteligentes: "Saber es Poder"[25]…

---

21 Strategic Landscape, 2050: Preparing the U.S. Military for New era Dynamics - Roman Muzalevsky - September 2017

22 Acontecimientos difíciles de predecir, extraños, de probabilidad muy pequeña, por ejemplo, el ataque a las torres gemelas del 11 de septiembre de 2001, la muerte por un meteorito.

23 Reglamento de Conducción para el Instrumento Militar Terrestre, Ejército Argentino, 1992.

24 Flavio Vegecio Renato, Epitoma Rei Militaris, compendio de técnica militar, Imperio Romano, SIVdC.

25 Principio atribuible a Francis Bacon, el creador del método científico.

III. CONOCIMIENTO, TECNOLOGÍA Y PODER MILITAR EN EL SIGLO XXI

"Si vis pacem, para bellum"

Se calcula que el gasto militar y producción de armas mundial en 2015 ha sido de 1, 676 billones de dólares, cifra que representa el 2,3 por ciento del PBI bruto mundial o 228 dólares por persona en el mundo[26]

1. El futuro de la guerra y del entorno operacional

¿Para cuál de los múltiples futuros nos preparamos? ¿cuál es el riesgo de no hacer nada?

Existen muchos trabajos de Prospectiva sobre el futuro de la guerra[27], en el campo militar actúan como orientadores del rumbo de las políticas y estrategias sobre el diseño organizacional, la educación, la tecnología[28] y la doctrina, se apoyan en la Vigilancia Tecnológica y en la Inteligencia Competitiva, son un instrumento para desarrollar visión estratégica y minimizar los riesgos. Su objetivo principal consiste en anticiparse y crear hoy las capacidades que deben tener los ejércitos del mañana.

2. Los posibles escenarios, tipos de adversarios y amenazas

ULTRACOMPLEJO AMBIENTE OPERACIONAL

Las guerras del futuro se realizarán en las megalópolis

El escenario del campo de batalla futuro podrá ser nacional o internacional (de allí la necesidad de la interoperatividad), con limitaciones estratégicas, tácticas y logísticas, lo religioso y étnico tendrá cada vez mayor relevancia, tendrá actores no estatales, el terrorismo se afianzará como método de lucha, las narco guerrillas, la insurgencia y las mafias continuarán siendo una amenaza y disputarán el poder al Estado reclutando ejércitos privados, habrá una mayor participación de las Fuerzas Armadas en situaciones de crisis humanitarias (emergencias y catástrofes), hasta aquí nada realmente original. Lo nuevo es que se generalizarán las operaciones de ciberataques contra infraestructura civil y militar, lo que demandará la creación de organizaciones militares muy especializadas dedicadas a ese campo y, por supuesto, la búsqueda, captación e incorporación de los extremadamente escasos recursos humanos capacitados en ciberdefensa y ciberseguridad[29].

Fruto de la globalización y de las alianzas, habrá una mayor participación en las organizaciones militares multinacionales, que también conllevará un mayor riesgo de asumir situaciones impuestas, o inicialmente desfavorables (políticas, económicas y militares).

---

26 Informe Anual SIPRI 2016 – https://www.sipri.org/sites/default/files/SIPRIYB16-Summary_ESP.pdf

27 Ver la Bibliografía, a modo de referencia se enumeran algunos de los principales trabajos consultados.

28 Siempre declamada por los dirigentes, pero relegada de hecho en la confianza de que se puede adquirir (como una caja de herramientas) sin tener en cuenta la complejidad de los problemas de su transferencia e incorporación a las organizaciones.

29 Mientras se escribe este artículo o en la Nación del 19 de junio 2017 se anuncia la noticia de que la página del Ejército Argentino fue hakeada. http://www.lanacion.com.ar/2035159-el-ejercito-aseguro-que-el-hackeo-se-limito-a-su-pagina-web-y-que-ninguno-de-los-sistemas-informaticos-criticos-fue-afectado

Al pensar la guerra futura, debemos imaginar nuevas formas de concebirla y ejecutarla partiendo de lo conocido, se necesitan mentes preparadas para descubrir e innovar, los conflictos híbridos mezclan el combate convencional con la guerra irregular, es una necesidad monitorizarlos, estudiarlos y analizarlos, por ejemplo: ¿qué, por qué y cómo? está pasando en: Crimea, Siria, Irak, Afganistán, Filipinas, África, Libia, etc.

El constante aumento de la población urbana, (una megatendencia, que pronostica que el 70 por ciento de la población del planeta vivirá en megaciudades para el año 2050), conllevará inevitablemente al desarrollo de operaciones militares y de seguridad en ese escenario[30]. Ciudades convertidas en campo de batalla, civiles que participan en saqueos y un enemigo que no necesariamente se distingue fácilmente del resto de la población (los combates en Mosul y Alepo son un ejemplo), obliga a la necesidad de entrenar en combate en localidades y también a la coordinación con las fuerzas de seguridad y al entrenamiento con armas no letales[31].

Desde el punto de vista geoestratégico, se han desarrollado guerras por el dominio de la tierra y por los recursos energéticos (guerras del petróleo) en el futuro se especula con que el conflicto se generará mayoritariamente por la falta de agua.

No menos importantes son los escenarios sociales y culturales cuyas tendencias plantearán nuevos desafíos al campo militar, como por ejemplo: la igualdad o libertad de género, la integración de la mujer, la libertad religiosa, el matrimonio igualitario, los niveles culturales y educativos, las nuevas leyes que suscitan cuantiosos problemas organizacionales, éticos, legales - disciplinarios y logísticos, entre otros, y a todo nivel de las estructuras militares.

Muchas funciones, hoy exclusivas de las Fuerzas Armadas, serán tercerizadas (por compañías militares privadas), ya están surgiendo empresas contratistas que proveen apoyo logístico, entrenamiento, seguridad, trabajos de inteligencia, análisis de riesgos, misiones de búsqueda y rescate y asistencia militar de diverso tipo.

El desarrollo tecnológico se acelera y no se detendrá, el incremento de la tasa de innovación posibilitará el surgimiento de nuevos métodos, herramientas y escenarios (como el espacio ultraterreste y el ciberespacio) para hacer la guerra[32], las tecnologías disruptivas como la inteligencia artificial, la computación cuántica o los sistemas autónomos, determinará las herramientas coercitivas disponibles futuras (tanto para los actores estatales como los no estatales).

Habrá más sensores en el campo de combate, más inteligencia, más engaño, más contramedidas, más decisiones en manos de sistemas autónomos, más precisión y letalidad en las armas. El profesional militar tendrá más capacidades a su disposición para: ver, comunicar, entender, moverse, combatir – disparar y decidir, mucha más información que será necesario procesar.

Oportuno es citar una frase original del famoso científico francés Louis Pasteur: **"La suerte solo favorece a la mente preparada"**[33], lo que significa que solo el que está capacitado puede aspirar a tener éxito.

---

30 Proyecto DARPA: Prototype Resilient Operations Testbed for Expeditionary Urban Operations (PROTEUS) https://www.darpa.mil/program/prototype-resilient-operations-testbed-for-expeditionary-urban-operations
El 12 de julio de 2017 el Ejército iraquí oficialmente declara liberada la ciudad de Mosul, una batalla urbana multinacional en contra de ISIS librada durante meses. http://www.elmundo.es/internacional/2017/05/27/592998d0e5fdead6398b45f8.html

31 Un interesante artículo publicado por el Army War College "Megaciudades, Pros y Contras" se puede ver en: https://ssi.armywarcollege.edu/pubs/parameters/Issues/Spring_2015/5_FelixKevin_WongFrederick_The%20Case%20for%20Megacities.pdf

32 Por ejemplo: los ataques cibernéticos, los drones armados, las armas autónomas, los robots.

33 Louis Pasteur, discurso con motivo de la inauguración de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Lille, Francia, 7 de diciembre del año 1854.

3. La amenaza de quedar desactualizado
CONOCIMIENTO ES PODER

En términos históricos, el poderío militar pasó de la mera prolongación de la fuerza bruta a la utilización de la tecnología de base empírica, a la de base científica para obtener la superioridad (metalurgia, artillería, arma aérea, arma nuclear, guerra electrónica…) en la actualidad, la inteligencia embebida en los sistemas de armas posiciona al conocimiento como condición previa para todo Poder Militar, quedar desactualizado es una amenaza, y presenta múltiples desafíos para mantener en la modernidad a los cuadros superiores.

La profesión militar necesitará de personal cada vez más capacitado para la operación de sistemas y material cada vez más sofisticado, se necesitarán más saberes y competencias[34].

Actualmente, el Ejército de Estados Unidos busca especialistas en ciberdefensa y pilotos (entrenados en juegos de simulación) para sus aviones no tripulados (UAV)[35], las instituciones castrenses compiten con el mercado para reclutar y retener a programadores y técnicos (los informáticos encabezan el ranking de los empleos más buscados y mejores pagos en la vida civil…)

Como decía Ortega y Gasset, el hombre creó una sobrenaturaleza de la que ya no puede escapar, muchos de los axiomas surgidos de la experiencia de guerra, conllevan o remiten también a criterios de tecnológicos (o de eficiencia que es lo mismo): Maniobra, Economía de fuerzas, Masa, Sorpresa, Unidad de comando, Seguridad, etc.

La gran pregunta es cómo amalgamar las organizaciones militares con el avance tecnológico, cómo se construye y mantiene el Poder[36] Militar.

De nuevo la frase y que se apoya en la propia experiencia del científico Pasteur: **"La suerte solo favorece a la mente preparada".**

¿Cómo se educan principalmente los Oficiales para enfrentar los desafíos que presentan los conflictos armados del futuro (y fatalmente de hoy)? ¿cuál es la matriz de conocimiento y, por ende, la preparación intelectual necesaria?

Las nuevas tecnologías de la información proporcionarán a los jefes militares información precisa en plazos de tiempo cada vez más cortos (¿cómo se compatibilizan la tan pregonada iniciativa y libertad de acción?).

El avance de la Inteligencia Artificial proporcionará mayores opciones de reemplazar a los seres humanos en procesos complejos de toma de decisiones; eso implica sistemas de armas cada vez más automatizados (pero hasta qué punto dejamos que la máquina decida?[37]). Lo seguro es que en breve los seres humanos y las máquinas inteligentes trabajarán juntos como un equipo[38].

---

34 US ARMY, Educating Future Army Officers for a changing world, http://www.usma.edu/strategic/SiteAssets/SitePages/Home/EFAOCW.pdf

35 U.S. Army Program Executive Office for Simulation, Training and Instrumentation https://medium.com/@RDECOM/army-simulator-provides-readiness-to-drone-flight-crews-64c770fda5cb

36 Definido como: "Tener facilidad, tiempo o lugar de hacer una cosa" y en su sustantivo: "Fuerza, vigor, capacidad, posibilidad, facultad, dominio".

37 Actualmente, ya comenzaron los debates éticos sobre las armas autónomas, no podemos dejar de mencionar las tres leyes de la robótica escritas por Isaac Asimov en 1942:
> Un robot no hará daño a un ser humano o, por inacción, permitir que un ser humano sufra daño.
> Un robot debe hacer o realizar las órdenes dadas por los seres humanos, excepto si estas órdenes entrasen en conflicto con la 1ª Ley.
> Un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no entre en conflicto con la primera o la segunda Ley.

38 Designing Agile Human-Machine Teams, Proyecto DARPA para la interacción hombre-máquina, Programa Agile Teams, http://www.darpa.mil/program/2016-11-28

Disponer de mayor poder de fuego implica saber cómo, dónde, cuándo y por qué usar la fuerza. La injerencia del liderazgo civil y político influye sobre objetivos y decisiones militares, necesita de profesionales más formados para decidir y actuar.

4. Visualizando el campo de batalla terrestre del año 2050
El campo de batalla terrestre del año 2050

En marzo de 2015 el US Army Research Laboratory patrocinó un Congreso/ Taller en la Universidad de Mariland (UMD) que se denominó: "Visualizing the Tactical Ground Battlefield in the Year 2050"[39], a él se invitó a un grupo de intelectuales de diversos campos a discutir las capacidades del campo de batalla terrestre del futuro (al 2050), se enfocaron en el impacto que las tecnologías de la información, la robótica, la munición inteligente, la detección omnipresente, guerra electrónica y la creación de redes de información C2, junto con el **impacto potencialmente masivo de la ciberguerra.**

Para ayudar a los participantes, se les sugirió:

"Imagine que durmió desde 2015 hasta 2050. Al despertar se encontró en medio de una batalla en curso. ¿Qué está viendo? ¿Qué tan diferente es de una batalla del 2015? "Asimismo, para favorecer el salto adelante de 35 años, se les pidió que pensaran en compañeros de viaje en el tiempo, uno que se durmió en 1881 para despertar en medio de la Guerra Mundial I en 1916 y otro que se durmió en 1907 para despertar en 1942 durante la Segunda Guerra Mundial.

El grupo identificó y discutió siete capacidades futuras que las diferenciaban del campo de batalla terrestre actual:

a. **Soldados con capacidades físicas y mentales aumentadas;**
b. **Miniaturización de armas y capacidad de seleccionar micro- blancos, con menor daño colateral y menor detección;**
c. **Modelación cognitiva del oponente, en tiempo casi real, implica la capacidad de prever comportamientos individuales y colectivos con sus estados físicos y fisiológicos**[40]**;**
d. **Desinformación- engaño aplicado a sensores como un arma;**
e. **Capacidad de entender y hacer frente a un entorno de información imperfecta.**
f. **Toma de decisiones automatizada y procesos autónomos;**
g. **Auto organización por software en tiempo real, de seres humanos y máquinas, en función del ritmo y situación de combate;**

Es interesante destacar que a los participantes se les limitó el escenario de discusión: guerra terrestre táctica, alrededor del año 2050, el campo de batalla del orden de 100 kilómetros por 100 kilómetros, que contenía una ciudad con población civil, con tropas regulares e irregulares tecnológicamente sofisticadas, no se incluyó la posibilidad de armas de destrucción masiva ni apoyo naval y aéreo.

---

39 Alexander Kott y otros, Us Army Research Laboratory, Visualizing the Tactical Grund Baterfield in the Year 2050, Workshop Report, Jun 215

40 Hoy ya en desarrollo en negocios, que trata de comprender las motivaciones y el comportamiento de los consumidores, una herramienta experimentada cotidianamente es el *datamining* aplicado por ejemplo en el marketing individualizado en internet.

El evento concluyó en que un desafío crítico de mediados del siglo XXI implicará el manejo e integración de equipos, sistemas y enjambres de robots que actuarían independientemente o en colaboración con los humanos, ya que estos realizarían una variedad de misiones que incluyen la gestión y protección de redes de comunicaciones e información y el suministro de datos para las decisiones de los seres humanos. El éxito dependería en gran medida del desarrollo de nuevos conceptos y enfoques de Comando y Control - C2.

5. Proyectos, Desarrollos, Capacidades y Sistemas de Armas que muy probablemente participarán en las guerras del futuro

¿Qué se está investigando, diseñando y desarrollando en el campo tecnológico militar?

Los estudios de Vigilancia Tecnológica militar permiten identificar que los países más avanzados, se están focalizando conceptualmente en el desarrollo de fuerzas flexibles, capaces de participar tanto en escenarios altamente tecnificados, como en otros muy rudimentarios, conservando siempre vigentes las aptitudes básicas del combatiente individual.

Para satisfacer esos requerimientos, los desarrollos tecnológicos se orientan hacia el incremento de inteligencia en sus sistemas de armas, incorporando capacidades de: precisión y letalidad, movilidad táctica y estratégica, protección de personal, vehicular y de instalaciones, sostén logístico, generación y almacenamiento de energía, y C4ISR.

A. Equipos para el combatiente individual - Soldado del Futuro

El desarrollo de equipamiento para el soldado tiene como objetivo aumentar significativamente su performance en el combate, combina conceptos de letalidad, supervivencia, sustentabilidad, movilidad y comando y comunicaciones.

Incluye equipos de protección individual (chaleco, cascos con protección balística), elementos de comunicaciones (voz, imágenes y datos), visión nocturna, GPS, camuflaje (diseño y materiales), textiles especiales (atenúan la firma infrarroja, retardantes de fuego, etc.), armamento individual (armas blancas, y de fuego), generación de energía (cosecha de energía), reservorios de agua, mochila, calzado. Algunos desarrollos incluyen el exoesqueleto (por ahora previsto para las tropas especiales).

Algunos ejemplos los visualizamos en proyectos como: Ratnik ruso, Future Force Warrior EEUU, Infanterist der Zukunft (IdZ, "Infantryman of the future") alemán.

Los exoesqueletos serán un complemento del equipo del soldado, con ellos se pretende sustituir en parte el trabajo de los músculos del tronco, brazos y piernas por diferentes dispositivos hidráulicos y electromecánicos, que reaccionan mediante sensores y reciben la instrucción de acompañar, de forma solidaria y con la fuerza necesaria, al operador humano que lo porta mientras este realiza sus movimientos naturales.

Los más sencillos permiten levantar y sostener objetos pesados, el uso civil prevé su utilización como herramientas de mantenimiento y para uso en medicina, en rehabilitación y apoyo a discapacitados, los equipos permiten soportar pesos por mucho tiempo sin sentir fatiga y son adaptables a distintos pesos y alturas.

El uso militar como suplemento mecánico del combatiente permitirá correr más rápido, cargar armas y equipo, actuar como escudo y sortear obstáculos con mayor facilidad.

El ministerio de defensa de Estados Unidos está financiando proyectos de mejora de capacidades humanas alrededor del mundo, para radicalmente aumentar la resistencia física y la capacidad mental de los soldados, desde explotar el potencial de la mente a la realidad aumentada, pasando a los exoesqueletos[41].

Algunos proyectos en desarrollo son: FORTIS de Lockheed Martin Estados Unidos[42], HYUNDAI EXOESQUELETOS y EXOATLET ruso.

B. Armas autónomas, Autómatas Robots

Todavía requiere la aprobación humana para hacer una cosa importante con las armas militares: MATAR (CICR)[43].

La internet de las cosas (IOT) ya es una realidad, muchos "artefactos" intercambian información y en el futuro pensarán por sí mismos, nos guste o no, llegaron las máquinas para actuar en equipo con los humanos.

En el futuro campo de batalla, los robots inteligentes serán compañeros de equipo de los soldados, ya existen proyectos para desde el punto de vista de las ciencias sociales (psicología, sociología, ciencias del comportamiento…) para estudiar las interacciones entre humanos y robots.

En principio los robots estarán bajo supervisión humana, actualmente exploran, vigilan, hacen inteligencia y desactivan explosivos.

En particular los robots militares son máquinas - sistemas autónomos o de control remoto, diseñados para ayudar en cualquier tipo de misiones, desde el transporte, la búsqueda y rescate hasta la defensa y el ataque. El futuro de los desarrollos en este campo es función del avance de la inteligencia artificial y de los sistemas de generación y almacenamiento de energía.

Algunos de estos sistemas están actualmente en uso o lo están en fase de prueba, pronto entrarán en servicio. Los principales proyectos por país son:

Estados Unidos de América:

> SPOT y SPOT Mini, los perro robots de Boston Dinamics, son plataformas ágiles y silenciosas todo terreno, el mayor de aproximadamente 70 kilogramos de peso, que se controlan a control remoto desde distancias de hasta 500 metros, ha sido probado por los infantes de marina en misiones de reconocimiento, el SPOT mini (versión mas pequeña) incluye un brazo robot capaz de manipular objetos;
> LS3, diseñado para llevar la carga del soldado (hasta 180 kilos), con una velocidad de 16 kilómetros/hora y con autonomía de 32 kilómetros, puede seguir a su "dueño" automáticamente por reconocimiento visual, y ser enviado a lugares designados por sistemas de navegación inercial y GPS;
> MAARS, vehículo autónomo sobre orugas, de diseño modular puede cargar una ametralladora y lanzacohetes, pesa 170 kilogramos y se desplaza a una velocidad de 11 kilómetros/hora, cuenta con sensores de movimiento, cámaras de visión nocturna y altavoces, diseñado para vigilancia y reconocimiento;

---

41 Military Exoskeletons into 5 Categories http://exoskeletonreport.com/2016/07/military-exoskeletons/

42 http://www.lockheedmartin.com/us/products/exoskeleton/industrial.html

43 Comité Internacional de la Cruz Roja, (CICR), declaración ante la Convención sobre Ciertas Armas Convencionales (CCAC) pronunciada en la Reunión de expertos sobre sistemas de armas autónomas letales, celebrada en Ginebra del 11 al 16 de abril de 2016, https://www.icrc.org/es/document/armas-autonomas-las-decisiones-de-matar-y-destruir-son-una-responsabilidad-humana

> PROTECTOR, diseñado por a BAE Systems, Lockheed Martin y Rafael, embarcación no tripulada para protección de puertos y escolta de embarcaciones, en forma autónoma se puede sincronizar con otras embarcaciones no tripuladas;
> BEAR, desarrollado por VECNA para el ejército, es un robot humanoide para rescate de heridos y transporte de sustancias peligrosas, levanta hasta 230 kilogramos, sube escaleras, se desplaza por cualquier tipo de terreno sobre orugas, se controla remotamente con cámaras.
> PETMAN, de Boston Dynamics, robot antropomórfico para pruebas de protección química, pesa 80 kilos, de 1,75 metros de altura que camina y ejecuta movimientos similares a un humano, simula aspectos fisiológicos como temperatura, sudoración y respiración.

Federación Rusa:

> LYNX- BP[44], comercializado porque se desarrollan varios modelos que pueden transportar hasta 120 kilogramos de peso, armado con ametralladoras y lanzacohetes, se desplaza sobre cuatro patas, puede seguir a su operador, se alimenta con un motor de combustión interna, generadores eléctricos y baterías, se espera que entre en servicio en 2020;
> AVATAR, robot humanoide que reproduce los movimientos del operador, dispara armas de fuego, maneja herramientas y conduce vehículos, diseñado para tareas consideradas muy peligrosas.
> FEDOR, es una versión mas avanzada del AVATAR.
> URAN 9, es un UGV sobre orugas, de 10 toneladas, con un cañón de 30 milímetros, ametralladoras y misiles antitanques, realiza tareas de apoyo de fuego y reconocimiento, adquiere y sigue ópticamente objetivos, se dirige desde un *shelter* de comando y control.

Irak:

> ALROBOT[45], si bien no se conoce quién lo ha diseñado efectivamente, es una muestra de la posibilidad de aprovechar e integrar la tecnología disponible, se piensa que fue desarrollado en Irak, es un vehículo robótico sobre ruedas, armado con ametralladora 12,7 milímetros y lanzacohetes 70 milímetros, se controla hasta una distancia de un kilómetro, cumple misiones de apoyo en el desierto.

Emiratos Árabes Unidos:

> REEM, antropomórfico, 1, 70 metros 100 kilogramos, puede llevar hasta 30 kilogramos de peso, políglota. Emiratos Árabes costea la producción de los robots que fabrica en Barcelona Pal Robotic. REEM es capaz de comunicarse en 30 lenguas distintas, entre ellas el catalán. Pal anuncia: "Compra o alquila un robot desde cualquier lugar del mundo donde tú quieras. REEM ha estado en centros comerciales, aeropuertos, museos y ferias de Europa, América y Asia, REEM entiende inglés y ruso, puede hablar nueve idiomas por defecto y casi cualquier otro ¡bajo demanda!"[46].

---

44 Rosoboronexport https://in.rbth.com/economics/defence/2015/10/20/unmanned-rusian-lynx-versus-googles-bigdog_484233

45 http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3754832/Meet-Alrobot-remote-controlled-robotic-tank-used-Iraqi-army-fight-ISIS.html

46 PAL robotics http://pal-robotics.com/es/products/reem/

C. Sistemas biológicos controlados, biomáquinas - Cyborgs

Los proyectos de neurólogos e ingenieros que se dedican a este campo, por ahora se centran en desarrollar nuevas interfaces que posibiliten captar y ampliar la información del mundo que nos rodea, (y también controlar y dirigir) se está en el camino de ir incorporando en los cuerpos humanos y de animales una serie de prótesis que cada vez se confunden más con la propia masa biológica, simultáneamente, los robots que se fabrican también incorporarán bio-materiales que les hagan más parecidos a los humanos que los crean.

Desde la antigüedad, los animales han luchado al lado de los ejércitos humanos, desde perros para alerta búsqueda y ataque, elefantes para intimidar y aplastar, o el adiestramiento de delfines y lobos marinos para la guerra en el mar, los animales han sido utilizados como arma, como vehículo, como equipo de salvamento o como red de comunicaciones. Palomas, halcones, perros, delfines, caballos, camellos, burros. Los animales han jugado papeles decisivos[47], ahora la tecnología da un paso más, veamos algunos ejemplos:

Insectos para misiones de reconocimiento y detección de explosivos: El proyecto DARPA, llamado "Sistemas Microelectromecánicos de insectos Híbridos" HI- MEMS, busca fusionar microtecnologías mecánicas a insectos vivos para crear una amalgama de insecto máquina, colocando sensores, cámaras, GPS y transmisores. Se espera que realicen misiones de vigilancia e inteligencia[48].

Otros desarrollos aprovechan las capacidades sensoriales de ciertos insectos como detectores/sensores, como las **"abejas antiterroristas detectoras de explosivos"**[49], llevados adelante por Científicos de los Alamos National Laboratory, así como croatas e ingleses.

Los insectos equipados con diminutos transmisores y sensores (que monitorean su posición y comportamiento) detectan en el aire partículas químicas de pequeñas dimensiones moleculares, por lo que pueden "oler" los explosivos en aeropuertos, estaciones de metro o zonas donde existirían minas. Asimismo, se puede a adiestrar a estos insectos para que olfateen drogas como la cocaína.

D. Armas de energía dirigida - Armas laser

El empleo de medios láser en el combate ha sido habitual para señalar blancos, para topografía y como sistema de control y guiado, hasta el momento no se habían desarrollado como armas propiamente dichas. Para cumplir con el concepto de arma se necesitan láseres de alta energía, la energía se utiliza para incrementar la temperatura del objetivo, romperlo, fundirlo o provocar una explosión.

Actualmente, los sistemas láser no suponen una amenaza importante para el personal y la tecnología militar, están en pleno diseño y desarrollo. El armamento láser tiene un defecto muy importante: hasta el momento solo puede utilizarse en unas condiciones climáticas óptimas, no puede haber lluvia, niebla o polvo, pensemos en las condiciones en combate, donde las explosiones y los vehículos desparraman tierra por todas partes.

---

47 Perros explosivos, boas proyectil y otras animaladas de las guerras, http://www.elmundo.es/f5/2016/05/18/573aea6222601d254c8b4646.html

48 Hybrid Insect MEMS (HI-MEMS) https://www.fbo.gov/index?s=opportunity&mode=form&id=ec6d6847537a9220810f4282eedda0d2&tab=core&_cview=1
http://www.tendencias21.net/Crean-insectos-cyborg-para-la-exploracion-de-zonas-peligrosas_a8725.html

49 http://blogs.lainformacion.com/futuretech/2011/04/07/abejas-antiterroristas/

De todas maneras, los proyectos siguen adelante, como el EXCALIBUR[50] en EEUU que se propone desarrollar armas laser pequeñas para las aeronaves de la fuerza aérea, o como el de la empresa estadounidense General Atomics que prevé instalar un cañón láser de entre 50 y 300 kW a bordo de su avión de combate General Atomics Avenger (Predator C) en 2018[51]. También se los piensa para el derribo de drones (tanto en defensa como para seguridad)

En Estados Unidos se habla cada vez más sobre la revitalización del programa para crear láseres basados en el espacio (o en instalaciones terrestres) para desactivar satélites en órbita. Rusia, China y Estados Unidos están actualmente desarrollando capacidades para una confrontación espacial.

Otra factibilidad de empleo es para neutralizar una amenaza de desarrollo muy reciente, los misiles hipersónicos[52] (5 a 10 Mach), allí su utilización se ve factible, Lockheed Martin se encuentra trabajando en láseres que pueden contrarrestar ese tipo de armas instantes después de que hayan sido lanzados, pero antes de que alcancen velocidades ultra altas[53], su desarrollo puede tomar entre cinco y diez años.

Algunos proyectos, además de los ya nombrados, son: HELLADS- Estados Unidos[54], LDEW de UK[55], UFL -2M Rusia, SILENT HUNTER (70 KW) Chino, LOW ALTITUDE II (30 KW) Chino, SILENT STRIKE[56] de la empresa Boeing.

E. Proyectiles inteligentes

La frase "Las balas son tontas"[57] es atribuida al notorio general ruso del siglo XVIII Alexandr Suvórov, más conocido por ser uno de los pocos grandes generales de la historia que nunca perdió una batalla. ¿Cuál sería su sorpresa si viviera hoy en día y pudiera ver en lo que se están convirtiendo esos simples proyectiles?

Actualmente, casi toda la munición de cañones, tanques y fusiles, cae donde ordenan las leyes de la física, los artilleros saben que es necesario disparar una cierta cantidad de proyectiles para tener probabilidad de impacto en un blanco determinado.

Con proyectiles inteligentes una combinación de explosivo o carga con dispositivos gps, guiado inercial, optoelectrónica y sistemas de control, es posible adaptar la munición existente.

Hasta hace muy poco una forma típica de clasificar la munición guiada o inteligente fue en: de Largo Alcance (LRS) con objetivos a cientos, a miles de kilómetros, y de Corto Alcance (SRS) que se refiere al ámbito táctico de cientos de metros a decenas de kilómetros, pero con "los modernos sistemas de comando y control y el apoyo de los UAVs de reconocimiento y ataque se impone el criterio que tiene en cuenta la distancia existente entre el arma y su sistema de adquisición y control, más que la distancia entre la plataforma de lanzamiento y el blanco.

---

50 Proyecto Darpa Laser- http://www.darpa.mil/program/excalibur

51 https://mundo.sputniknews.com/mundo/201703181067701161-rusia-china-eeuu-carrera-armas-laser/

52 EEUU, China y Rusia ya cuentan con sus propios prototipos.

53 http://freebeacon.com/national-security/pentagon-seeks-weapons-counter-hypersonic-missiles/

54 High-Energy Liquid Laser Area Defense System (HELLADS) http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/systems/hellads.htm

55 https://www.gov.uk/government/news/laser-directed-energy-weapon-ldew-testing

56 http://www.vix.com/es/btg/tech/14781/silent-strike-el-arma-laser-que-destruye-drones-a-distancia

57 La frase era más completa, el jefe militar sentía predilección especial por el ataque con bayonetas y solía decir: "La bala es tonta, la bayoneta es gallarda". http://rusopedia.rt.com/personalidades/militares/issue_254.html

La artillería del futuro plantea el aumento de movilidad y alcance reemplazando a la aviación táctica para el apoyo de las tropas de primera línea, y la utilización de munición inteligente para aumentar su precisión y letalidad especialmente en los primeros disparos.

Algunos desarrollos para artillería de campaña y morteros, fueron muy detalladamente tratados en la publicación TEC1000 de 2016 del CEPTM[58], aquí solamente nombraremos algunos ejemplos dando sus características principales, expresando:

- La munición de 155 ESCALIBUR[59] se basa en la inclusión en el proyectil convencional de sistema de guiado GPS e inercial y de superficies aerodinámicas móviles,
- La munición VULCANO[60], diseñada por OTO Melara – Finmeccanica integra el recetor GPS/INS NavStrike que no necesita antenas activas y actualiza los datos en menos de 100 nanosegundos, tiene una precisión de cinco metros.
- La munición rusa KRASNOPOL, con guiado laser y estabilizada con alerones, los blancos son marcados previamente con láser.
- Espoletas con guiado GPS, SPACIDO Francesas (producidas por GIAT Industries, TDA Armaments and Thales), y PGK del US ARMY.

También hay proyectos para relativamente pequeños calibres[61], pocos proyectos de munición de armas de francotiradores, el proyecto de DARPA: EXACTO[62] (Extreme Accuracy Tasked Ordenance) encargado a lockheed Martin, lleva adelante un proyecto en proyectiles.50 BMG o 12,70 x99, OTAN, el sistema de control, se supone que es guiado óptico. El proyectil inteligente tendría la capacidad para acertar en el blanco incluso cuando el tiro es malo, llegado el momento, corrige su trayectoria para perseguir al blanco móvil, aunque se mueva a gran velocidad.

F. Drones[63], Vehículos aéreos no tripulados.

Un vehículo aéreo no tripulado UAV o dron, es una aeronave que vuela sin tripulación, pueden ser controlados por una estación remota o ser autónomos totalmente mediante vuelos preprogramados, son utilizados para misiones de reconocimiento y ataque, técnicas como en topografía, también, como es de público conocimiento, tiene muchas funciones de uso civil, actualmente se los piensa para su empleo militar en funciones logísticas como el abastecimiento. Los hay estratégicos como el **GLOBAL HAWK**[64] de Estados Unidos fabricado por Northrop Grumman, el **MQ-1 PREDATOR**[65] de Estados Unidos fabricado por General

---

58 Juan Carlos Villanueva y Fernando Quinodoz, Munición guiada para armas de apoyo de fuego de artillería y morteros, TEC1000 2016, Página 61en adelante, CEPTM Edit, 2017 .

59 Desarrollado por Raytheon Missile Systems y BAE Systems Bofors. http://www.baesystems.com/en/product/excalibur--tell-the-round-where-to-go-ndash-and-it-goes-there

60 Leonardo Finmeccanica´s VULCANO https://www.rockwellcollins.com/Data/News/2016-Cal-Yr/GS/FY16GSNR41-Vulcano.aspx

61 En 1991, en un curso de Sistemas de Armas en la EST, se enseñaba que el calibre más chico rentable (en ese entonces) para la incorporación de inteligencia (espoleta de proximidad) era de 30mm.

62 http://www.darpa.mil/news-events/2015-04-27

63 UAV (Drone se traduce como Zángano en español)

64 http://www.northropgrumman.com/Capabilities/RQ4Block20GlobalHawk/Pages/default.aspx

65 http://www.ga.com/unmanned-aircraft-systems-and-sensors

Atomics, y tácticos como el **ORLAND 10**[66] utilizado para la artillería rusa par vigilancia del campo de combate y dirección de fuego, o el **RQ20 PUMA** de Estados Unidos, la tendencia es el mayor uso de este tipo de vehículos y a equipar a las menores fracciones con mini/nano UAVs como el **BLACK HORNET**[67] NANO UAV, con un alcance de hasta 1,5kilómetros es desarrollado por Prox Dynamics una empresa noruega para su país, la NATO y los británicos.

Turquía como ejemplo de un país en vías de desarrollo, lleva adelante varios proyectos locales de sistemas de drones, entre los que se destaca el **BAYRAKTAR**[68]. El Bayraktar utiliza el MAM-L y el MAM-C, dos mini municiones inteligentes desarrolladas y producidas por Roketsan, el fabricante de misiles controlado por el estado. La industria local de Turquía también está desarrollando BSI-101, un sist ema SIGINT, para que el Bayraktar termine con la dependencia de Turquía de los sistemas SIGINT de los drones fabricados en Estados Unidos. El Bayraktar puede volar a una altitud máxima de 24.000 pies, con un radio de acción de 150 kilómetros. La aeronave puede transportar hasta 55 kilogramos de carga útil.

También se prevé su uso en el ámbito de la logística, el proyecto del Ministerio de Defensa del Reino Unido, ha lanzado recientemente una línea de crédito para financiar proyectos innovadores en el desarrollo de nuevas formas de reabastecimiento de tropas en la primera línea. Centrándose en el desafiante "último kilómetro" de apoyo, el proyecto busca que en cualquier lugar del campo de batalla, los soldados puedan potencialmente ser reabastecidos con drones y robots (vehículos tácticos de reabastecimiento), algo muy similar al concepto de "Amazon" pero para el campo de batalla[69]. El objetivo es reducir el riesgo a las tropas y mejorar la eficiencia, se piensa aprovechar el rápido progreso del sector privado en el desarrollo de aviones teledirigidos y de entregas automatizadas[70].

La tendencia es a que los aviones de combate del futuro no lleven humanos ¿por qué?: limitar las bajas de combate, ser más manejables, resistir mayores fuerzas g, ser más eficientes aerodinámicamente, ser menos detectables y reducir su tamaño y mejorar sus formas exteriores para devolver menos eco de radar. Todo lo anterior trae aparejado una mayor automatización de procedimientos. El proyecto **ALIAS**[71], actualmente en desarrollo, va en esa dirección.

G. Realidad virtual y realidad aumentada (RA)

Mientras el soldado se mueve por interiores, terrenos al aire libre o subterráneos, con o sin acceso a GPS, pequeños robots del tamaño de la palma de la mano, aéreos y terrestres permitirán al soldado el reconocimiento, la vigilancia, la búsqueda y el rescate ampliando su visión y conciencia situacional[72], la denominada "Realidad aumentada"

---

66 La Artillería del Ejército ruso, la reina de las batallas, http://edicionesparabellum.com/2017/03/16/la-artilleria-del-ejercito-ruso/

67 http://www.proxdynamics.com/home

68 Army technology .com http://www.army-technology.com/projects/bayraktar-tb2-tactical-uav/

69 US ARMY RESEARCH - quadcopter, vehículo táctico de reabastecimiento aéreo, o JTARV, https://www.army.mil/article/180682/army_flies_hoverbike_prototype

70 https://www.gov.uk/government/news/autonomy-on-the-front-line-supplying-armed-forces-on-the-battlefield

71 DARPA, Proyect Aircrew Labor In-Cockpit Automation System (ALIAS) http://www.darpa.mil/program/aircrew-labor-in-cockpit-automation-system

72 Army News Service "Tactical Augmented Reality," or TAR, May 2017 https://www.army.mil/article/188088/heads_up_display_to_give_soldiers_improved_situational_awareness
https://www.defense.gov/Portals/1/Documents/pubs/DoD_Lab_Day_Exhibit_Information_Kit_FINAL_16_May_2017.pdf?ver=2017-05-16-095958-670

lo conectará cognitivamente con su entorno para aumentar su eficacia y probabilidad de supervivencia.

No hay que confundir Realidad Virtual (RV) con Realidad Aumentada (RA), en la RV se genera un entorno de escenas u objetos de apariencia real generado (entre otras) mediante tecnologías informáticas, se crea en el usuario la sensación de estar inmerso en esa situación/escenario, dicho entorno es contemplado/sentido por usuario a través de interfaces como lentes, cascos, guantes o trajes especiales. La RV posibilita, en forma controlada y segura, generar en los individuos nuevos esquemas de interacción entre información, movimiento y comunicación, esto permite evaluar las respuestas o entrenar.

Su aplicación creció y se difundió a través de videojuegos, extendiéndose a la educación, la medicina y por supuesto al entrenamiento militar (ejemplo: simuladores de vuelo, tiro manejo…). Es necesario remarcar que la experiencia "virtual" por sí sola nunca reemplazará a la experiencia en vivo, pero ahorra costos y mantiene a los soldados entrenados, muchos sistemas de armas, actualmente ya se diseñan con su set de simulaciones y ejercicios, en condiciones de combate se reemplazan los datos simulados por los datos reales, así se mantienen y habilitan pilotos, conductores, tiradores y especialistas de guerra electrónica entre muchas otras especialidades.

La RA consiste en enriquecer en tiempo real, la realidad existente con elementos virtuales ya sean imágenes o datos con información útil y necesaria. Por ejemplo permite identificar blancos, ubicar a sus compañeros, consultar mapas, calcular y adjudicar objetivos, recibir órdenes, integrar la visión nocturna, térmica y el GPS, compartir imágenes. Hay un límite por supuesto desde la ergonomía, para lo que el soldado humano puede procesar/ver y comprender.

Algunos proyectos y desarrollos de RA militares son:

- **TAR: "Tactical Augmented Reality"**[73], desarrollado por CERDEC[74], el Laboratorio de Investigación del US Army.
- **NETT WARRIOR**[75] **(NW)**, proyecto de largo aliento dentro otro proyecto mayor **LAND WARRIOR** (equipamiento integral del soldado de infantería US Army), que trata de aportar información y mayor conciencia de la situación y C2 al combatiente individual, con la premisa de usar tecnología comercial de código abierto, los soldados pueden acceder a mapas georeferenciados y comunicarse digitalmente a través de sus dispositivos.

  El paquete de software de mapeo controla la visualización de los mapas generados por satélite y topográficos. La tecnología de imágenes satelitales permite que los mapas sean generados y vistos por el soldado dentro de los diez minutos, en comparación con el retraso de seis a ocho horas que experimentan hoy los soldados de primera línea. Las posiciones amigas en los mapas se actualizan cada 30 segundos. El software de control de selección de escalones permite al soldado controlar la cantidad de datos recibidos, por ejemplo las posiciones de los miembros del equipo, escuadra o compañía.

---

73 Proyecto TAR, Heads-up display to give Soldiers improved situational awareness,
https://www.army.mil/article/188088/heads_up_display_to_give_soldiers_improved_situational_awareness
https://arstechnica.com/information-technology/2017/05/heads-up-augmented-reality-prepares-for-the-battlefield/
https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-military/combat-training.html

74 CERDEC: Engineering Command's Communications-Electronics Research, Development and Engineering Center del US ARMY .

75 https://kitup.military.com/2014/05/darpa-develops-infantry-heads.html
http://www.army-technology.com/projects/land_warrior/

El software asegura que el soldado no está sobrecargado de datos, pero recibe la información necesaria para su misión y situación. El programa de envío de imágenes permite al soldado capturar y enviar imágenes de campos de batalla.

> **HUNTR: Heads Up Navigations Tracking and Reporting**[76], desarrollados por CERDEC y DARPA

H. Fabricación Aditiva, uso de impresoras 3D en la cadena logística

La impresión 3D comprende un grupo de tecnologías de fabricación por adición de ciertos materiales, donde un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas sucesivas de material. Las impresoras 3D ofrecen a los desarrolladores del producto la capacidad para imprimir partes y montajes hechos de diferentes materiales con diferentes propiedades físicas y mecánicas, a menudo con un simple proceso de ensamble.

La idea que subyace, aparte de la fabricación súper customizada, es que las máquinas puedan autorrepararse y replicarse.

Hace más de diez años que salieron al mercado y ya forman parte de los laboratorios de todas las universidades y empresas de investigación, diseño industrial e ingeniería, especialmente para la fabricación de concepts y prototipos, en las facultades de ingeniería son comunes los talleres y cafés 3D donde se aprende y se comparte información y equipos.

Algunos desarrollos de equipos que marcan la tendencia, emplean hasta 10 tipos distintos de material, con precisiones de 40micrones en la construcción de las piezas[77].

Su uso se extiende a campos como la joyería, el calzado, diseño industrial, arquitectura, ingeniería, construcción, automoción y sector aeroespacial, medicina, educación, sistemas de información geográfica, y muchos otros; recientemente hace incursión en las Fuerzas Armadas de diferentes países como Estados Unidos, China, Canadá, Reino Unido, en 2014 se empezó a utilizar en la Estación Espacial Internacional[78].

Es una tecnología netamente disruptiva, como se puede apreciar en el proyecto que en nuestro país llevaron adelante la empresa Grupo Arcor S.A. y el MINCyT, que han realizado estudios en tecnologías de impresión 3D sobre alimentos[79]. "La manufactura aditiva o impresión 3D de alimentos podría proporcionar en el futuro una solución de ingeniería para el diseño personalizado de alimentos y control de la nutrición personalizada, una herramienta de creación de prototipos para facilitar el desarrollo de nuevos productos alimenticios y una potencial tecnología para volver a configurar una cadena de suministro de alimentos a medida".

El empleo de esta tecnología en el ámbito militar[80]**, actualmente** comienza a ser considerado, existen proyectos para la fabricación de sistemas no tripulados como cohetes y misiles y reemplazo de partes de armas y vehículos, aunque también se empieza a pensar

---

76 REDCOM, Oct 2015, Army Heads Up Situational Awareness Technologies https://www.afcea.org/events/documents/MilcomARCharts.pdf

77 MIT NEWS 2015, researchers designed MultiFab to 3-D print up to 10 materials at once: "MultiFab" 3-D prints a record 10 materials at once, no assembly required Printer from Computer Science and Artificial Intelligence Lab uses machine vision and 3-D scanning to self-correct and directly embed components. Watch Video

78 NASA: 26-11-14, https://www.lanasa.net/news/iss/la-impresora-3-d-de-la-estacion-espacial-internacional-crea-su-primer-objeto/

79 MINCyT Prog VINTEC Noviembre de 2015: http://www.mincyt.gob.ar/estudios/estudio-de-vigilancia-tecnologica-e-inteligencia-competitiva-en-tecnologias-de-impresion-3d-para-alimentos-11655

80 3D Printing Goes to War, http://newatlas.com/3d-printing-military-feature/42384/
https://medium.com/@RDECOM/army-fires-ammo-grenade-launcher-created-with-3-d-printing-2f8b12aacd53

en su utilización (experimentalmente) para el reemplazo de componentes críticos como son las aeronaves tripuladas V 22 y en helicópteros H1 y CH 53 de la US Navy[81].

En términos generales permitirá:

> Diseñar nuevas capacidades de reparación y mantenimiento en el campo de combate y en ambientes especiales y remotos o de difícil acceso como es el Espacio o la Antártida.
> Acortar y transformar la cadena de suministro de mantenimiento y logística.
> Reducción de costos de inventarios (almacenamiento de repuestos, stocks de protección).
> Es una solución para el reemplazo de componentes y repuestos discontinuados por los fabricantes.

Es interesante destacar un mensaje militar – administrativo- del Cuerpo de Marines de Estados Unidos, de agosto de 2106, el Nro.489/16[82] "Interim Policy on the use Additive Manufacturing (3D Printing) in the Marine Corps", que establece directrices sobre el uso de impresoras 3-D para fijar o reemplazar piezas desgastadas y rotas, rediseñar las piezas existentes y reemplazar partes completamente nuevas por otras innovadoras que podrían desempeñarse mejor.

Expresamente señala:" La manufactura 3D, abre enormes posibilidades al incorporar la capacidad de "fabricar" piezas de reemplazo en el terreno, en lugar de esperar que la cadena logística lo provea. Esta capacidad resulta vital para el despliegue operacional…"

Esta tecnología anticipa la próxima revolución industrial. La impresión en 3D será tan común que el hogar promedio pagará para descargar instrucciones de impresión para las piezas y equipo.

La actitud hacia el futuro ciertamente resume la filosofía de la organización

IV. A MODO DE CONCLUSIÓN
CONDUCIR EL PRESENTE MIENTRAS SE PLANIFICA EL FUTURO

En el mundo la capacidad de previsión y anticipación es una cualidad distintiva de las organizaciones de defensa y seguridad y una responsabilidad ineludible de la dirigencia civil y militar.

Estamos experimentando un mundo en crisis, que se acelera, pasamos de un acontecimiento a otro sin tener en cuenta las causas que los provocan, es la cultura del zapping, se vive en la coyuntura. La pregunta es: ¿Cómo mantener en la modernidad a los decisores para manejar con sabiduría y eficacia los conflictos que se avecinan? ¿Qué tipo de conocimientos necesitan dominar? La escala de tiempo del desarrollo tecnológico y la innovación es más corta que el ciclo normal de desarrollo profesional[83].

---

81 BREAKING DEFENSE Agosto 2016, http://breakingdefense.com/2016/08/osprey-takes-flight-with-3d-printed-part/

82 http://www.marines.mil/News/Messages/Messages-Display/Article/946720/interim-policy-on-the-use-of-additive-manufacturing-3d-printing-in-the-marine-c/NASA: 26-11-14, https://www.lanasa.net/news/iss/la-impresora-3-d-de-la-estacion-espacial-internacional-crea-su-primer-objeto/

83 Mark Hagerott, profesor de seguridad cibernética en la Academia Naval de los Estados Unidos; Future of War; http://www.tradepub.com/free-offer/rebuilding-the-military-for-the-new-threat-era/w_defe01?sr=hicat&_t=hicat:1071

Los estudios de futuros sirven para extraer conclusiones prácticas, para decidir hoy sobre la elaboración del cuerpo doctrinal, la educación de los mandos y tropas, la organización, los requerimientos técnicos de los sistemas de armas y materiales, los programas de adquisiciones, etc. No hay que olvidar que como expresa nuestro reglamento de Educación Profesional Militar en su Tomo II: "Si no se conocen los últimos avances tecnológicos, jamás se podrá combatir en la guerra del futuro para la cual nos preparamos…"

Se trató de construir una imagen del futuro de la guerra y del campo de combate a partir de la tecnología, se han descripto tendencias, innovaciones y proyectos concretos hoy en uso o en desarrollo, el resultado es modesto y difuso no se han abordado todos los campos, motivos sobran, cito solo dos: la falta de presupuesto que se aboca a la VT e IE y a la Prospectiva y la conciencia arraigada de que el futuro se soporta, no se construye, el segundo, sin duda, es el limitante de primero.

Los avances tecnológicos actualmente son casi exclusividad de base científica no empírica, para adquirir conocimiento, que es fuente de poder, hay que trabajar duro individual y organizacionalmente para tener más capacidades, dominar más tecnología, saber más.

Es paradójico que concluya con una recomendación que directamente no se relaciona con el tipo de conocimiento[84] que más aplica a la ciencia (conocimiento estructurado): dado los avances y el ritmo de cambio que se experimenta en la sociedad, es importantísimo trabajar en VALORES[85], sin ellos el mundo no tiene sentido (son los que conforman la cosmovisión del hombre), por ahora tenemos algo de tiempo, las máquinas solo son capaces de asimilar lenguaje estructurado- científico.

"La actitud hacia el futuro ciertamente resume la filosofía de la organización, sus fines teleológicos, condiciona el propio futuro... determina las acciones presentes, la toma de decisiones y la acción".

84 Existen tres niveles de conocimiento: valores, experiencia y ciencia.

85 Los valores son ideas no estructuradas, el conocimiento más pobre que podemos recoger de pequeñas historias y muestras de uno, son predicciones polares (ejemplo: bueno o malo, lindo o feo, muero o vivo …) acerca del mundo, en términos de nuestra propia apuesta a la supervivencia, al progreso o a cualquier otra motivación, March Jamas G. citado por Federico Frischknecht en Dirección Recursiva, El Ateneo, Buenos Aires, 1993.

V. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

1. Kevin Baron y otros, Defense One, Rebuilding the military for the new threat era, http://www.tradepub.com/free-offer/rebuilding-the-military-for-the-new-threat-era/w_defe01?sr=hicat&_t=hicat:1071
2. Alexander Kott y otros, Us Army Research Laboratory, Visualizing the Tactical Grund Baterfield in the Year 2050, Workshop Report, Jun 215
3. Francisco José Mojica, Francisco López Segrera,Hacia dónde va el mundo- Prospectiva megatendencias y escenarios latinoamericanos, Ed Interv Cultural /El Viejo Topo, España, 2015
4. Salvador Fontenla Ballesta, Los campos de Batalla del Futuro, 2002, España, https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4582750.pdf
5. Strategic Landscape, 2050: Preparing the U.S. Military for New era Dynamics- Roman Muzalevsky- Army War College; September 2017
6. Teufel, B./ Erdmann, L./ Schirrmeister, E./ Daimer, S./ Laredo, P./ Schoen, A./ Robinson, D. K. R./ Loikkanen, T. (2013): ERA Scenario Report. Report of the Forward Visions on the European Research Area (VERA) project. Karlsruhe/ Paris/ Helsinki. VERA (Forward Visions on the European Research Area); 2013. http://www.eravisions.eu/scenarios.
7. Center on the Future of War, Arizona State University, https://futureofwar.asu.edu/
8. Raytheon, Future Warfare Cultivating Emerging Technologies, http://www.raytheon.com/news/rtnwcm/groups/corporate/documents/content/rtn_303213.pdf
9. CEPTM “Mosconi”, Listado de Tecnologías Aplicadas en el área de la Defensa, http://www.ceptm.iue.edu.ar/pdf/ListadoTecnologiasAplicadasDefensa2.pdf
10. https://www.newamerica.org/international-security/future-war/
11. National Commission on the Future of the Army, (NCFA), EEUU, http://ec.militarytimes.com/static/pdfs/NCFA-Full-Final-Report-1.pdf
12. SIPRI, Yearbook 2016.

(*) **Juan Carlos Pérez Arrieu:** Coronel (R) de Artillería del Ejército Argentino, Ingeniero Militar de la especialidad Sistemas Armas Electrónicas (IUE/EST); Egresado del Colegio Militar de la Nación-Prom 108, Magíster en Dirección de Empresas (MBA- UP), Diplomado en Management Estratégico (UP); Especialista en Higiene y Seguridad(UMdP), Maestría en Conducción y Administración (IUE). Dictó cursos de EW, Rar, Met Invest, Planificación y Organización Industrial.

Parac Mil, Antártico; Prestó servicios en: GA Aerot 4, GABl 2, EcA, GADA 601, GASADA 601, Cdo Antar Ej, EST, OMP-BEA 4, HMC 601- Div Tec, EMGE-DIDEP, CIDESO y CITEDEF.

Actualmente es Director del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl Mosconi de la EST, Docente de la EST (Cátedra de Organización Industrial) y de la UTNFRGP (Sec C&T y Dpto Ing Mec.), es miembro del Área de Prospectiva de Energía Eléctrica (APEE – UTN).

1.2

VIGILANCIA TECNOLÓGICA E INTELIGENCIA ESTRATÉGICA O INTELIGENCIA CIENTÍFICO TECNOLÓGICA
La nueva visión comercial de una vieja actividad militar

Por el Cnl A (RE) OIM Carlos Hugo Trentadue*

Ipsa scientia potestas est
Sir Francis Bacon[1]

LOS ORÍGENES

Europa estaba nuevamente convulsionada a fines del año 1939. En septiembre de ese año, finalmente, los soviéticos y los alemanes, aliados a través del pacto Molotov – Ribbentrop, habían ocupado Polonia. Inmediatamente, los soviéticos ocuparon los países bálticos e iniciaron la guerra contra Finlandia que se había negado a ser ocupada. Francia, el Reino Unido y casi todos los países de la Commonwealth habían declarado la guerra a Alemania.

Noruega había optado por la neutralidad, pese a que sus simpatías estaban del lado de los británicos, del mismo modo que durante la Primera Guerra Mundial, en la que había combatido junto a ellos, costosamente, y perdió gran parte de su flota mercante. Pero a fines del año 1939 todo hacía suponer que esa situación no podía continuar.

El Capitán Héctor Boyes se desempeñaba entonces como el Agregado Naval en la Embajada del Reino Unido en Oslo. En la mañana del 4 de noviembre, junto con la correspondencia habitual, recibió un sobre despachado desde la misma ciudad que contenía una nota anónima[2] que le ofrecía proporcionar información sobre adelantos tecnológicos alemanes. Si esto le parecía de

---

1 El conocimiento en sí mismo es poder. Francis Bacon. "Of Heresies," Meditationes Sacrae, en The Works of Francis Bacon, Vol.2, Boston: Houghton, Mifflin and Company, 1897, p. 179

2 El autor de este reporte se conoció recién en 1989, cuando R. V. Jones lo hizo público una vez que tanto el autor como su mujer habían fallecido. El documento fue escrito por Hans Ferdinand Mayer, quien era Director del Laboratorio de Investigación de Siemens en Berlín, desencantado con la política nazi.

interés, la BBC debía cambiar el inicio de su transmisión en idioma alemán por la frase *"Hullo, hier ist London"* en vez de la habitual expresión en inglés.

FIGURA 1: JU - 88



Boyes contactó inmediatamente al Secret Intelligence Service (conocido durante la guerra como el MI6), quienes, con una clara eficiencia, lograron que la BBC transmitiese el mensaje requerido al día siguiente. Sólo quedaba esperar para ver qué había de cierto en el ofrecimiento.

Una semana más tarde, recibió un paquete que tenía una serie de documentos, planos y un tubo de vacío perteneciente a un sistema de radar y un sensor electrónico para una espoleta de proximidad. Boyes hizo traducir los papeles y los envió por el correo más rápido a Londres para su análisis.

> El reporte contenía información de diversa profundidad y precisión sobre varios temas:
> La descripción del programa de producción del bombardero liviano Junkers JU – 88.
> El estado de construcción del portaaviones Franken[3].
> Los planos y especificaciones de un planeador dirigido por radio que transportaba una carga explosiva y que, en la fase final de su vuelo, se desplazaba ayudado por un cohete que volaba a tres metros de altura sobre el agua[4]. Indicaba en este punto que el lugar donde se llevaba a cabo el desarrollo era Peenemünde.[5]
> Un sistema de piloto automático para aviones.
> Proyectiles autopropulsados dirigidos, tanto de artillería como cohetes. En particular describía un sistema de misiles de 80 cm de calibre similar al A8.
> Descripción y localización de un centro de Investigación y Desarrollo de la Fuerza Aérea alemana en Rechlin que indique su importancia como blanco para ataques aéreos.
> Descripción de la táctica empleada por el ejército alemán para el ataque a fortificaciones que combine artillería e infantería.
> Descripción y especificaciones del sistema de radar alemán que indiquen la frecuencia de pulsos, potencia e incluso algunas vulnerabilidades.
> Descripción y especificaciones de un sistema de navegación por radio para guía de bombarderos.
> Descripción y especificaciones de dos sistemas de torpedos, uno acústico y el otro magnético.
> Descripción y especificaciones de un sistema de espoletas eléctricas para artillería y bombas aéreas fabricadas por Rheinmetall.

3 El primer portaviones alemán fue el Graf Zeppelin, botado en 1938, en 1939 se encontraba en construcción otro portaaviones que fue desguazado en 1940.

4 Similar al que luego fuese el Blohm & Voss BV 143.

5 Peenemünde fue la cuna del plan de cohetes alemán. En funcionamiento desde 1937, este informe fue el primero en establecer la ubicación de este centro de Investigación y Desarrollo, famoso por el desarrollo de la V1 y la V2. Fue intensamente bombardeado, particularmente el 17 de agosto de 1943, cuando cerca de 600 bombarderos británicos lanzaron más de 1800 toneladas de bombas en él, sin demasiado éxito para impedir la continuación de los programas que allí se llevaban adelante.

El Almirantazgo británico no podía creer que esto no fuese una operación de desinformación del Abwehr (el servicio secreto alemán), pues "era demasiado bueno para ser cierto". Compartía esta opinión el Ejército, pero la Real Fuerza Aérea decidió hacer estudiar el documento antes de emitir un juicio a su respecto.

Preocupados por la rapidez de los avances tecnológicos, en septiembre de 1939, los británicos decidieron asignar un científico a la sección de inteligencia del Ministerio del Aire. Nunca antes un científico había trabajado formalmente para un servicio de inteligencia. El elegido para este puesto fue Reginald Victor Jones. Este joven de 28 años, doctorado en física, trabajaba en Farnborough, equivalente británico a nuestra Fábrica Militar de Aviones[6], como especialista en sistemas de defensa aérea, desde 1936. Él fue quien recibió la tarea de evaluar el que ya comenzaba a llamarse el "Reporte Oslo".

Jones sostuvo que, a pesar de la amplitud de la información y algunas imprecisiones, los detalles técnicos eran correctos y recomendó que todos los sistemas electrónicos que se divulgaban en él debían seguirse estudiando. En un informe de 1940, Jones expresaba:

> *La contribución de esta fuente puede resumirse en las declaraciones que los alemanes están poniendo en servicio un sistema R.D.F. [Radio Direction Finding, la designación británica para el radar] similar al nuestro,... Un examen cuidadoso de todo el informe deja sólo dos posibles conclusiones: (1) que es algo sembrado para convencernos que los alemanes también están tan avanzados como nosotros o (2) que la fuente está realmente descontenta de Alemania y desea decirnos todo lo que sabe. La precisión general de la información, la presentación de la espoleta y el hecho de que la fuente no hizo ningún esfuerzo, como se sabe, de explotar el asunto, sumado al posterior desarrollo de la guerra junto con nuestros avances en el sistema Knickebein[7], inclinan la balanza a esta última conclusión. Parecería que la fuente es confiable, y manifiestamente competente.*[8]

Considerado hoy como la mayor fuga de información durante la guerra proveniente de una fuente única, fue el lanzamiento de la figura de Jones[9], considerado actualmente como el padre de la Inteligencia Científico Tecnológica, quien solía expresar que "…en los pocos momentos de inactividad de la guerra, solía pegarle una mirada al reporte para ver qué era lo próximo por venir"[10].

Tecnología

Cualquier tecnología suficientemente avanzada es indistinguible de la magia.
Arthur C. Clarke[11]

Tecnología: Es la creación material de conocimientos, métodos y recursos

---

6 La FMA había sido fundada en 1927 y era parte de la Dirección de Fábricas del Ejército, base de la DGFM cuando el Grl Savio se hizo cargo de instrumentar el plan de industrialización militar de la Argentina.

7 Sistema radioeléctrico de guía para bombarderos alemanes al inicio de la Segunda Guerra Mundial.

8 R.V. Jones: The Wizard War: British Scientific Intelligence 1939–1945, New York: Coward, McCann & Geoghegan,1978.

9 Jones continuó formalmente su carrera en el campo de la inteligencia militar hasta 1946, dedicándose luego a la academia. Pero su última intervención en ese campo fue durante la Guerra de las Malvinas, donde asesoró a Margaret Thatcher

10 Ordway, F., Sharpe, Mitchell R.: The Rocket Team. Apogee Books Space Series 36. 1974

11 Sir Arthur Charles Clarke, CBE, FRAS (1917 – 2008) Físico y matemático británico, mejor conocido como uno de los más famosos autores de ciencia ficción, inventor, explorador submarino y presentador televisivo. La frase aparece en "Profiles Of The Future", Phoenix Ed.; 2000;

La transformación que ha ocurrido en las sociedades desde la era agraria, pasando por la era industrial y continuando hoy más allá de ella, ha tenido como uno de sus efectos el incremento de la demanda de recursos físicos y, por lo tanto, ha influido en su valorización relativa. Algunos de ellos, como la extensión de la superficie de tierras cultivables han sido relevantes desde la era agrícola y aunque hoy, nuevamente, la preocupación de las sociedades por los alimentos las ha revalorizado, a partir de la era industrial, las fuentes de energía han pasado a ocupar un lugar de privilegio.

Particularmente en la era postindustrial, a la que podemos definir como la era en que el crecimiento económico impulsado por el conocimiento se ha convertido en el factor central del progreso, el valor relativo de algunos recursos naturales parece haber disminuido aún más a medida que el conocimiento técnico proporciona nuevas formas de utilizarlos de manera más eficiente o proporciona sustitutos sintéticos de alguno de los recursos naturales agotables.

Hasta no hace mucho, esta afirmación debía hacerse excluyendo a los materiales energéticos fósiles, pero la aparición de tecnologías que permiten la explotación de recursos hasta hace poco no accesibles, como el shale o la explotación de yacimientos *off-shore* a grandes profundidades, han hecho también disminuir los valores de dichos materiales. Hacemos aquí la salvedad de que no nos estamos refiriendo en particular a los valores monetarios de estos materiales, sino a su importancia relativa como factor de progreso.

Mientras que el crecimiento del conocimiento, por tanto, ha contribuido a la disminución de la importancia de los recursos naturales como insumos para el crecimiento económico, el aumento del sistema de comercio internacional ha reducido aún más su importancia relativa. La existencia de un sistema de comercio internacional de productos básicos implica que los países ya no necesariamente estarán limitados por la pobreza de sus dotaciones naturales en cuanto se refiere a sus perspectivas de crecimiento y poder nacional. Esto es aún más cierto porque el número de materias primas absolutamente críticas ha disminuido con el tiempo, y son también muy pocos los que sólo tienen una fuente de suministro. Esto es cierto hoy incluso para los recursos naturales de alta prioridad como la energía.

Por lo expresado, se observa la emergencia, en el sentido de emerger, de sociedades organizadas alrededor del conocimiento como un factor central del desarrollo[12], y es fácil entender entonces que la tecnología, en su sentido más amplio, haya sido identificada como uno de los más importantes factores para la construcción de potencial nacional[13].

Podemos definir a la tecnología como la creación material de conocimientos, métodos y recursos. Como tal, las tecnologías poseídas por cualquier país son innumerables y abarcan un amplio rango de complejidad, desde herramientas elementales hasta elementos de la frontera del conocimiento, los cuales sólo pueden ser generados como resultado de la comprensión íntima de conceptos científicos y la implementación de éstos, tanto en la creación de nuevos componentes y luego en la integración de estos componentes y otros en sistemas más o menos complejos.

---

12 Bell, Daniel. The Coming of Post-Industrial Society. New York: Harper Colophon Books, 1974.

13 El potencial nacional puede ser definido como la capacidad de un estado para alcanzar objetivos estratégicos a través de acciones intencionadas. Varias metodologías son usadas para darle una magnitud cuantitativa, entre otras, el índice de Singer, o el Potencial Nacional Comprensivo, o la metodología de la Corporación Rand. En todos, la tecnología es un factor relevante para el cálculo.

Ciencia

Tengo respuestas aproximadas, posibles creencias y diferentes grados de certeza acerca de algunas cosas, pero no estoy absolutamente seguro de nada y hay muchas cosas que desconozco totalmente.
Richard Feynman[14]

La definición más acotada de esta palabra que nos da el diccionario de la Real Academia Española, nos dice que deriva de la palabra latina scientia que significa conocimiento, y se refiere al *"Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales".*

En general, podemos decir que la ciencia es el agrupamiento metodológico de conocimientos. El epistemólogo alemán Rudolf Carnap clasifica las disciplinas científicas en tres grandes grupos:

- Las ciencias formales, que estudian las formas válidas de inferencia. Ejemplos son la lógica y las matemáticas.
- Las ciencias naturales, que son aquellas que estudian la naturaleza: como la física, química, biología, astronomía, geología y otras.
- Las ciencias sociales, que son aquellas disciplinas que se ocupan del ser humano en términos de su cultura y la sociedad. Administración, antropología, ciencia política, psicología, sociología, etc.

Ciencia, tecnología e ingeniería

La ingeniería es el arte de dirigir las grandes fuentes de energía de la naturaleza para el uso y conveniencia de la humanidad[16]

La distinción entre la ciencia, la tecnología y la ingeniería no siempre es clara.

Como la definimos anteriormente, la ciencia es la investigación motivada o el estudio fenomenológico, encaminada a descubrir principios perdurables entre los hechos obser-

TABLA 1: ALGUNAS DIFERENCIAS ENTRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA[15]

Ciencia		Tecnología
Propósito principal	Producción de conocimientos generalizables y reproductibles.	Producción de conocimientos comercializables, insertados en productos o servicios.
Se nutre de	Una o pocas disciplinas.	Múltiples disciplinas.
Actividades principales	Investigación	Desarrollo, seguimiento, diseño, experimentación, ensayo, control de calidad.
Conocimiento producido	Generalizable, reproductible, codificado, publicable.	Específico, parcialmente codificado, parcialmente tácito. Diseminado mayormente por interacción física.
Determinación del Problema/ Necesidad	Mayormente difusa	Mayormente específica.

14 Richard Phillips Feynman (1918 – 1988), físico ganador del Nobel en esa disciplina, conocido por sus trabajos sobre mecánica cuántica y la formulación de la teoría cuántica electrodinámica, entre otros. El fragmento está extraído de una entrevista en 1981 en el programa Horizons de la BBC "The pleasure of finding thighs out" cuando respondía que era para él un científico.

15 Adaptado de S. Cozzens, S. Gatchair, Kyung-Sup Kim, G. Ordóñez, y A. Porter "Emerging Technologies: Quantitative Identification and Measurement"; Georgia Tech, Octubre 2005

16 Definición adoptada por la UK Institution of Civil Engineering en 1828, basada en una conferencia dada por Thomas Tredgold.

vables en el universo, empleando técnicas formales como el método científico. Por otra parte, las tecnologías no son exclusivamente productos de la ciencia porque tienen que cumplir requisitos como utilidad, facilidad de uso y seguridad.

La ingeniería es el proceso orientado del diseño de herramientas y sistemas con el fin de aprovechar los fenómenos naturales para obtener resultados de interés para el ser humano, a menudo (aunque no siempre) utilizando resultados y técnicas provenientes de la ciencia.

El desarrollo de la tecnología, para lograr algún resultado concreto, puede utilizar muchos campos del conocimiento, entre los que se incluyen el científico, la ingeniería, la matemática, la lingüística y el conocimiento histórico.

La tecnología suele ser una consecuencia de la ciencia y la ingeniería, aunque como actividad humana precede a estos dos campos (cuando el primer cazador construyó un arco y flechas, poco sabía de balística, aerodinámica, elasticidad o ecuaciones de flujo). Por ejemplo, la ciencia estudió el flujo de electrones en conductores eléctricos, a partir de conocimientos y herramientas ya existentes. Estos nuevos conocimientos fueron usados por ingenieros para crear nuevas herramientas y máquinas, tales como semiconductores, equipos y otras formas de tecnología. En este sentido, científicos e ingenieros pueden ser considerados como tecnólogos; los tres campos son considerados como uno a los fines de investigación y referencia.

La relación exacta entre la ciencia y la tecnología ha sido debatida por científicos, historiadores y políticos desde las últimas décadas del siglo XX. Esto ha sido motivado en parte, porque las conclusiones a las que se arribaba tenían influencia en los mecanismos de financiación de la ciencia básica y aplicada. A fin de la Segunda Guerra Mundial, por ejemplo, en los Estados Unidos se consideraba que la tecnología era simplemente "ciencia aplicada" y que al financiar ciencia básica se estaba "sembrando" para cosechar resultados tecnológicos más tarde.

Una articulación de esta filosofía se encontró explícitamente en el libro de Vannevar Bush sobre la política científica de posguerra, *Ciencia – La Frontera Sin Fin: "nuevos productos, nuevas industrias y más puestos de trabajo requieren el continuo crecimiento del conocimiento de las leyes de la naturaleza... Estos nuevos conocimientos esenciales pueden obtenerse sólo a través de la investigación científica básica."*

En la década de 1960, sin embargo, este punto de vista fue atacado por iniciativas que apuntaban a financiar la ciencia sólo si esta prometía obtener resultados específicos, pese a que estas iniciativas eran resistidas por la comunidad científica, conscientes de la dificultad de garantizar el éxito práctico de la investigación científica. La cuestión sigue siendo polémica, aunque la mayoría de los analistas no apoya el concepto de que la tecnología es simplemente un resultado de la investigación científica[17].

De todas formas, y sin entrar en el debate, es evidente la relación entre los tres conceptos. Ciencia, tecnología e ingenierías están íntimamente vinculadas y su desarrollo es sinérgico. Más allá de la orientación que se dé a la Investigación y Desarrollo, traccionada por las fuerzas de la demanda del mercado o la orientación de los gobiernos, la curiosidad humana y el deseo de expandir las fronteras del conocimiento seguirán siendo un elemento impulsor de éstas.

La inteligencia científico tecnológica

Si bien los orígenes de la inteligencia científico tecnológica pueden ser trazados hasta tiempos remotos, la primera relación documental sobre la misma puede encontrarse en la última obra de

17 Para más datos respecto de esta discusión ver Guston, David H.: Between politics and science: Assuring the integrity and productivity of research. New York: Cambridge University Press. 2000.

Sir Francis Bacon, su novela *Nueva Atlántida*[18]. En ella, Sir Bacon describe una civilización que se desarrolla en una isla-estado llamada Bensalem, que disponía de una organización de inteligencia para recopilar y asimilar los conocimientos científicos en todo el mundo. La organización de inteligencia era llamada la "Casa de Salomón".

A los agentes que trabajaban para ella se los denominaba los "Mercaderes de la Luz". Entre ellos había especialistas en la recolección de información publicada en libros. Y otros que reunían información sobre maquinaria. También existían los analistas, quienes organizaban la información para evaluarla y sacar conclusiones.

De todas maneras, como expresáramos al principio de este capítulo, fue recién durante la Segunda Guerra Mundial que el concepto se convierte en parte integral del esfuerzo de reunión y evaluación, con la designación de Reginald Victor Jones con esa función específica en el Reino Unido.

Varios términos son usados indistintamente en la literatura, a veces como sinónimos y otras como conceptos separados y no siempre consistentes con la terminología castrense.

En sus comienzos, el término **inteligencia técnica**[19] se refería exclusivamente a la inteligencia sobre las armas y equipo utilizado por las fuerzas armadas de las naciones extranjeras. Y el término más amplio, **inteligencia científica y tecnológica,** se dedicaba a la reunión de información sobre el mismo campo, pero a nivel estratégico, es decir, a nivel nacional. Hoy este último término, tiene connotaciones más amplias que trataremos de ir dilucidando durante el resto de este trabajo.

En el pasado, el éxito económico era debido a la vinculación del conocimiento, el empleo de procesos de fabricación superiores y a la disponibilidad de recursos físicos. Esto hoy ha cambiado, y ese cambio se acentúa a medida que progresa la globalización. Las economías mundiales se basan en la utilización de sistemas y servicios basados en el conocimiento.

Debido a que en esta era de la información el conocimiento producido por la investigación es comunicado vía artículos e informes, la **inteligencia científica y tecnológica** (ICT) adquiere una renovada importancia. El uso adecuado de esta herramienta ayuda a la creación de nuevos conceptos y procesos y estimula la innovación.

"Lo que hace a la tecnología tan especial como variable estratégica es su considerable poder de cambiar las reglas competitivas del juego. El cambio tecnológico puede ser un gran ecualizador que anula las ventajas de empresas que están en el negocio desde hace tiempo y crea las oportunidades para los recién llegados y seguidores. El cambio tecnológico es quizás la fuente más importante de cambios significativos en los valores de acciones en el mercado bursátil y es probablemente la causa más frecuente de la desaparición de firmas dominantes de un producto dado"[20]

Un ejemplo de la aplicación de estos conceptos podemos verlo en el campo aeronáutico comercial, particularmente en la competencia de dos empresas que participan en él. Los europeos gastan menos en investigación y desarrollo (I+D) que los Estados Unidos, pero compiten eficazmente con ellos en el campo de la industria aeroespacial. Han tenido que superar la barrera del lenguaje, las diferencias culturales, los resentimientos de milenios de agresiones mutuas y establecer un gobierno común para lograr una administración efectiva de proyectos e investigación.

---

18 Francis Bacon, "New Atlantis", 1657, puede hallarse en http://www.gutenberg.org/ebooks/2434. Último acceso 23 Mar 2017.

19 En alguna literatura en inglés se la encuentra identificada por la sigla TECHINT.

20 Michael E. Porter, "The Technological Dimension of Competitive Strategy." Research on Technological Innovation, Management and Policy, v. 1, pp. 1–33. 1983

	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
Airbus	**1503**	833	**1419**	**574**	**271**	**777**	1341	790	**1055**	**370**	**284**	**300**	**375**	520
Boeing	1355	**1203**	805	530	142	662	**1413**	**1044**	1002	272	239	251	314	**588**

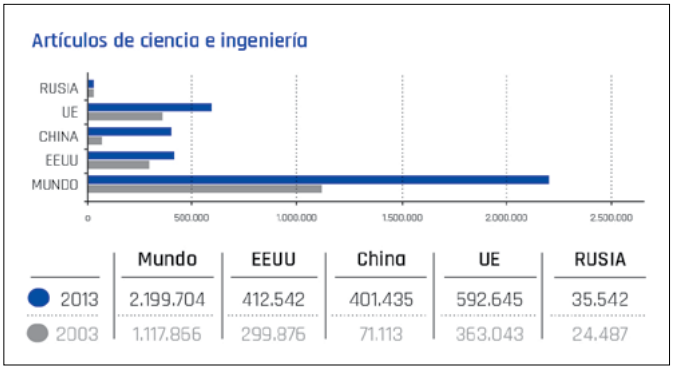
Como resultado, podemos mostrar la creciente participación mundial de Airbus en el mercado aeronáutico mundial, reflejado en las órdenes de aviones que recibe comparada con Boeing.

Las cifras mostradas son inconsistentes con los niveles de inversión en Investigación y Desarrollo de ambas regiones, donde históricamente los Estados Unidos superan a la Unión Europea (en 1995, Estados Unidos invertía 16.9 mil millones de dólares mientras que la Unión Europea invertía 6.7 mil millones. Esta proporción ha ido disminuyendo en el tiempo, pero hasta 2016 las cifras muestran a los Estados Unidos por delante, donde los primeros representan cerca de un 26 por ciento de la inversión global y los segundos se acercan al 22 por ciento)[21].

Aunque podría haber otras fortalezas de la industria aeroespacial europea, la **Confederation of European Aerospace Societies** (CEAS), identifica como principales las siguientes: la diversidad de la comunidad de Investigación y Desarrollo europea, los fuertes lazos de colaboración entre científicos y tecnólogos, la alta preparación de la fuerza laboral, la disponibilidad de instalaciones de investigación de punta y finalmente, *la disponibilidad y alto empleo por parte de investigadores y tecnólogos de información "pre-competitiva" accesible en la literatura científica y conferencias*[22].

A modo de ejemplo en 1995, Estados Unidos había publicado más de 193.000 artículos sobre ciencia e ingeniería. La Unión Europea el mismo año publicó cerca de 196.000, mientras China e India rondaron los 9.000 cada uno. En el 2013, la Unión Europea publicó 592.000, Estados Unidos 412.000, mientras China superó los 401.000 e India los 93.000.[23] Estos números permiten inferir que los países que menos publican tienen al menos una oportunidad de conocer dónde se encuentran sus competidores a través de la lectura de ellos y aquellos que lo hacen pueden compartir parte de los avances de su campo y retroalimentarse de las publicaciones del resto de la comunidad científica. Nuestro país, de acuerdo a la misma fuente, pasó de 4.000 a poco más de 8.000 publicaciones en ese período.

ILUSTRACIÓN 1: NÚMERO DE PUBLICACIONES DE C&T EN EL MUNDO POR ORIGEN 2003 - 2013



	Mundo	EEUU	China	UE	RUSIA
2013	2.199.704	412.542	401.435	592.645	35.542
2003	1.117.866	299.876	71.113	363.043	24.487

21 Organisation for Economic Co-operation and Development, Analytical Business Enterprise R&D Database (Paris).

22 European Commission, Directorate-General Enterprise & Industry: FWC Sector Competitiveness Studies - Competitiveness of the EU Aerospace Industry, Munich, 15 Diciembre 2009. Las itálicas son mios.

23 National Science Foundation, Key Science and Engineering Indicators: 2016 Digest, Arlington 2016.

Inteligencia Técnica[24]

Como dijimos anteriormente, históricamente este término se vinculaba estrictamente con el campo militar. De acuerdo a la terminología internacional relacionada, esta actividad tiene como objetivo primario permitir a las fuerzas armadas de un país evitar la sorpresa tecnológica, evaluando las capacidades científicas y tecnológicas de los adversarios, y desarrollando contramedidas para neutralizar cualquier ventaja en este campo que ellos pudiesen tener[25].

En la actualidad, sin embargo, para esta expresión aplicada al mundo comercial, podríamos adoptar una definición más amplia, como la que propone el Centro de Administración de Tecnologías de la Universidad de Cambridge, en el Reino Unido, que expresa que inteligencia técnica (o tecnológica) es: *"la reunión y distribución de información tecnológica como parte del proceso por el que una organización desarrolla el conocimiento de amenazas y oportunidades tecnológicas"*[26].

Esto está causado por el hecho de que la información tecnológica se ha convertido en una ventaja competitiva cada vez más importante para las compañías de base tecnológica, las cuales deben hacer frente a ciclos de vida más cortos de los productos derivados de dichas tecnologías y de las tecnologías mismas. Como consecuencia directa de ello se observa que las organizaciones, tanto gubernamentales como privadas, dedican más recursos al desarrollo de sistemas de inteligencia tecnológica, enunciando que la información obtenida a través de dichas actividades de inteligencia son activos importantes para el éxito de sus negocios.

Inteligencia científico-tecnológica (ICT):

Es más amplia que la inteligencia técnica, aunque en la práctica se usan ambas expresiones como sinónimos.

Estrictamente hablando, es el producto resultante de la recolección, procesamiento, evaluación, análisis, e interpretación de la información científica y técnica que cubre temas tales como:

a. Progresos de la competencia en la investigación básica, aplicada y en técnicas aplicadas de la ingeniería
b. Características, capacidades, y limitaciones científicas y técnicas de los sistemas, componentes, equipamientos, y procesos utilizados por la competencia; la investigación y desarrollo relacionados y los métodos de producción empleados para la fabricación de cualquier elemento que afecte la cadena de valor de los productos o servicios que ofrece la organización.
c. Características, capacidades y limitaciones científicas y técnicas de todos los sistemas, armas, sistemas de armas, y materiales militares extranjeros; la investigación y desarrollo relacionados y los métodos de producción empleados para su fabricación.

Abarca no sólo los equipos o maquinaria, sino también el proceso por el cual hayan sido desarrollados y producidos, la capacidad de producción de dicho material o equipo en el país u organización que lo manufactura y cuáles son las prioridades económicas asignadas al proyecto.

La finalidad de la ICT, por lo tanto, es jugar dos papeles importantes:

---

24 No debe confundirse con el término "inteligencia obtenida por medios técnicos" que es un término usado en el campo del Desarme y Control de Armamentos para indicar la reunión de información a través de dispositivos tales como cámaras, sensores remotos, etc.

25 Joint Publication 1-02, DOD Dictionary of Military and Associated Terms, actualizado al Ago 2017. http://www.dtic.mil/doctrine/jel/new_pubs/jp1_02.pdf. Último acceso 23 Nov 2017.

26 Kerr, C. I. V.; Mortara, L.; Phaal, R. & Probert, D. R. (2006) A conceptual model for technology intelligence. International Journal of Technology Intelligence and Planning, Vol. 2, Nro 1, pp. 73-93. 2006.

> proporcionar un panorama de las áreas de interés en ciencia, tecnología e ingeniería a otras áreas de inteligencia (política, diplomática, económica, militar)
> proporcionar la base sobre la cual actividades de la organización en las áreas de investigación y desarrollo (I + D) se dirigen, son medidas y ejecutadas.

Debe quedar claro desde el principio cuál de estos fines, o qué combinación de ellos son los requeridos para el esfuerzo de ICT. El programa y la estructura de la organización de ICT resultantes dependerán en gran medida de estos propósitos.

Como en el caso de la inteligencia tecnológica, también será uno de los objetivos implícitos de todo este conjunto de actividades el evitar la sorpresa tecnológica y desarrollar ventajas competitivas sobre una base tecnológica.

Quienes han desarrollado esta área a nivel privado y gubernamental desde la Segunda Guerra Mundial han sido los japoneses. A partir del convencimiento de que su industria necesitaba tecnología de los países desarrollados industrializados para poder competir con ellos, en 1957 fue creado el Centro de Información de Ciencia y Tecnología[27] (JICST), con fondos provenientes tanto de la industria privada como del gobierno. La organización estaba conformada con unas 260 personas de las cuales 65 eran especialistas en áreas de interés. Además de ese núcleo, se empleaban a más de 2.000 personas para el esfuerzo de reunión y traducción. Los servicios del JICST incluían la obtención de bibliografía, lectura de publicaciones, fotocopiado de documentos, traducción y búsqueda bibliográfica.

En 1961 se instaló una computadora llamada "JEIPAC" especialmente diseñada para el manejo de información. El JICST ha participado en el desarrollo de sistemas de recuperación de información en varias áreas temáticas mediante el uso de esta máquina y se está utilizando en la práctica para búsqueda bibliográfica del sector metalúrgico.

En 1961, también, se fundó la Corporación para la Investigación y Desarrollo de Japón (JRDC). Mientras el JICST reunía y diseminaba información sobre C&T, el JRDC promovía la investigación básica, nuevos desarrollos tecnológicos e intercambios de investigación. Ambas instituciones se fusionaron en 1996 con el nombre de la Corporación de Ciencia y Tecnología de Japón (JST) que fuese reorganizada en el 2003 como una institución independiente con el nombre de Agencia de Ciencia y Tecnología de Japón.

Además de lo anterior, en 2013 se creó, bajo la órbita de la Sociedad de Promoción de la Ciencia de Japón[28] (JSPS), el Centro Global de Información de Ciencia[29] (GSIC), cuya misión es reunir y compilar información sobre los programas de interés de la JSPS y sobre el estado de las actividades realizadas por organizaciones de promoción de la ciencia en otros países. Evaluando los datos obtenidos, el GSIC informa a la JSPS que los utiliza para elaborar y proponer formas de mejorar los programas propios.

Al presente, además de Japón, otros países o empresas ejecutan actividades de ICT institucionalmente, siendo de destacar China, Rusia, Alemania y Francia.

Con un programa sistemático de ICT, una empresa puede minimizar la ocurrencia de sorpresas y oportunidades perdidas. Según un estudio realizado en 80 empresas alemanas en 1991, los tiempos de preaviso sobre nuevas tecnologías y productos, casi se duplicaron para empresas con

---

27 YUTAKA KOBAYASHI: Development of a Comprehensive Network for Scientific and Technical Information in Japan. https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/6455/librarytrendsv17i3e_opt.pdf?sequence=1. Último acceso 23 de noviembre de 2017.

28 http://noralumni.no/japan/organization/the-japan-society-for-the-promotion-of-science/. Último acceso 23 Nov 2017.

29 http://www.jsps.go.jp/english/e-cgsi/index.html . Último acceso 23 de noviembre de 2017.

sistemas de inteligencia técnica formal, aumentando de un tiempo promedio de 17 meses a un tiempo de aviso de 33 meses.

Con un sistema de ICT pueden explotarse conocimientos desarrollados por otros, adelantarse a los competidores, y ser los primeros en formar asociaciones estratégicas con nuevas empresas.

La ventaja competitiva va hacia las empresas que saben dónde las tecnologías del futuro son creadas hoy[30]***.***

Dado que la información relacionada con los campos de la ciencia y la tecnología es importante a la hora de determinar la posición competitiva de un país en los mercados mundiales, la ICT está incluida hoy en el término **inteligencia económica**.

ICT vs espionaje industrial

Entre los negocios en auge de las próximas décadas, el espionaje será uno de los más grandes. Los espías no están sólo para quedarse, los veremos industrializarse.
Alvin Toffler[31]

¿Cuál es la diferencia de la ICT con el espionaje industrial? ¿Qué tan importante es este tema hoy?

La gran diferencia entre una y otra actividad es el respeto de la propiedad intelectual de quien busca información y el uso de medios lícitos para obtenerla.

Y respecto del análisis de la importancia de estas actividades, podemos quizás ver cuál es el efecto económico que genera el "lado oscuro" de la obtención de información científica o tecnológica o el costo para aquellas empresas que no adoptan medidas en este campo.

Es difícil poner un número a una actividad que nadie está dispuesto a reconocer que hace. Pero como un primer ejemplo podemos mostrar a Ronald Hoffman, un gerente de proyecto para una empresa llamada Science Applications, Inc., de los Estados Unidos.

Motivado por su deseo de hacer dinero, decidió vender por US$750.000 un programa de computación que había sido desarrollado bajo contrato secreto dentro de la Iniciativa de Defensa Estratégica (SDI) a varias compañías japonesas que estaban interesadas en el desarrollo de un programa aeroespacial civil. Ellas eran la Nissan Motor Company, la Mitsubishi Electric, la Mitsubishi Heavy Industries, y la Ishikawajima-Harima Heavy Industries.

Hoffman era un científico especialista en cohetería con experiencia en tecnología de flujo de gases. Ayudó a desarrollar programas de computadora para predecir los efectos sobre el medio ambiente que tienen las naves espaciales por la contaminación emitida por las toberas de los motores de cohetes. Este tipo de programas puede también usarse para predecir la trayectoria de un vector cohete a partir del estudio de la pluma de gases eyectados por la tobera.

Estos programas se denominan CONTAM. Se crearon varias versiones: en 1973 el CONTAM II había sido hecho público; el CONTAM III, fue desarrollado por la Fuerza Aérea de Estados Unidos y fue terminado en 1981. Más tarde se desarrollaron las versiones CONTAM 3.2 y CONTAM 3.2 SDI (la versión especializada de la Iniciativa de Defensa Estratégica, SDI, por sus siglas en inglés). Tanto el CONTAM III, como el SDI 3,2 y el 3,2 estaban en la lista de exportación restringida por el gobierno de los EEUU.

Aunque Hoffman trabajaba para Science Applications International Corporation (SAIC) entre 1978 y 1990, inició su propio negocio, Plume Technology, Inc. (PTI), en 1986. En 1990, el gobierno

---

30 Jan P. Herring: Creating Successful Scientific and Technical Intelligence Programs.

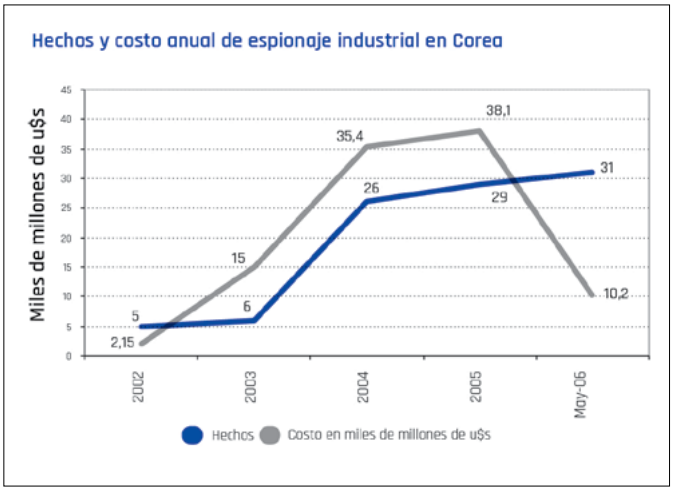
31 Alvin Toffler: Power Shift: Knowledge, Wealth, and Violence at the Edge of the 21st Century. Bantham.1990

recibió información de que Hoffman había exportado estos tres programas CONTAM III, 3.2 and 3.2 SDI sin una licencia, y comenzó una investigación encubierta en la cual varios agentes se hicieron pasar por agentes de Armscor, equivalente sudafricano de nuestras Fabricaciones Militares. Después de acordar la transferencia de esta tecnología a través (triangulando) de Alemania, Hoffman fue arrestado y acusado de violar las leyes norteamericanas de exportación de armamento.

Como este no fue un hecho aislado, Estados Unidos sancionó la ley de espionaje económico en 1996.

En el último reporte publicado por la Oficina de Contrainteligencia al Congreso de los Estados Unidos[32], se informa que la Oficina Federal para la Protección de la Constitución(BfV), en Alemania, estima que las empresas de ese país pierden entre $28 y $71 mil millones de dólares anuales y de 30.000 a 70.000 puestos de trabajo por causa de espionaje económico extranjero. Aproximadamente el 70 por ciento de todos los casos involucran a gente que trabaja en las mismas empresas afectadas.

Otro hecho que aparece en dicho informe y que ejemplifica acerca de la naturaleza del problema puede verse en el siguiente caso. Dongfan Chung era un ingeniero empleado por las empresas Rockwell y Boeing, quien trabajó entre otros proyectos, en el transbordador espacial y el bombardero B-1. En 2010 fue condenado a 15 años de prisión por espionaje económico a favor de la industria de aviación china. En el momento de su detención, tenía 250.000 páginas de documentos sensibles en su casa. Esto es indicativo del volumen de información que Chung pudo haber pasado a sus controladores entre 1979 y 2006, años en que perteneció a las empresas y proyectos mencionados. Esta cantidad de documentos implicaría, en el pasado, la necesidad de disponer de los medios adecuados para manejar, archivar y transferir un volumen físico equivalente a cuatro archivadores de cuatro cajones cada uno. Con la tecnología actual, todos los datos en los documentos escondidos en casa de Chung entraban en un simple CD[33].



Asimismo, el informe indica que los métodos más usados para obtener datos han sido a través de requerimientos directos o indirectos de información sensible, vinculación comercial entre compañías, adquisición de tecnología a través de terceros, participación en conferencias, convenciones o ferias de negocios, el aprovechamiento de visitas oficiales de funcionarios, la lectura y análisis de la literatura sobre temas de C&T disponible de manera abierta y el aprovechamiento de medios

32 Office of the National Counterintelligence Executive: Annual Report to Congress on Foreign Economic Collection and Industrial Espionage, 2011. Ver también http://wtop.com/national-security/2015/07/american-companies-warned-rise-espionage/ . Último acceso 23 Nov 2017

33 Como promedio, una página de texto común ocupa aproximadamente 2kb, de donde el total de páginas encontradas podría ocupar cerca de 488 Mb. Un pendrive de 32 Gb (es decir capaz de almacenar 65 veces esta cantidad de datos) cuesta alrededor de $ 300 en Buenos Aires a fin de noviembre de 2016.

cibernéticos. Este último punto es cada día más importante por la cantidad de información que en forma abierta o utilizando metodologías no éticas, es adquirida por los medios de reunión de competidores, industriales o gubernamentales.

Según el Servicio Nacional de Inteligencia (NIS) de la República de Corea, la información confidencial que se ha entregado o intentado entregar a empresas inescrupulosas extranjeras desde 2002 hasta mediados del 2006 (ver figura) estaba valuada en más de 95 billones de la moneda local (aproximadamente $102 mil millones de dólares norteamericanos). Y estimaba que agregando los casos no denunciados, las pérdidas financieras podrían alcanzar los 100 billones de won[34].

En nuestro país no hay estadísticas actualizadas respecto de este tema y solo aparecen como un capítulo del tema corrupción[35]. Recién en 2010 se presentó en el Congreso un proyecto para modificar el Código Penal que incluye la figura de espionaje industrial[36], no incluida como tal en la Ley 13.985 que se refiere al espionaje en general y se centra en la Nación como un todo, por lo que los delitos cometidos contra estos son cubiertos como violaciones a la propiedad intelectual de un bien.

Conclusiones

Desde los literarios Mercaderes de la Luz, pasando por Reginald Victor Jones y por la amplia implementación en el mundo comercial, la inteligencia científico tecnológica busca que la organización a la que sirve no sufra una sorpresa tecnológica. O mejorar la posición competitiva de una empresa frente a un mercado cada vez más exigente.

En el campo estatal, el propósito de la ICT se refiere a la evaluación de las capacidades de investigación, fabricación e ingeniería de un estado; analizando sus sistemas de armas; comprendiendo las amenazas técnicas y científicas para la seguridad nacional; y el desarrollo de las contramedidas adecuadas.

Desarrollada por especialistas, debe darles a los gerentes, como producto, información comprensible, oportuna y adecuada que les sirva para la toma de decisiones. Es decir, lo mismo que se pide de las actividades de inteligencia en el campo militar.

Objetivos similares, pero herramientas legales diferentes.

Como expresamos previamente, no debemos confundir la ICT con el espionaje industrial. Pero debemos tener presente que el mismo interés que despiertan en nosotros las novedades tecnológicas o científicas de la competencia, también es despertado en ellos. Y que los mismos medios legales de obtención de información disponibles, también lo están para ellos. Por lo que de la misma manera que debería poner esfuerzos en el campo de la obtención de información, deberemos poner esfuerzos para reducir la probabilidad de que la propia sea demasiado accesible a mis competidores o estructurar mis acciones dando por sentado que nada de lo que haga en mis procesos industriales podrá permanecer en reserva.

---

34 Kim Sue-young: Industrial Espionage haunts Korea. Korea Times, 11 de junio de 2007

35 Ver comentarios de la encuesta realizada por RNF & Asociados en 2006 sobre este tema en http://www.rnfyasociados.com.ar/editorial.html. Último acceso 28 Feb 2016.

36 ARTICULO 153. - Será reprimido con prisión de uno a tres años el que abriere o accediere indebidamente a una comunicación electrónica, una carta, un pliego cerrado, un despacho telegráfico, telefónico o de otra naturaleza, que no le esté dirigido; o se apoderare indebidamente de una comunicación electrónica, una carta, un pliego, un despacho u otro papel privado, aunque no esté cerrado; o indebidamente suprimiere o desviare de su destino una correspondencia o una comunicación electrónica que no le esté dirigida. (http://www1.hcdn.gov.ar/proyxml/expediente.asp? fundamentos=si&numexp=3288-D-2010)

(*) **Carlos Hugo Trentádue:** es ingeniero militar de la especialidad química y oficial retirado del Ejército Argentino, donde alcanzó el grado de coronel de Artillería. Fue director de dos plantas de materiales energéticos y miembro de la Organización para lo prohibición de Armas Químicas.

Es docente e investigador universitario. Autor de numerosos artículos y presentaciones. Es miembro activo de la Sociedad de la Industria Química del Reino Unido, de la Sociedad para la Historia de la Tecnología de los Estados Unidos. También es integrante del Área de Prospectiva en Energía Eléctrica de la UTN-FRGP, y del Grupo de Interés en Energías del Mar Argentino.

2. ARMAMENTO

2.1
Tendencias y nuevas tecnologías en el desarrollo de armamento portátil

Por el Coronel (R) OIM "VGM" Juan Carlos Villanueva*

ABSTRACT
Los avances tecnológicos observados en los últimos años en los grandes sistemas de armas y los enormes presupuestos asignados para ambiciosos proyectos en ese campo, descuidaron la modernización de las armas livianas, las que presentan actualmente debilidades en su capacidad básica: la letalidad. Sin embargo, la proliferación de conflictos de baja intensidad (Guerras proxy, Religiosas, terrorismo global, grupos separatistas, etc.) y la decisiva contribución que en ellos tienen las pequeñas fracciones para el éxito integral de las campañas militares, ha motivado una revalorización de las armas portátiles y una revisión integral de las capacidades que requieren los combatientes. En el presente trabajo describimos algunas de las tendencias observadas y los principales proyectos que se desarrollan en este campo de interés.

OBJETIVO Y ALCANCE DEL TRABAJO
El objetivo del presente trabajo es presentar las tendencias, innovaciones tecnológicas y proyectos relacionados con el armamento portátil. Los temas desarrollados abarcan las armas que, por definición y empleo específico, forman parte del equipamiento básico del soldado en el ítem de la "letalidad". Por razones de extensión, no se incluyen desarrollos o proyectos en relación con los sistemas ópticos y opto-electrónicos de puntería.

CONTENIDO DEL TRABAJO
Vigencia de las armas portátiles – Principales proyectos y tendencias observadas: Armas de puño, fusiles de asalto, armas de apoyo de fuego de tiro directo, morteros – Nuevas tecnologías aplicadas – Patentes – Mercado – Consideraciones finales.

INTRODUCCIÓN
"El material de Guerra ha tenido en los últimos 30 años, cambios mucho más grandes que en los anteriores 100 años, desde la introducción de la pólvora para armas. Las armas de ataque o defensa son cada vez más numerosas, complicadas y vastamente eficientes. La ciencia del manejo de las armas, requiere de los oficiales cada vez más conocimientos y esfuerzos, para que el conductor

entienda a fondo los importantes y poderosos instrumentos que tiene a su cargo y disposición, para el mejor cumplimiento de su misión, cuando sea necesario"[1].
"ORDNANCE AND GUNNERY". Ormond M. LISSAK. Libro de texto para formación de cadetes de WEST POINT MILITARY ACADEMY (1915).

La notable vigencia del párrafo anterior escrito hace más de 100 años, es motivador para quienes hacemos seguimiento de las nuevas tecnologías desarrolladas y empleadas en los sistemas de armas para la Defensa.

Conocer y entender cómo evolucionarán los Sistemas de Defensa en un futuro cercano es un tema que preocupa a todos aquellos que tienen la obligación de resolver, con visión prospectiva, la manera en que los recursos económicos del presupuesto que el Estado destina a la Defensa Nacional, son aplicados racionalmente en orden al cumplimiento de los objetivos fijados.

Cuando analizamos los sistemas de armas que serán empleados en el futuro, normalmente quedamos impresionados por la evolución en el desarrollo de los grandes sistemas misilísticos con niveles de precisión y alcance impensados, aeronaves con performance supersónica que los hace invisibles a los sistemas de defensa aérea tradicionales, la incidencia de los sistemas satelitales para proporcionar información precisa y oportuna a los elementos de comando, así como el empleo masivo de Drones que incorporan hoy la capacidad letal y en misiones de lo que suele denominarse *Reconnaissance Strike*[2].

Más allá de los gastos propios del sostenimiento operacional de los ejércitos, empezamos a familiarizarnos con términos tales como: *Kinetic Energy Weapons* (KEW), Direct Energy Weapons (DEW), *Hipervelocity Projectile* (HVP), Cañón Electromagnético (Railgun), Armas de Pulso Electromagnético (EPW), etc.

No resulta difícil concluir, entonces, que la brecha tecnológica que se abre entre los países que disponen de estos sistemas y los que no, coloca a estos últimos en una situación de enorme desventaja y vulnerabilidad, al carecer de capacidades específicas para la Defensa relativamente equivalentes para cumplir eficientemente su misión en caso de un conflicto.

Cuando se realiza Vigilancia Tecnológica en el ámbito del armamento, normalmente se tiende a priorizar los proyectos relacionados con las capacidades propias de los **grandes sistemas y plataformas,** como buques, aviones, blindados o sistemas misilísticos de largo alcance. Por lo expresado en el párrafo anterior, su necesidad es insoslayable.

Sin embargo, el aporte tecnológico aplicado a la obtención de nuevas capacidades que multipliquen el poder de combate de las fuerzas debe alcanzar también a las pequeñas fracciones e incluso al soldado individual, especialmente en lo concerniente a su letalidad y protección.

Lo expresado se fundamenta en que los innumerables conflictos vividos en los últimos 30 años muestran que el mundo ha experimentado un incremento exponencial de lo que suelen denominarse "Guerras Proxy", "Guerras Híbridas", etc. En este tipo de guerra el objetivo son los enclaves poblados y el combate se produce generalmente dentro de ellos, ya que las partes buscan su mimetismo con la población civil, de manera tal de balancear su menor poder de combate relativo. Las guerras de Irak y Afganistán, así como el combate contra el DAESH o el conflicto de

---

1 LISSAK Ormond (1915). WEST POINT MILITARY ACADEMY. "ORDNANCE AND GUNNERY". Libro de texto para formación de cadetes.

2 Reconnaissance Strike: Se denomina así a un nuevo concepto en etapa de desarrollo, que tiende a reunir en una misma organización, las capacidades de reconocimiento, exploración, adquisición y acción letal sobre blancos de interés, todo ello enmarcado en un entorno de batalla completamente integrado. Ejemplos de este concepto son el masivo empleo de sofisticadas plataformas comandadas a distancia, como los UAV Predator equipados con misiles Hellfire, o las experiencias obtenidas del empleo de drones en combate, durante el conflicto Rusia/Ucrania..

Siria, Franja de Gaza o el Líbano, han mostrado que este tipo de guerra requiere a las pequeñas fracciones en el terreno, con gran participación del soldado "a pie". De esa manera, el enfrentamiento se produce en las distancias cortas, siendo las ***armas portátiles*** las herramientas de combate más empleadas.

Las grandes potencias que, con el advenimiento del siglo XXI, se concentraron en proyectos de "Soldado Futuro" cuya implementación total llevaría varias décadas, al verse involucradas en estos nuevos escenarios de conflicto, debieron rápidamente adaptarse para combatir de una manera que se suponía era parte del pasado, implementando medidas urgentes de transición.

El devastador triunfo por parte de la Coalición liderada por los Estados Unidos en la operación "Tormenta del Desierto" (1991), sobre el poderoso Ejército Iraquí que con sus 4.000 blindados constituía la cuarta Fuerza Blindada más poderosa del mundo, hizo pensar que, para un rápido triunfo sobre el adversario, solo era necesario conjugar adecuadamente: Moderna tecnología – Organización – Doctrina de empleo. Y que, en ese marco, para obtener un triunfo seguro y con escasas bajas, las Fuerzas Terrestres sólo tenían que disponer de los "Grandes Sistemas de Armas". (Blindados – Helicópteros – Artillería con munición guiada – Misiles).

Pero no fue así, al punto que, producido el conflicto, las fuerzas en condiciones de inferioridad, convierten los grandes centros poblados en su nuevo escenario de combate, obligando necesariamente a las fuerzas terrestres a desembarcar y hacer su tarea "metro por metro".

Un interesante artículo publicado en 2015 en National Defense Magazine titulado "*US Military Losing edge on small arms" (Jim Schatz)*, expresa que desde la Segunda Guerra Mundial, los Estados Unidos han perdido en combate una docena de tripulantes de tanque, mientras que en el mismo período han muerto unos 60.000 soldados, como resultado de enfrentamientos en los cuales los protagonistas fueron las "pequeñas armas"[3]. Sin embargo, el aporte tecnológico y los presupuestos, no han estado orientados a proporcionar al combatiente individual las mejores herramientas que garanticen su eficiencia y su supervivencia en combate.

Un caso emblemático para los Estados Unidos es la batalla de *Wannat - "Combat Outpost Kahler"*[4] (Afganistán 2008) en la que nueve soldados murieron y 27 resultaron heridos, al quedar inoperables sus armas portátiles por sobrecalentamiento. Las fallas que presentan las carabinas M4 por sobrecalentamiento resultado del fuego sostenido, son bien conocidas y debatidas. Este y otros casos mostraron que, en la actualidad, las "grandes batallas" se componen de una cantidad de pequeños enfrentamientos por la conquista de determinado bastión o enclave fuerte del enemigo, en los cuales se pelea más con armas portátiles que con grandes plataformas Aéreas, navales, submarinas o misiles ICBM.

Para fundamentar un poco más lo expresado, en la figura 1 podemos observar un interesante gráfico que muestra cómo desde la Primera Guerra Mundial hasta la fecha, ha ido disminuyendo el tamaño del **elemento de combate con influencia crítica en la batalla pero, a la vez, se ha incrementado el área de operación de la pequeña unidad táctica**[5].

La desatención por las capacidades del soldado individual, que es quien lleva la mayor carga de combate y ofrenda de vidas, se viene objetando desde hace tiempo, al punto que en el congreso de Estados Unidos se llevaron adelante acaloradas discusiones por un tema aparentemente "tan menor", como la vigencia del calibre 5.56mm del soldado de infantería y su escasa efec-

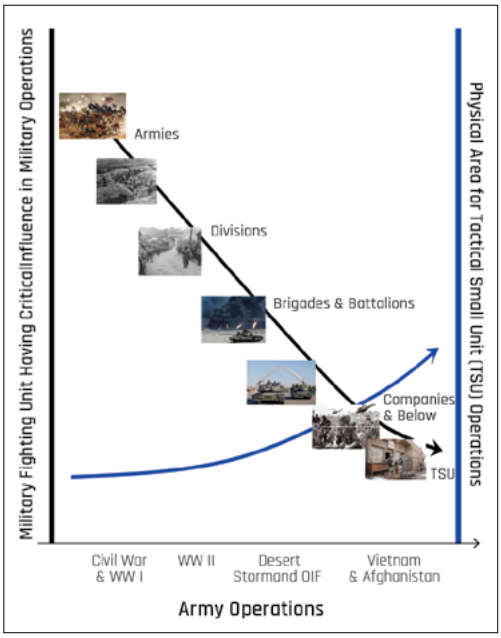
---

3 Schatz Jim. National Defense Magazine. (2015). "US Military Losing edge on small arms".

4 Dillegge Dave (2010)."The battle of Wannat Study". Recuperado de http://smallwarsjournal.com/blog/the-battle-of-wanat-study

5 Dr Marilyn Freeman. (2011). "Providing Technology Enabled capabilities to soldiers and tactical small units". Presentation at the 2011 AUSA LW winter symposium and Exposition. Fort Lauderdale. Florida. February 23, 2011.

FIGURA 1: "DISMINUCIÓN DEL TAMAÑO DEL ELEMENTO DE COMBATE CON INFLUENCIA CRÍTICA EN LA BATALLA – INCREMENTO DEL ÁREA DE OPERACIÓN DE LA PEQUEÑA UNIDAD TÁCTICA".



tividad demostrada en Irak y Afganistán. Por ello, los países líderes se han visto obligados a asignar presupuestos y poner el foco nuevamente en la realización de proyectos destinados a mejorar las prestaciones de sistemas de armas portátiles, incluso hasta en los menores niveles, como podría ser el fusil básico de infantería o el arma de puño.

Un viejo lema común en la mayoría de los Ejércitos, expresa que, en las operaciones militares de combate, los mejores amigos del soldado son sus armas personales y su equipo básico de protección, ya que su supervivencia depende en gran parte de ellos.

Pero nos preguntamos hoy: ¿De qué manera ese soldado combatirá y sobrevivirá hoy y en el campo de batalla futuro? ¿Qué herramientas necesita el combatiente para enfrentar un oponente que, aún con menos tecnología, conoce el terreno y emplea técnicas de combate que potencian sus no tan modernas pero igualmente letales herramientas? ¿Cómo se aprovecha la información provista por los combatientes, para realimentar el proceso de desarrollo y obtención de los medios necesarios?

Contribuye en parte a responder esas preguntas la metodología empleada por países como Estados Unidos, Gran Bretaña y otros, basado en las denominadas "*Lessons Learned*". Implementado en Estados Unidos a partir de 1985, consiste en una **metodología sistemática e integral,** que tiene el objetivo de Planificar, Reunir, Analizar, Publicar, Distribuir y Archivar las experiencias de los combatientes que participan en operaciones militares. Las mismas son los relatos, comentarios, críticas u observaciones, generalmente escritas por los mismos usuarios, de todas las jerarquías y desplegados en el frente de combate, quienes expresan crudamente sus experiencias sobre aspectos de organización, doctrina, reglas de empeñamiento y aspectos logísticos, así como las bondades o defectos de los diferentes sistemas que se emplean, lo cual resulta en una valiosa contribución al proceso de mejora continua que toda organización debe realizar.

LA VIGENCIA DE LAS ARMAS PORTÁTILES A LA LUZ DE LOS NUEVOS ESCENARIOS DE CONFLICTO

Por lo expresado en el punto anterior, el combate de fracciones de nivel Sección y Grupo de Tiradores, plantea verdaderos desafíos. Como mencionamos, gran parte de los enfrentamientos se desarrollan en el rango de acción de las pequeñas fracciones que terminan operando de manera semiindependiente y que requieren entonces, de una manera poco habitual, tener su propia capacidad letal para hacer frente a amenazas de diversa índole. Cada vez más, es necesario disponer en forma orgánica, de mayor poder de fuego de armas automáticas y de tiro curvo, a las mayores distancias.

Y esto ha puesto de manifiesto la vigencia de las armas básicas de la menor fracción: el fusil de asalto, las ametralladoras livianas y de propósito general, los fusiles de tirador destacado y de

Sniper, los morteros livianos, las armas antitanque de hombro y hasta la modesta pistola, constituyen el bagaje mínimo de fuerza letal que cualquier Fuerza Armada debería disponer.

De esta manera, nos introducimos en el objetivo del presente trabajo, que es analizar los ácomponentes principales del rubro "LETALIDAD" del combatiente individual, cuáles son las tendencias actuales y los principales proyectos que se observan.

PRINCIPALES PROYECTOS Y TENDENCIAS OBSERVADAS

A. El arma de puño (Handgun)

1. Consideraciones

Las armas de puño en el ámbito militar han sido tradicionalmente destinadas a la función defensiva de corta distancia. Normalmente provistas a tripulaciones y conductores de vehículos, servicios de pieza de armas de artillería, dotaciones de aeronaves, elementos de comunicaciones, elementos logísticos, etc. Se trata, en general, de armas que permanecen mucho tiempo en servicio activo y tener bajos niveles de empleo, desgaste y recambio. Desde la Primera Guerra Mundial, podríamos decir que las armas en servicio en la mayoría de los países, han sido las pistolas de acero, por lo general recamaradas en calibre 11.25x23mm y 9x19mm y se pueden mencionar como referentes en su tipo, las reconocidas Colt 1911, Browning GP 35 (FN) y Beretta 92 FS, provistas preferentemente en los países occidentales. Se observa, sin embargo, que los diferentes países comenzaron a evaluar el reemplazo de las armas de puño de dotación, debido a que en la mayoría de los casos, estas están provistas desde hace más de 40 años.[6]

A la luz de experiencias adquiridas en los conflictos en Irak y Afganistán, además del incremento de la participación de las Fuerzas Armadas en conflictos de baja intensidad e incluso en la lucha contra el narcotráfico y la delincuencia organizada, se observa que numerosos países, como puede ser el caso del Reino Unido o Estados Unidos, han avanzado en el reemplazo del arma de puño de dotación. Particularmente en el caso del British Army (Reino Unido), algunos hechos fatales ocurridos con soldados desplegados en Afganistán, incapaces de reaccionar rápida y eficazmente frente a una agresión a muy corta distancia por parte de enemigos mimetizados con la población civil, generó estudios que concluyeron en que el armamento personal provisto[7], las tradicionales pistolas de simple acción y seguro manual, no permitían velocidad de reacción al ser atacados de improviso en situaciones de enfrentamiento urbano más del tipo "policial" que militar. Ello motivó a que luego de profundos estudios y rigurosos test de evaluación, en el 2016 el British Army[8] adoptó como arma de puño de dotación la afamada pistola Glock 17 Gen 4. Podríamos decir que, para

FIGURA 2: PISTOLA GLOCK 17 GEN4 ADOPTADA POR EL BRITISH ARMY (2016).



6 En el caso de la república Argentina, la pistola Browning HP (Lic FN) está provista en sus FFAA y FFSS desde la década del 70 del siglo pasado.

7 La pistola Browning GP35 estuvo provista en el British Army por más de 40 años.

8 El British Army adoptó en 2016 la pistola Glock 17 en calibre 9mm como arma de dotación.

esta Fuerza, el arma de puño, pasa a formar parte del Kit de protección del soldado individual y una herramienta indispensable para su desempeño eficaz y supervivencia en combate, tal como puede ser su chaleco antibalas o casco.

2. Proyecto del US ARMY: Modular Handgun System (MHS).

Tomamos como referencia para desarrollar el caso del US ARMY que en el 2011 inició un programa para el reemplazo de su arma personal de dotación, denominado XM 17 – MHS (MODULAR HANDGUN SYSTEM). Este Ejército había adoptado en 1984 la pistola Beretta 92FS, que estuvo en servicio hasta el presente y participó en innumerables conflictos armados, por lo que ganó una inmejorable reputación.

El principal aspecto conceptual que se observa como tendencia es el de considerar a las armas portátiles como "plataformas modulares", con una enorme flexibilidad para ser configuradas según la misión a cumplir o exigencias específicas del servicio. La incursión del polímero en la fabricación de ciertos componentes de las armas, que aportaron una considerable reducción (hasta en 30 por ciento) del peso total, con la ventaja adicional de simplificar procesos de fabricación y reducir significativamente los costos de piezas importantes como la empuñadura, son algunos de los fundamentos que dieron sustento técnico – operacional –logístico a éste proyecto.

Los **principales requerimientos técnicos** exigidos para la nueva pistola del US ARMY fueron[9]:

Armazón de polímero – Empuñadura ergonómica adaptable a diferentes medidas – Riel STD 1913 para colocar diferentes accesorios – Variedad de mecanismos de disparo – Dos versiones: estándar y compacta – Posibilidad de configurar a dos calibres- Cargadores con capacidad de 18 cartuchos – Sistema de disparo striker fired – Mecanismo de seguros externo - Posibilidad de adaptar silenciador – Cargadores de capacidad extendida – Sistema de puntería de alta visibilidad.

Las **principales exigencias operativas** requeridas y prescriptas en el documento de referencia, sintéticamente fueron: Precisión mejorada – Confiabilidad – Rusticidad – Ergonomía – Seguridad. Cada una de estas exigencias, rigurosamente verificadas a través de un detallado protocolo de ensayos específicos que las mismas deben pasar.

Compitieron en el proceso licitatorio 12 empresas de reconocida trayectoria y resultó adjudicataria la empresa SIG SAUER con su modelo P 320, de manera que superó a marcas prestigiadas como BERETTA, FN Herstal, COLT, GLOCK y SMITH & WESSON.

El contrato final es por un monto de 280 millones de dólares, por unas 300.000 pistolas en esta primera etapa, sobre un total posible de 500.000 unidades, que serán fabricadas en la filial estadounidense de la empresa SIG SAUER en New Hampshire.

Tal como lo expresa su fabricante SIG, "La P 320 es una pistola modular y adaptable: Diferentes opciones de tamaño, más ergonómica al disponer de *grips* intercambiables en la empuñadura, opciones de calibre sin cambiar corredera ni empuñadura, distintas opciones de mecanismo de disparo, entre otras ventajas"[10].

Otra de las características de esta pistola es que dispone de un mecanismo de disparo de los denominados *Stiker fired*. Este sistema tiene la particularidad de carecer de marti-

---

9 Modular Handgun System (MHS). Recuperado de http://www.businessinsider.com/heres-when-the-army-will-finally-field-its-new-modular-handgun-system-2017-7

10 SIG SAUER HOME PAGE: Recuparedo de https://www.sigsauer.com/promotions/myp320-photo-video-contest/

FIGURA 3: PISTOLA SIG SAUER P320 ADOPTADA POR EL US ARMY (2017)



llos externos. Su principio de funcionamiento se basa en que al ser presionada la cola del disparador, la aguja percutora se desplaza hacia atrás solidariamente con el resorte del percutor, el que va acumulando así la energía potencial necesaria. Al llegar al final de su recorrido, el mecanismo de seguridad lo libera, lanzándolo violentamente contra la cápsula fulminante del cartucho e iniciándolo. Varios fabricantes emplean desde hace tiempo este tipo de sistemas que, en cierta medida, ha sido popularizado por la firma Glock, que patentó su desarrollo con el nombre de "Safe Action"[11]. Su principal ventaja es que el arma se encuentra siempre en condiciones de efectuar el primer disparo, sin necesidad de realizar ninguna otra acción más que la presión sobre la cola del disparador.

3. **Principales Tendencias observadas:**
   a. **El empleo del polímero en las armas de puño:** El uso de polímeros de altas prestaciones en armas portátiles[12] ha aportado varias soluciones muy interesantes. La primera de ellas es que ha permitido reducir en algunos casos hasta un 30 por ciento, el peso en las armas tradicionalmente de acero. La segunda solución aportada es que simplifica enormemente el proceso de fabricación al ser las piezas inyectadas. El polímero es destinado fundamentalmente a la fabricación del armazón[13] y los cargadores, componentes que tienen menores exigencias que el cañón y corredera, desde el punto de vista mecánico y de la dinámica del disparo. La vinculación mecánica entre el armazón y el conjunto corredera cañón, se realiza mediante insertos de metales de altísimas propiedades, que cumplen acabadamente su función. En sus inicios, este aspecto era severamente cuestionado por los detractores del uso de componentes de polímero en armas. Luego de más de 25 años de empleo en el ámbito policial y ahora en el militar[14], estos materiales han demostrado poseer propiedades mecánicas y funcionales muy adecuadas. Y la tercera ventaja, derivada de la anterior, es que se reducen los costos del producto final, manteniendo las cualidades y prestaciones de las mejores pistolas del mercado. Estimo que, en el corto plazo, la fabricación aditiva[15] aplicada en escala industrial a la producción de componentes de armas, aportará nuevas e interesantes soluciones al proceso de fabricación.

---

11 SAFE ACTION PATENT. Trigger safety lock for pistols and trigger assembly US 20030213159 A1. Recuperado de http://www.google.com/patents/US20030213159.

12 El uso del polímero en armas portátiles fue una innovación impuesta por la firma austríaca STEYR, a través de su afamado fusil AUG y, fundamentalmente, con la aparición de la pistola también austríaca GLOCK, la que revolucionó conceptualmente el diseño de las armas de puño y generó una tendencia que siguieron todas las empresas de armas. Dado su escaso peso y los bajos costos de MP y fabricación, los fabricantes de armas han evolucionado hacia la producción de componentes como los "frames" (Armazon) y últimamente en fusiles como el AR15 y otros.

13 En lengua inglesa se conoce como frame a lo que usualmente llamamos armadura o armazón en las armas de puño.

14 En el año 2015, países como UK, Holanda, Noruega han adoptado la pistola Glock 17 como arma de dotación de sus FFAA.

15 Aspecto que hoy presenta algunas objeciones legales, ya que se consideran los riesgos que sobre el control de armas representaría el acceso por parte de particulares a impresoras 3D, con las que se podría fabricar componentes de armas con destino al crimen organizado o terrorismo.

b. **La pistola como sistema modular:** Una herramienta de combate flexible para diferentes configuraciones que puede incorporar accesorios de todo tipo, sistemas de puntería, linternas, silenciadores, etc., con mejor ergonomía que permita diferentes medidas de empuñadura, ambidiestra, que permita incluso el cambio de calibre empleando el mismo armazón y corredera, con mecanismos de disparo simplificados, como el caso del *safe action* de Glock que no requiere seguros externos, facilitando así la velocidad de ejecución del primer disparo. Todo ello ha transformado a la "modesta" pistola en una herramienta valorada por el soldado.

c. **La pistola como parte del "kit" de supervivencia básico del soldado:** Como mencionamos anteriormente, a la luz de las características particulares que plantean los nuevos escenarios de "guerra híbrida", han revalorizado la vigencia de la pistola. El combatiente individual, requiere disponer hoy de una "alternativa letal", que le permita ejercer una acción defensiva / ofensiva, cuando especiales circunstancias lo requieran. Para ello, el arma de puño debe poseer las características de pronta disponibilidad y seguridad que sólo permiten las pistolas de moderno diseño y son cualidades no disponibles en armas de generaciones anteriores. Si a ello le agregamos sistemas de puntería aptos para condiciones de escasa visibilidad, capacidad de adosar accesorios, empleo de silenciador para operaciones que requieran sigilo, posible portación oculta debido a su menor tamaño / peso y un gran poder de fuego gracias a cargadores de alta capacidad, podemos concluir que estamos en presencia de una herramienta necesaria e invalorable como parte del "kit básico" de supervivencia del combatiente individual, como puede ser su casco y su chaleco de protección balística.

B. El Fusil de Asalto. Tendencias observadas

1. Consideraciones:

El fusil de asalto constituye el arma individual básica por excelencia de cualquier Fuerza Armada terrestre, desde fines de la Segunda Guerra Mundial. El precursor de esta tendencia, fue el fusil STG 44[16] desarrollado para el Ejército alemán, en la búsqueda de un arma versátil y con poder de fuego como los subfusiles, pero con el alcance y la potencia de los cartuchos típicos de fusil. La necesidad de un arma más compacta, apta para hacer fuego de precisión hasta los 300m en espacios abiertos, pero que fuera eficaz también para el combate urbano y en las distancias cortas, con mayor capacidad de cargador y opción de disparo en ráfaga o automático, fueron algunas de las características técnico-operativas de esta familia de armas. Es así que hasta la guerra de Corea (1950/53), los calibres de la familia del 7.62mm y similares[17] dominaban el espectro de los fusiles de asalto. Los fusiles FN FAL y Heckler & Koch G3, fueron armas muy renombradas y referentes en su tipo, en el calibre 7.62x51 mm, prestando servicios en innumerables países desde la década de los 60 hasta la actualidad. Con la guerra de Vietnam y las guerras revolucionarias que se expandieron por todo el planeta durante la denominada "guerra fría", se comienza a imponer una tendencia hacia armas más livianas, compactas y de calibres

16 STG 44: Sturmgewehr en calibre 7.92x44 Kurz (Corto).

17 Suelen llamarse calibres "grandes" a aquellos superiores al 7.5mm (En sistema métrico o bien .300 plg en Sistema Imperial Británico de medidas)

menores, siendo referentes en su tipo el M16 (Estados Unidos) en calibre 5.56x45mm y el AK 47 (Rusia) en calibre 7.62x39mm. Esta tendencia que, con cambios menores y modernizaciones sucesivas mantuvo a los citados fusiles en "aptitud para el servicio" hasta la actualidad, ha comenzado a ser cuestionada y revisada, sobre la base de experiencias adquiridas en los últimos conflictos.

En el caso del presente estudio, nos enfocamos básicamente en el **arma como plataforma modular** y en la **letalidad de los calibres** empleados. Otro campo de gran interés son los enormes avances alcanzados en los sistemas de puntería, con la incorporación de todo tipo de dispositivos optoelectrónicos, que forman parte ya del equipamiento estándar del soldado, pero que no abordamos en el presente trabajo por cuestiones de extensión.

2. Experiencia adquirida y lecciones aprendidas con los fusiles de Asalto y los calibres NATO Std.

Los calibres de munición de armamento portátil Estandarizados NATO[18] son: Pistola (9x19mm), Fusil (5356x45mm y 7.62x51mm), Ametralladora Pesada (12.7x99mm). Muchos países, en especial los alineados dentro del llamado "bloque occidental", han adoptado ese estándar desde hace muchos años, el que es sujeto a permanentes revisiones y modificaciones que garantizan los niveles de calidad e intercambiabilidad más estrictos.

En los últimos conflictos de Irak y Afganistán, el empleo del armamento portátil tuvo un auge de tal magnitud que se dispone de gran cantidad de información específica, ampliada además por la existencia de documentos fotográficos y videos, muchos de ellos en tiempo real, permiten una permanente revisión de todos los sistemas.

Como mencionamos anteriormente, la pobre *performance* (básicamente en los rubros de eficacia y letalidad) del calibre 5.56mm, ha dado lugar a severos cuestionamientos por parte de las tropas empeñados en Afganistán e Irak, por lo que el tema del Arma/Cartucho básico del soldado de infantería es tratado con enorme seriedad en los más altos niveles del Gobierno y las Fuerzas Armadas de Estados Unidos.

En mayo del 2017, el actual Army Chieff of Staff, General Mark Miller, expuso ante el Congreso de Estados Unidos, cuestionamientos en relación con las capacidades operativas de su fuerza, entre los cuales se expresó enfáticamente la necesidad del cambio de Arma/calibre del combatiente individual[19].

a. La munición del Fusil de asalto

Hace ya varios años se discute acerca de cuál es el calibre más adecuado para el fusil de asalto de dotación de un ejército. Obviamente, la principal restricción es que difícilmente se encuentre "el calibre" apto para todas las circunstancias y escenarios posibles de empleo, de un arma tan versátil como el fusil.

Nos preguntamos: ¿Qué es lo que requiere el soldado del sistema Fusil / Munición como herramienta de combate?: Que sea **confiable**, que sea preciso y que el cartucho que dispara tenga la suficiente **letalidad** como para neutralizar la amenaza /oponente.

Todas las demás condiciones asociadas: rusticidad, ergonomía, pesos y medidas, o aspectos de orden logístico, son accesorias entendiendo que lo primero que el sol-

---

18 NATO AGREEMENT: para el caso particular de la munición citada, se trata de Acuerdos Específicos entre los países asociados a la NATO, pero al que adhieren también otros países, en los que se establecen rigurosos estándares técnicos, de calidad y de performance, que aseguran la intercambiabilidad de esa munición en los sistemas de armas de los países signatarios.

19 Recuperado de: http://www.thefirearmblog.com/blog/2017/05/30/setting-record-straight-milleys-congressional-testimony/

dado desea es "que esté **disponible siempre**", "que sea **preciso**" y "que **neutralice** de inmediato".

Que sea confiable / que esté disponible siempre: dependerá de varios aspectos, pudiendo mencionarse como principales: Los estándares de calidad del arma y su munición. El estado de mantenimiento, limpieza y conservación de todos los componentes y mecanismos. El trato cuidadoso que el soldado debe dar a su arma, evitando golpes o daños que puedan afectar su funcionamiento.

Que sea preciso: estableciendo como condiciones que tenemos un tirador suficientemente instruido, que los disparos se realizan en condiciones meteorológicas ideales y que el tipo y calidad de los sistemas de puntería disponibles son óptimos, la precisión de un arma dependerá de los estándares de calidad y el estado de conservación y mantenimiento del sistema arma / munición.

Que sea letal: Si bien por definición, algo letal es aquello que es capaz de causar la muerte[20], desde el punto de vista del empleo militar o de seguridad, la letalidad está relacionada con la neutralización de la amenaza, a través de su incapacitación inmediata. Y aquí es donde el debate comienza.

Los últimos conflictos han evidenciado que las distancias de empeñamiento de las tropas en muchos casos exceden los 300m, considerados a partir de Vietnam como la distancia habitual de combate del soldado a pie. Más allá de esas distancias, por cuestiones básicas de balística exterior, los proyectiles con mayor masa tienden a mantener su velocidad remanente por más tiempo, al sufrir menos el efecto de la retardación propio de su desplazamiento en el aire. Complementariamente, una de las ventajas que presentan los calibres de menor diámetro y masa como el 5.56x45mm, específicamente en su balística terminal, es que, al impactar a gran velocidad contra un cuerpo, el proyectil tiende a desestabilizarse y fragmentarse, provocando así una herida más importante que incrementa el efecto de neutralización.

Pero esto sólo está garantizado cuando las velocidades se mantienen entre los valores de Vo 980 m/s y los aproximadamente 600 m/s. A mayor distancia la velocidad remanente es menor, manifestándose entonces dos efectos adversos: El *primero* de ellos es la disminución de la energía remanente para producir efectos letales.

Y el segundo, que la principal ventaja aportada por este tipo de proyectiles "livianos", dada por su inmediata desestabilización y fragmentación cuando impactan a grandes velocidades contra un objeto, no se cumple[21].

Lo cierto es que si bien el calibre 5.56mm es de dotación de muchas Fuerzas Armadas desde la década del 70, este no había participado en acciones de combate de gran envergadura que permitieran obtener conclusiones valederas acerca de su performance. Recién a partir de los años 90, con las guerras del Golfo (1991 y 2003) y la participación en Somalía (1993) y Afganistán, se comienza a disponer de suficiente cantidad de información proveniente de los países de las Coaliciones intervinientes como Estados Unidos, Gran Bretaña y Canadá.

Rigurosamente analizada esa información y pese a que aún existen controversias al respecto, podríamos decir que las objeciones a este calibre se relacionan con su

---

20 Definición de letalidad: Recuperado de https://www.merriam-webster.com/dictionary/lethal

21 Técnicamente, los expertos en balística terminal / balística de efectos, expresan que el canal de herida es pequeño y la "cavidad permanente" de la herida es poco significativa, teniendo como consecuencia que la amenaza no es adecuadamente neutralizada.

pequeño diámetro, masa y escasa energía remanente, que lo hacen poco apto para su función de calibre militar de propósito general. Las principales críticas que se le atribuyen son[22]:

> Poca efectividad a largas distancias (más allá de los 300m).
> Efecto inconsistente de las heridas, por no desestabilizarse al impacto.
> Escasa penetración de barreras, aún las intermedias.
> Muy sensible a efectos del viento o pequeños obstáculos en su trayectoria.

Si bien en el caso de Estados Unidos, se intentaron salvar esos problemas con sucesivos desarrollos y mejoras de los cartuchos 5.56mm, el último de los cuales ha sido el M855 EFR[23], los resultados no han sido completamente satisfactorios.

A lo anteriormente citado se suman recientes reportes acerca de los importantes avances alcanzados por Rusia y China, en relación con los materiales para **placas de protección cerámica de los chalecos personales**. Los últimos informes muestran que el actual cartucho NATO en calibre 5.56mm no es capaz de perforar las modernas placas cerámicas ESAPI[24] en uso por Estados Unidos, ni las desarrolladas para el uso de sus tropas o comercialización a terceros, por los países mencionados anteriormente.

FIGURA 4: COMPONENTES DEL CHALECO TÁCTICO MODULAR DE PROTECCIÓN BALÍSTICA.



Como contraste, el calibre 7.62x51 mm, que desde la década de los 80 fue desplazado progresivamente por el 5.56x45mm, cumple las condiciones requeridas, en especial al emplear munición perforante para el caso de las placas cerámicas. Tiene como desventajas los mayores pesos de la munición y del arma propiamente dicha, con todas las consecuencias que ello trae consigo desde el punto de vista operacional y logístico, además de su mayor retroceso, lo que lo hace menos controlable para el disparo en automático.

b. Nuevos desarrollos de cartucho de fusil.

Los aspectos citados en el punto anterior motivaron que se volviera a considerar una iniciativa planteada por el Ejército británico, en la década de los 70, sobre la conveniencia del desarrollo de calibres intermedios, en la gama de los conocidos como "familia" de los 6.5mm[25].

---

22 Drummond N. – Williams A. (2009) - "Biting the bullet". Recuperado de http://quarryhs.co.uk/btbjdw.pdf

23 EPR: Enhanced Performed Round: Munición de performance mejorada.

24 ESAPI: Enhanced Small Arms Protective Insert.: Inserto de protección balística mejorado.

25 Se conoce como "Familia de los 6.5mm" a cartuchos cuyo calibre se encuentra entre 6.5 y 6.8mm (260 y .278 de pulgada según la denominación Británica).

En los últimos años, las principales empresas de munición de uso civil y militar invierten enormes presupuestos en el desarrollo de un cartucho moderno, que cumpla con los requerimientos de un ***cartucho militar de propósito general*** y que, además, mantenga proporcionalmente las ventajas de los dos calibres NATO citados.

El concepto de *"Cartucho militar de propósito general"* es una idea sobre la que desde hace más de diez años se discute y trabaja, fundamentalmente en países como Estados Unidos y Gran Bretaña, con el objetivo de desarrollar un calibre intermedio entre los NATO 5.56mm y 7.62mm, que permita unificar ambos en un cartucho apto para fusil y ametralladora liviana de apoyo, con el consiguiente beneficio operacional y logístico.

Según la experiencia aportada por las tropas de Estados Unidos desplegadas en Irak y Afganistán, estas habitualmente son aferradas por fuego desde largas distancias (más de 500m), por oponentes que emplean ametralladoras PKM de origen ruso con el antiguo pero muy potente y eficaz cartucho 7.62x64mm, lo que imposibilita a las tropas de la Coalición responder el fuego, por encontrarse fuera del alcance eficaz del calibre 5.56mm. Resultado de ello, el combate se establece entonces entre ametralladoras, fusiles de tirador especial y morteros, quedando así los tiradores de la fracción imposibilitados de participar efectivamente. Pero lo cierto es que ***los tiradores son el 80 por ciento del poder de fuego*** de la pequeña fracción, pero que en esa condición resultan ineficaces[26].

Por otra parte, de acuerdo con lo expresado en el *"National Defense Industrial Association Forum 2016"*, la experiencia obtenida de los últimos conflictos y las ventajas relativas demostradas por los calibres "más grandes" han llevado incluso a RUSIA a trabajar en el desarrollo de sistema Arma/cartucho de la familia de los 6.5mm para sus fusiles de dotación. En el mismo sentido, CHINA trabaja en sucesivas mejoras y posible reemplazo de su cartucho 5.8x42mm que emplea su fusil **Type 95** que le permitan anular operativamente al débil cartucho 5.56mm. ISRAEL que, durante años, ha priorizado el empleo del calibre 5.56mm, ha presentado recientemente su fusil TAVOR, en calibre 7.62mm[27].

Hay una variada cantidad de cartuchos en desarrollo y evaluación desde hace algunos años, principalmente en Estados Unidos y se puede citar entre ellos al 6.5mm Grendel, el 6.8mm SPC, el .260 Remington y el 6.5 Credmoor como los que han alcanzado un interesante grado de desarrollo, ensayos y discusión entre los expertos en el tema. Algunos de ellos, desarrollados especialmente para su empleo en tiradores especiales, tienen propiedades balísticas incluso superiores al 7.62mm.

Otro proyecto de interés desarrollado específicamente en el ámbito militar, es el cartucho .264 USA en calibre 6.5 x 48mm. Se trata de una iniciativa del US ARMY MARKSMANSHIP UNIT[28], con la finalidad de dotar a las tropas de mejores herramientas para el combate.

El objetivo planteado por este desarrollo fue encontrar un calibre capaz de mantener su efecto letal a grandes distancias, pero que permitiera también reducir los pesos y dimensiones propios de los calibres denominados "grandes" como el 7.62mm. La opción posible seleccionada fue un proyectil intermedio en calibre y peso, entre los 65grains

---

26 Ehrhart Thomas, My - US ARMY (2009)- "Increasing Small Arms Lethality in Afganisthan".

27 Recuperado de: http://www.thefirearmblog.com/blog/2017/06/28/breaking-news-new-308-tavor-iwi/?utm_source=Newsletter&utm_medium=Email&utm_content=2017-07-01&utm_campaign=Weekly+Newsletter

28 US ARMY MARKSMANSHIP UNIT: Unidad del citado Ejército que reúne a los más destacados referentes del tiro con armas portátiles. Más allá de sus funciones deportivas, el mismo trabaja activamente en la capacitación de tropas y el desarrollo específico de armas y municiones, para satisfacer necesidades que surgen de las experiencias de las tropas empeñadas

FIGURA 5: CALIBRE .264 USA (CENTRO) COMPARADO CON 5.56X45MM (ABAJO) Y 7.62X51MM NATO (ARRIBA)

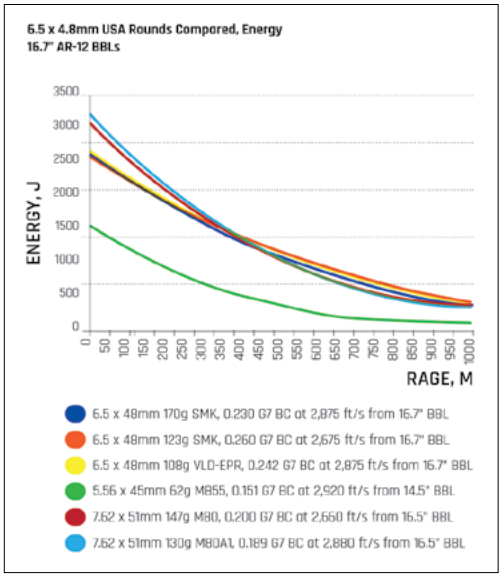


del cartucho 5.56mm y los 175grains del cartucho 7.62mm.

Gracias al diseño de su ojiva con un mejor coeficiente balístico, el .264 USA con su diseño aerodinámico de "bajo *drag*", puede mantener su velocidad remanente a grandes distancias. Sumado a ello, tiene una excelente Relación de Esbeltez l/d[29], que al emplear también componentes del proyectil de mayor masa, da como resultado una mayor Densidad Seccional[30], característica que finalmente aporta mejores efectos de balística terminal del proyectil.

En la figura 6 se presentan los valores comparados de Energía / distancia del calibre 6.5x48mm frente a los calibres NATO 7.62mm y 5.56 mm, Se puede observar las excelentes prestaciones de este proyectil que, con distintas configuraciones de masa y velocidades, resulta incluso superior al calibre 7.62mm

FIGURA 6: ENERGÍA REMANENTE DE DIFERENTES CALIBRES DE FUSIL, SEGÚN LA DISTANCIA DE EMPLEO



Se obtiene así un cartucho de menor calibre con un excepcional coeficiente balístico, con alcances similares al 7.62mm y con velocidades comparables al 5.56mm

Si el desarrollo resulta exitoso, el nuevo sistema fusil / cartucho proporcionaría a las tropas un arma que permita llevar una cantidad de cartuchos similar al 5.56mm pero con prestaciones en alcance, precisión y letalidad similar al 7.62mm, con pocos cambios en el peso final del sistema.

Otro aspecto novedoso es que los expertos ven a este calibre como un interesante avance en la búsqueda de **vainas híbridas de metal / plástico**, e incluso el desarrollo de cartuchos del tipo "Case Telescoped Ammo - CTA".

Este concepto CTA, que desarrollaremos más adelante e incluso lo veremos también aplicado a la modernización de las ametralladoras livianas, tiene la particularidad de que el proyectil se encuentra contenido completamente dentro de la vaina, lo que reduce el

29 Relación de esbeltez: Parámetro de diseño muy empleado en la ingeniería de proyectiles y vectores, que relaciona la Longitud (l) con el diámetro (d). Mayores relaciones l /d, aseguran mejores condiciones de estabilidad y comportamiento durante el vuelo.

30 Densidad seccional: parámetro de diseño que relaciona la Masa (en gr) por el área (en mm2) de la sección máxima del proyectil.

largo total del cartucho y permite un importante acortamiento de las dimensiones en los mecanismos de carga, alimentación, disparo y recuperación de las armas automáticas.

Más allá de todos los proyectos citados e importantes avances, lo cierto es que el cambio de calibre es un **tema de gran complejidad** para cualquier Fuerza Armada. El sistema fusil M16/M4 – 5.56mm tiene más de 50 años en servicio en las Fuerzas Armadas de Estados Unidos.

Cualquier decisión de cambio será el resultado de un proceso que llevará muchos años, debido a que involucra aspectos de orden operacional, logístico de obtención y abastecimiento, decisiones acerca de inversiones necesarias para el desarrollo de capacidades industriales a nivel nacional, que obviamente son de largo plazo, por lo que aún pasará mucho tiempo antes de que se resuelva finalmente este tema.

c. Interim Combat Service Rifle. (ICSR) 7.62x51mm.

En el mes de mayo de 2017, el US ARMY Chief of Staff General Mark MILLEY, expuso ante los Senadores de ese país, acerca de los planes de modernización y las deficiencias de alistamiento que tiene la fuerza a su cargo. Manifestó enfáticamente que el proyectil calibre 5.56mm empleado por los fusiles M4 y las ametralladoras de Apoyo M249 del grupo de tiradores, también en ese calibre, no son capaces de penetrar las nuevas protecciones balísticas personales empleadas por los potenciales adversarios.

Resaltó que el 70 por ciento de las bajas sufridas en las tropas desplegadas son hombres a pie, que cumplen misiones típicas de pequeñas fracciones de infantería y fuerzas especiales, por lo que se requería una solución urgente al tema del arma/calibre, independientemente de que, en forma paralela, se continúen analizando soluciones de largo plazo.

La vigencia y probadas prestaciones del calibre 7.62mm, en especial empleando su munición perforante M993, satisface plenamente los requerimientos operaciones de letalidad y perforación de barreras livianas y protecciones balísticas ESAPI[31].

Teniendo en cuenta, además, los grandes stocks de munición disponible y las capacidades industriales ya instaladas, local e internacionalmente, las autoridades del US ARMY vieron como solución alternativa mantener el calibre citado, pero orientando la búsqueda a un arma más moderna. Permanecer empleando los calibres NATO, aseguraría la interoperabilidad con los países de esa organización.

Así es que durante el año 2017 el US ARMY publico una "Solicitud de Propuesta" (RFP) abierta a oferentes, para un programa denominado ***Interim Combat Service Rifle (ICSR),*** que establece la provisión de hasta 50.000 fusiles, en el calibre 7.62mm.

El arma ofertada deberá reunir las siguientes características principales:

- Debe ser un fusil en su versión comercial "Of the shelf"[32]. Disponible en forma inmediata y no se aceptan armas customizadas.
- Calibre 7.62x51mm y cargador de 20 cartuchos.
- Diferentes largos de cañón entre 16 y 20 pulgadas que permitan incorporar compensadores, supresores de sonido y de llama.
- Peso total descargada: 12 lbs (5.45 kilos).

---

31 ESAPI: Enhanced Small Arms Protective Insert. Se trata de insertos, por lo general de materiales cerámicos y compuestos que son agregados a los chalecos de protección balística para mejorar la performance frente a la amenaza de calibres mayores.

32 "Commecrcial off the shelf" (COTS): Se denomina así a productos disponibles para la venta "en estantería" en el momento en que son requeridos.

Creí conveniente destacar brevemente este proyecto "de obtención", el que no representa en sí mismo una innovación tecnológica. Sin embargo, muestra cómo los países empeñados en situaciones de combate permanente, si bien persisten en la implementación de nuevos proyectos para mejorar las capacidades de sus Fuerzas Armadas, también aplican gran pragmatismo para recurrir, si resulta necesario, a herramientas ya probadas. Muestra, además, la forma en que ciertos paradigmas como el generado por el calibre 5.56mm, que, desde los 70, parecía ser el remplazo natural y definitivo de los calibres más "pesados" como el 7.62mm, después de casi 40 años de discusiones en ámbitos especializados, ha tenido que ser revisado. Muchos países, que optaron como más conveniente el reemplazo total de un calibre por otro, probablemente se replanteen hoy si fue esa la mejor decisión[33].

3. Una tendencia: El fusil como plataforma modular.

Por similitud a lo mencionado anteriormente para el caso de la pistola, la tendencia es considerar al fusil de Asalto como una herramienta modular y flexible, apta para ser configurada según necesidad de empleo. Debe disponer de una plataforma base, que admita: diferentes calibres, diferentes largos de cañón, culata tubular colapsable, apto para colocar todo tipo de accesorios tales como lanzagranadas, sistemas ópticos, de señalamiento e iluminación, bípodes, empuñaduras especiales, etc.

Los exponentes más destacados de fusiles en servicio que cumplen esta condición son:

a. Fusil M4.

Hace ya varios años en servicio fue reemplazando progresivamente al fusil M16, siendo el arma básica de dotación de muchos ejércitos. Tiene la limitación de no admitir calibres superiores al 5.56mm, por lo se considera un sistema a ser reemplazado, a la vista de las nuevas necesidades y lo expresado en los puntos anteriores respecto de las debilidades del citado calibre. Sin embargo, continúa prestando servicios y es enorme la posibilidad de agregado de accesorios que permite.

FIGURA 7: FUSILES FN SCAR (BÉLGICA). ARRIBA: SCAR- L (5.56MM); ABAJO: SCAR-H (7.62MM)



b. Fusil SCAR

Posiblemente el más revolucionario de los desarrollos en lo que respecta al concepto de modularidad. De la firma belga ***FN Herstal***, se destaca además por

33 En nuestras Fuerzas Armadas también ha sido un tema muy discutido cuando se analizaban las alternativas de modernización/cambio de fusil de asalto de dotación, cosa que aún no se ha concretado.

una importante presencia de polímero en gran parte de sus componentes, lo cual contribuye a reducir los pesos y simplificar el proceso de fabricación de los mismos. Se presenta en dos versiones: SCAR H (Heavy) en calibre 7.62mm y SCAR L (Light) en 5.56mm. Si bien ya fue adquirido por algunos países, aún no ha sido masivamente incorporado como para definir un posicionamiento en el mercado. Es probable que sea uno de los competidores "fuertes" en el proyecto ICSR[34] mencionado anteriormente, porque cumple las condiciones requeridas y, además, tiene la opción de disparar ambos calibres NATO.

c. Fusil HK 416/17

Este fusil de la afamada firma alemana ***Heckler&Koch,*** desde hace ya varios años se posiciona decididamente en el competitivo mercado de los fusiles de asalto. Se presenta en dos versiones de calibre: HK 416 (5.56 milímetros) y HK 417 (7.62 milímetros). Dispone de una enorme flexibilidad para incorporar todo tipo de accesorios, sumado a su fiabilidad y prestaciones, lo convierten en uno de los fusiles más demandados. Probado suficientemente en combate, el cuerpo de US Marines ya lo adoptó en reemplazo de los fusiles M16 y M4. Una versión de cañón pesado y bípode denominada M27 ha sido adquirida también por el US Marines, como proyecto para remplazar en los Gpo Tir a las ametralladoras FN Minimi.

FIGURA 8: FUSIL HECKLER & KOCH 416 (ALEMANIA) Y SUS ACCESORIOS



d. Fusil AK 12 /AK 15

En el caso de Rusia, cuya familia de fusiles de la serie AK ha ganado un reconocido prestigio mundial por su rusticidad, facilidad de fabricación y bajo costo, este país ha adoptado también el concepto de modularidad. Es así que siguiendo la línea fundadora del AK 47, con más de 60 años de servicio activo, se desarrollaron los fusiles

FIGURA 9: FUSIL KALASHNIKOV AK12 (RUSIA)



34 ICSR: Interim Combat Service Rifle. Proyecto de fusil de asalto del US Army que tiene por objetivo obtener un arma que sea una "solución de transición" entre el fusil de servicio actual y el futuro fusil a desarrollar.

AK 12 (Calibre 5.45x39 milímetros) y AK 15 (7.62x39 milímetros). Ambas armas están diseñadas sobre la base de la misma plataforma funcional, emplean gran cantidad de componentes de polímero, disponen de riel "tipo picatinny" para agregar todo tipo de componentes y accesorios tales como sistemas de puntería, linternas, señaladores láser, lanzagranadas, etc. y han realizado sensibles modificaciones para mejorar el punto más débil de la familia AK, que era su poca precisión. Los AK12/15 compiten con los fusiles rusos Degtyarev A545 y A762, para ver cuál de ellos será el que equipe al combatiente individual, en el marco del Proyecto de soldado Futuro "RATNIK".

4. Proyectos destacados en relación con fusil y cartucho

a. Tubos de fusil empleando fibra de carbono

La necesidad de un menor peso total de las armas, así como la búsqueda de nuevos materiales con mejores prestaciones y comportamiento, frente a las altas temperaturas y presiones que deben soportar las armas de fuego, hallaron en el empleo de fibras de altas prestaciones mecánicas (de carbono y otras) y el proceso de fabricación denominado "*Filament winding*" una solución tecnológica a la posibilidad de fabricar tubos cañón de fusiles.

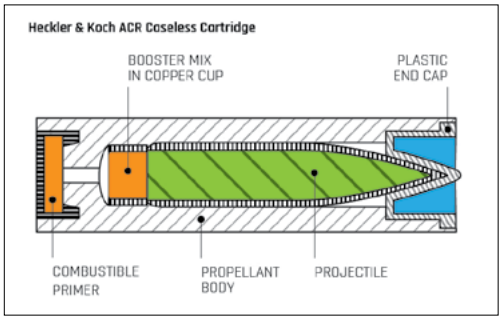
Incipiente aún para el uso militar y suficientemente extendido ya en el ámbito civil, sus altos costos y la necesidad de tiempo de "maduración" de esta moderna tecnología, la presentan como una tendencia que debe ser vigilada con atención y continuará creciendo por sus múltiples aplicaciones. Este tema se amplía en el presente trabajo en el *Punto 6: Nuevas tecnologías que se emplean.*

b. Cased Telescoped Ammo (CTA) y Caseless Ammo (Munición sin vaina)

Desde la aparición del cartucho con vaina metálica, revolucionario invento de fines del siglo XIX, que permitió la retrocarga de las armas y, con ello, el incremento de la cadencia de fuego y el disparo automático, innumerables han sido los intentos para desarrollar un cartucho "sin vaina". ¿Cuáles son los beneficios concretos que aporta?:

- Permite desarrollar armas con mecanismos de disparo más simples y de menores dimensiones, especialmente el conjunto corredera/cerrojo, el armazón y los cargadores. La simplificación funcional del conjunto se logra al no resultar necesaria la extracción y eyección de la vaina, con lo que se reducen los tiempos del ciclo de disparo y con ello una mayor cadencia de fuego.
- La munición es significativamente más liviana, debido a que el propulsante es un componente estructural del cartucho, lo que redunda en menos peso a transportar, permitiendo así llevar una dotación mayor de cartuchos.
- Reducir los enormes costos que implica la fabricación de las vainas: Estas requieren un complejo proceso de producción seriada, así como grandes estructuras y equipamiento industrial específico que

FIGURA 10: MUNICIÓN SIN VAINA (CASELESS AMMO) DEL FUSIL H&K ACR. (ALEMANIA)



no tienen otra aplicación productiva alternativa posible. Se reducen, además, los altos de estándares de chatarra (*scrap*) del costoso "latón militar" que genera el proceso de embutido y mecanizado de la vaina.

Entre los años 1970 y 1990, ingenieros alemanes de *DYNAMIT NOBEL*, en conjunto con la afamada empresa *HECKLER &KOCH*, desarrollaron un ambicioso proyecto de munición "sin vaina", que alcanzó un aceptable grado de madurez al ser probada a escala de prototipo con buenos resultados. Sin embargo, la continuidad del proyecto no resultó viable, debido a los problemas tecnológicos que se presentan con las exigencias extremas impuestas al cartucho, en su interacción con las altas temperaturas del cañón de las armas automáticas, en cadencia de tiro sostenido en situaciones reales de combate.

Se agregan a ello los problemas que presenta el mantenimiento adecuado de las condiciones de la pólvora que, al carecer de vaina, se encuentra totalmente expuesta a las rigurosas exigencias del transporte y manipuleo que normalmente debe soportar la munición de armas portátiles. La munición del soldado en operaciones puede pasar mucho tiempo en el cargador, en condiciones muy adversas antes de ser usada. Pero cuando su uso es requerido, debe funcionar en lo posible con un 99.99 por ciento de confiabilidad. Todo ello constituye una exigencia extrema para el cartucho "sin vaina", al punto que el desarrollo económicamente aceptable de este tipo de munición resulta un desafío tecnológico extremadamente difícil. Los expertos afirman que el tema es de tal complejidad, que se tardarán varias décadas hasta que sea posible encontrar una solución satisfactoria que permita su empleo generalizado en el ámbito militar.

Por ello, siempre con el objetivo de reducir los pesos de la munición y, además, acortar la longitud de los mecanismos de las armas, hace años se viene desarrollando un concepto denominado "CASE TELESCOPED AMMO" (CTA). En el caso de los blindados, la longitud de la vaina ha constituido siempre un tema de singular interés para el desarrollo de las torretas, ya que sus medidas están seriamente condicionadas por las dimensiones de la munición que se debe almacenar y manipular dentro del habitáculo.

Es así que, en el marco de un Programa de una nueva generación de vehículos blindados y sus armas principales, GIAT (Francia) y ROYAL ORDNANCE (Reino Unido), a requerimiento de sus respectivos Ministerios de Defensa, comenzaron a desarrollar un sistema Arma/munición de calibre 40 milímetros. El sistema actualmente en su etapa de implementación operativa consiste en una vaina de menor longitud que contiene tanto la pólvora como el proyectil, con lo que se logra una menor longitud total del cartucho. Este concepto, validado para su aplicación en las grandes armas, requiere para su implementación enormes presupuestos y la decisión estratégica de reemplazar los grandes tanques de batalla (MBT) con sus armas 120 milímetros por este nuevo sistema.

Los desarrolladores de armamento portátil encontraron en el **concepto de CTA,** una interesante situación "de transición" entre la futurista munición "sin vaina" y el cartucho actual, lo que motivó la realización de varios programas en relación con ello. La industria privada de armamento vio también en esta tendencia una ventana de oportunidad para posicionarse adecuadamente cuando el cambio llegara, comenzando así diversos desarrollos, generalmente con éxito en escala de laboratorio y ensayos de polígono.

Podemos citar el caso del Programa del US Army **"Lightweight Small Arms Tecnologies"** (LSAT) llevado adelante por el ARDEC y la empresa TEXTRON Systems. Estas trabajan desde 2011 en el desarrollo de opciones para la implementación del concepto

CTA en las armas de calibre 5.56 milímetros y 7.62 milímetros que permitan su empleo en ametralladoras y el moderno cartucho 6.5 milímetros para su empleo en un eventual futuro fusil de asalto.

LSAT es un objetivo tecnológico del US Army y del Ministerio de Defensa de ese país. Este programa mantiene en su primera etapa el empleo de las vainas metálicas, por similitud a lo realizado con la munición de blindados. Sin embargo, las etapas siguientes prevén el desarrollo de vainas de polímero (*Polymer Case Ammo*), lo cual constituye un enorme desafío por la menor capacidad de este material para absorber las grandes presiones y temperaturas del ciclo de disparo, en especial en condiciones extremas de tiro sostenido. Por el momento, se ensaya con "vainas híbridas", que tienen parte del culote metálico y el resto de polímero. De lograrse el objetivo buscado, el beneficio de la reducción del peso se reflejaría no solamente en el peso final del arma, sino además sobre la carga total de munición a llevar por cada soldado.

Como consideraciones particulares, este proyecto incluye, además, una serie de mejoras que deben garantizar su *escalabilidad* en los diferentes calibres de las armas que se desarrollen, así como la accesibilidad y facilidad de obtención de las armas y municiones[35].

FIGURA 11: CASED TELESCOPED AMMUNITION (7.62MM - 6.5MM-5.56MM)



Los objetivos planteados para las CTA son[36]:

> Desde el punto de vista logístico: disponer de 35 por ciento más de munición transportada a igual peso. Lograr 12 por ciento de reducción de volumen necesario. Como valor agregado, además, los costos de producción se reducen al ser menores los volúmenes de materia prima necesaria para la fabricación de la vaina.

> Incremento de la performance del arma: Reducción del retroceso. Reducción de la necesidad de mantenimiento del arma. Disminución el riesgo de *"cook-off"*[37] mediante mejores materiales que faciliten una rápida disipación de la temperatura.

> Beneficios Operacionales aportados: El menor peso favorece la movilidad, la supervivencia del operador y un mejor empleo del arma. Beneficio que impacta en el Gro Tir, ya que, en las pequeñas fracciones a pie, el ritmo de marcha posible está dado por el integrante que lleva el arma más pesada.

---

35 Fuente: TEXTRON SYSTEMS. Recuperado de http://www.textronsystems.com/sites/default/files/resource-files/TS%20US%20LSAT%20Datasheet.pdf

36 Fuente: TEXTRON SYSTEMS- Cased telescoped Small Arms Systems (May 2014)

37 Cook-off: También conocido como autoencendido. Peligroso efecto que se produce en las armas automáticas sometidas a períodos de fuego continuo, por el cual el último cartucho que queda en la recámara se dispara luego de un breve lapso, sin que exista la acción del percutor sobre el fulminante. Es causado por el autoencendido de la pólvora dentro de la vaina metálica y suele producir graves accidentes, por lo que es un defecto que busca minimizarse en las armas automáticas.

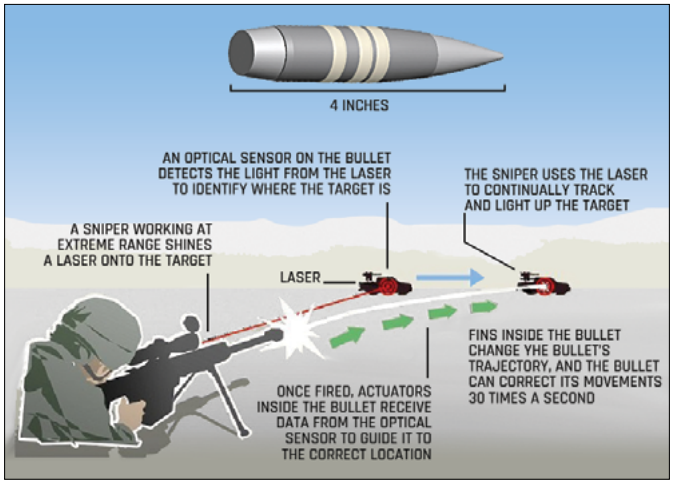
c. Programa EXACTO

Son enormes los avances alcanzados en óptica y electrónica aplicados a las armas de fuego, los que obviamente contribuyen a optimizar los sistemas de puntería y, por ende, la eficacia de estas. Escapa al alcance de este trabajo realizar una detallada enumeración de ellos, pero creo conveniente mencionar un proyecto verdaderamente innovador, como el que se lleva adelante para incorporar a los proyectiles de fusil de algún tipo de **asistencia al guiado** en su trayectoria. La aplicación del guiado, que, hasta la fecha, ha sido privativa de los grandes sistemas de armas como cohetes, misiles, bombas y últimamente "proyectiles inteligentes" de artillería y morteros, ha desvelado siempre a los investigadores que buscaban alternativas para otorgar esa capacidad a las municiones de armas individuales.

Es así que, desde el 2010, ***DARPA***[38], junto con la empresa ***Teledyne Scientific & Imaging***, ha invertido 25 millones de dólares para desarrollar el programa ***EXACTO (Extreme ACcuracy Tasked Ordnance)***. Este proyecto de "smart bullets" tiene por objetivo dotar a una munición de calibre 12.7x99mm NATO (.50 BMG)[39], de sensores ópticos que le permiten el autoguiado del proyectil en la parte final de su trayectoria.

El proyectil EXACTO maniobra libremente durante el vuelo siguiendo el "punto apuntado" por el tirador e impactando en el lugar donde el sistema de puntería del arma está dirigido. La munición está especialmente diseñada para que un sofisticado sistema de guiado en tiempo real dirija el proyectil hacia el blanco y realice las compensaciones necesarias de meteorología, vientos, movimientos del blanco y otros factores que pueden afectar la precisión del disparo.

FIGURA 12: PROGRAMA EXACTO: PROYECTIL GUIADO PARA FUSIL



El sistema funciona básicamente de la siguiente manera: El tirador apunta al blanco y lo marca con un señalador láser. Una vez disparado, el proyectil dispone de sensores ópticos que detectan la ubicación del blanco marcado. Actuadores dentro del proyectil reciben los datos proporcionados por los sensores ópticos y mediante el empleo de diminutos planos de control, se generan las acciones necesarias para corregir la trayectoria, lo que se realiza con una frecuencia de hasta 30 veces por segundo. Estos cambios responden al movimiento del láser, con el cual el tirador hace el seguimiento del blanco.

---

38 DARPA: Defense Advanced Research Project Agency. Recuperado de https://www.darpa.mil/

39 Cartucho calibre .50 BMG (Browning Machine Gun): Cartucho de ametralladora pesada en calibre denominación NATO 12.7x99mm

En abril de 2015 DARPA realizó ensayos de evaluación y disparo sobre blancos en movimiento y evasivos y se pudo verificar la capacidad de batir repetidamente blancos de extrema dificultad para un soldado común. Los proyectiles pueden ser disparados desde armas calibre 12.7 milímetros estándar y se comprueba que un tirador regular puede acertar fácilmente a muy largas distancias y con extrema precisión, lo que normalmente resultaría imposible con la munición original, incluso con la considerada *match grade*[40].

Según DARPA, haber logrado incorporar capacidad de guiado en pequeños proyectiles calibre .50 BMG es un hito verdaderamente revolucionario que abre la puerta a la posibilidad de dotar de guiado a proyectiles de calibres menores. El Program Manager de EXACTO, Jerome Dunn expresó: "EXACTO ha demostrado lo que hasta ahora era considerado imposible: el guiado continuo hasta el blanco a grandes distancias, de proyectiles de pequeño calibre"[41].

Los futuros desafíos que se impusieron al proyecto son desarrollar nuevas capacidades para su empleo "todo tiempo" y a mayores distancias y, además, reducir el tiempo para la adquisición del blanco por parte del tirador. Esto mejoraría su efectividad e incrementaría además su supervivencia, al minimizar la posibilidad de que él mismo sea adquirido por el oponente.[42]

El empleo de drones, sensores y medios de observación por parte del oponente, hace cada vez más crítico el empleo seguro de *snipers*, por lo que resulta imperativo que estos puedan adquirir sus blancos muy rápido y con gran precisión, debido a que cada disparo errado pone en riesgo su propia supervivencia.

C. Las armas de apoyo de tiro directo

1. Consideraciones

Por lo expresado anteriormente respecto de considerar el nivel sección / grupo de tiradores como elemento base para el empleo eficaz de un elemento terrestre en un entorno de guerra asimétrica, el tipo de enfrentamiento que se plantea, hace muy difícil "adquirir y batir" al oponente, de manera eficiente a grandes distancias[43].

Para ello resulta cada vez más necesario dotar a los escalones inferiores que deben operar con gran autonomía, de adecuada movilidad, protección y suficiente **capacidad letal**, para que estén en capacidad de cumplir su misión. Y es entonces aquí, donde las armas de apoyo orgánicas, tales como ametralladoras, lanzagranadas y armas antitanque pasan a jugar un rol preponderante. Ello ha dado lugar a la revisión de las organizaciones, la doctrina de empleo y obviamente la tecnología que deberán disponer los sistemas del "componente letalidad" de ellas.

Los siguientes son algunos de los temas en revisión y proyectos que se llevan adelante.

---

40 Match Grade ammunition: Munición de muy alta calidad con la que se obtienen disparos extremadamente precisos. Para su fabricación se da especial tratamiento a la selección de los materiales y componentes que se emplean, así como un sofisticado sistema de control de calidad en todo el proceso, lo que da como resultado valores de gran uniformidad en sus parámetros de balística interior (presión, Velocidad Inicial, Velocidad de combustión) y exterior (Comportamiento aerodinámico). Su fabricación conlleva altos costos, por lo que es empleada principalmente por tiradores de competición deportiva y tiradores especiales en el ámbito militar y de FFSS.

41 DARPA EXACTO PROGRAM. Recuperado de http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3059476/Watch-U-S-Army-test-self-guided-smart-bullets-say-let-hit-moving-target-perfect-accuracy.html

42 Recuperado de https://www.darpa.mil/news-events/2015-04-27.

43 Obviamente con una relación Costo/efecto razonable. No resulta lógico batir una posición de ametralladora enemiga con misiles de última generación o munición guiada de artillería, con costos de decenas de miles de dólares.

2. La modernización de Ametralladoras livianas

Las armas de dotación continúan siendo mayormente las ametralladoras calibre 5.56 milímetros, en el nivel de Gpo Tir, la más reconocida de las cuales es la FN "Minimí" denominada en EUA M249. En el nivel Sec Tir, se sigue empleando la Amet cal 7.62 milímetros, estando vigente en el ámbito de la NATO aún la FN MAG, denominada en EUA M240.

Los principales desarrollos que permitirán aportar mejoras a las ametralladoras livianas de apoyo, están relacionados con:

a. Reducción del peso total del arma: La reducción del peso continúa siendo un "objetivo" común en todas las armas. La premisa básica es que la velocidad de desplazamiento a pie de una fracción está dada por la velocidad que puede sostener el operador del arma más pesada de esta. Hay muchos avances en el empleo de materiales livianos y de mejores prestaciones. A modo de ejemplo, el empleo de Titanio para el desarrollo de cajón de mecanismos en armas automáticas es una de las más destacadas e innovadoras.

b. Reducción de la longitud total del arma: Se logra básicamente con el rediseño de las culatas que dispongan de la opción de moverse telescópicamente sobre su eje (*collapsed buttstock*) y la incorporación de sistemas *buffer* hidráulicos para amortiguación del retroceso. El empleo de nuevas municiones con el concepto *Case Telescoped Ammo* (CTA) posibilita también reducir las dimensiones del cajón de mecanismos y de los sistemas de almacenamiento y alimentación del arma. Opción de cañones de diferentes longitudes, disponibles hoy en las más modernas ametralladoras, contribuyen también al efecto deseado.

c. El desarrollo de nuevos materiales para los cañones, tendientes a lograr una mayor disipación de las altas temperaturas, en ciclos de disparo automático. Fibra de carbono, revestimientos cerámicos y otros, son tendencias que se observan, aunque aún en etapa de experimentación.

d. La incorporación de sistemas ópticos que mejoren la visión y el control de los fuegos para realizar un tiro de supresión más eficaz. El proyecto SMALL ARMS FIRE CONTROL SYSTEM (XM 116) emplea telémetro láser, un sofisticado computador balístico y una interfaz óptica con el operador que le permite hacer digitalmente los ajustes a la puntería del arma y garantizar una probabilidad de impacto en los primeros disparos que supera en un 50 por ciento a los sistemas convencionales de "miras abiertas". Este proyecto originalmente desarrollado para los lanzagranadas de 40 milímetros y las ametralladoras FN M2 de 12.7 milímetros. Se estima que pronto será aplicado también a las ametralladoras livianas.

e. El desarrollo de **sistemas de alimentación de cartuchos** más eficientes, que sean intercambiables y compatibles con los empleados por los fusiles de asalto. Esto se logra dotando a las armas de la posibilidad de emplear alternativamente, tanto bandas de munición como cargadores lineales o almacenes rotativos.

f. El proyecto más ambicioso y revolucionario es el **reemplazo integral del sistema Arma/cartucho,** por nuevas ametralladoras más livianas y que disparen cartuchos con la tecnología CTA (*Case telescoped*), todo ello en el marco del programa LSAT, tema ya desarrollado anteriormente para el caso de los fusiles de asalto.

3. PROYECTO Next Generation Squad Automatic Rifle (NGSAR).

La implementación de mejoras en las armas existentes e incluso el cambio de estas por nuevos sistemas para equipar a unas Fuerzas Armadas es un proceso que puede llevar muchos años. Si tenemos en cuenta que en Estados Unidos el reemplazo del arma de puño individual demandó cinco años hasta su resolución definitiva, es factible estimar que el reemplazo integral de las armas automáticas de apoyo directo puede demorar décadas. Sin embargo, atento a la necesidad de solucionar el problema del apoyo de fuego en las menores fracciones, entre el 25 y 27 de julio de 2017 y enmarcado en el programa *PROJECT MANAGER SOLDIER WEAPONS*, se realizó en Ft Benning un Industry Day[44]. Este consistió en una convocatoria selectiva de los principales referentes de la industria del armamento, con el objetivo de intercambiar experiencias, opiniones e ideas que contribuyan al lanzamiento de un Programa individual denominado *NGSAR (Next Generation Squad Automatic Rifle).*

FIGURA 13: NEXT GENERATION SQUAD AUTOMATIC RIFLE (US ARMY)



Este programa tiene como objetivo desarrollar un sistema arma/munición que reemplace las ametralladoras M249 (FN Minimi en calibre 5.56 milímetros) en el nivel orgánico Squad (Gpo Tir) de las BCT (Brigade Combat Team).

Algunas de las características que debe cumplir el nuevo sistema son:

a. Reunir simultáneamente las capacidades de **alta cadencia de fuego y alcance de una ametralladora liviana, pero con la precisión y la ergonomía de un fusil de asalto** "compacto" (Carbine). De esta manera podrá ser empleada con comodidad tanto en espacios abiertos (tiro a largas distancias) como espacios de combate confinados (típicos del combate urbano). A modo de ejemplo de los altos niveles de exigencia impuestos, la precisión requerida para el disparo en ráfaga corta de dos cartuchos es que ambos proyectiles impacten con una dispersión no mayor a una pulgada a 100 metros de distancia. Resulta esta una exigencia alta incluso para cualquier fusil de asalto de precisión actualmente en uso.
b. El sistema debe contribuir a **reducir sensiblemente el peso total** que carga el soldado y que afecta negativamente su movilidad, supervivencia y precisión en los fuegos cuando estos son realizados en posiciones no estáticas. El arma debe ser liviana y disparar munición más liviana que la actual munición de dotación M855A1 en calibre 5.56 milímetros. Peso del arma (Sin munición): Menor a 5.5 kilos y un valor óptimo de 3.7 kilos. Peso de la munición: 20 por ciento menos que la actual munición calibre 5.56 milímetros y un valor óptimo de 50 por ciento menos de peso.
c. Debe disponer de **selector de tiro:** Full auto, semiautomático y ráfagas de dos disparos, y ser capaz de batir blancos en movimiento a 600 metros y blancos estáticos a 1200 metros.
d. Debe poder emplear todos los sistemas auxiliares de puntería provistos actualmente,

44 Recuperado de http://soldiersystems.net/2017/06/02/us-army-announces-industry-day-for-next-generation-squad-automatic-rifle/

así como ser compatible con el SMALL ARMS FIRE CONTROL SYSTEM (XM 116) mencionado anteriormente.

e. Para mayor información acerca de los parámetros técnicos, funcionales y operativos exigidos, puede consultarse el sitio *http://soldiersystems.net/2017/06/02/us-army-announces-industry-day-for-next-generation-squad-automatic-rifle/*

4. Las Ametralladoras en el Programa LSAT (Lightweight Systems Arms Tecnologies)

En el punto anterior nos referimos específicamente a una **solución transitoria** del problema de las ametralladoras del nivel Squad (Gpo Tir). El verdadero Proyecto de largo plazo abarca a la familia de ametralladoras livianas, parte importante del Programa LSAT (*Lightweight Small Arms Tecnologies*), todas ellas componentes de una nueva generación de armas livianas de gran performance y munición de tecnología avanzada que empleen el concepto ya mencionado reiteradamente de *Case Telescoped Ammo* y el aún más ambicioso *Caseless Ammo* (Munición sin vaina).

La necesidad de dotar de mayor potencia de fuego a los niveles tácticos inferiores impone, a su vez, establecer el foco del proyecto en la reducción de hasta un 35 por ciento del peso de las armas y reducción de hasta un 40 por ciento del peso de la munición transportada.

FIGURA 14: PROGRAMA LSAT (LIGHTWEIGHT SYSTEMS ARMS TECHNOLOGIES) - US ARMY

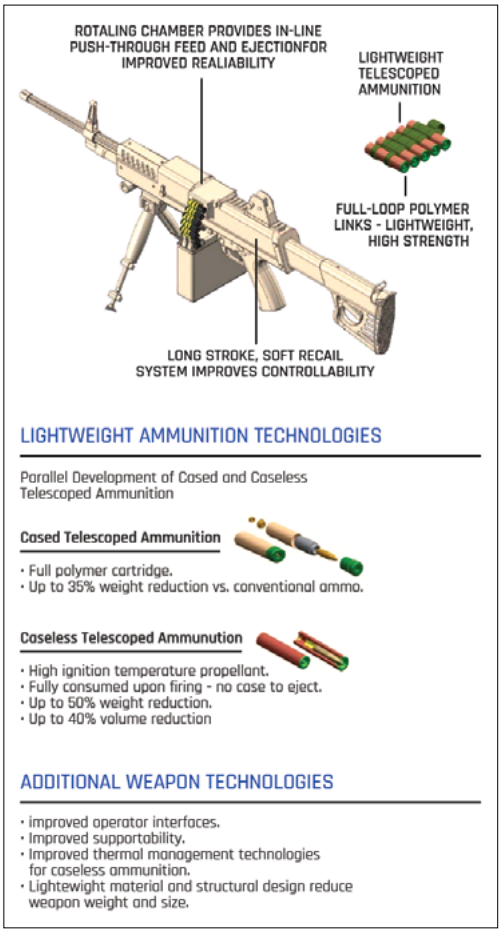


FIGURA 15: CARACTERÍSTICAS DE LA MUNICIÓN - PROGRAMA LSAT (LIGHTWEIGHT SYSTEMS ARMS TECHNOLOGIES)



5. Lightweight Medium Machine Gun (LWMMG)

Se trata de un proyecto llevado adelante por GENERAL DYNAMICS a requerimiento del US Army con el objetivo de desarrollar un arma de apoyo de nivel Pelotón (Sec Tir), capaz de batir eficazmente blancos que se encuentren en el espacio físico, entre el máximo eficaz del calibre 7.62 milímetros (800 metros) y el .50 BMG (1500 metros y más).

El moderno calibre .338 LAPUA (8.6x70 milímetros), surgió en la década de los 80 cuando el US MARINES requirió a la empresa *Research Armaments industries (RAI),* el desarrollo de un arma/cartucho capaz de batir blancos con gran precisión hasta los 1500 metros. Actualmente es el calibre preferido por los Tiradores especiales de Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Australia y otros países de la NATO, quienes lo tienen provisto en sus fuerzas y han obtenido resultados sorprendentes en el marco de las guerras de Afganistán e Irak.

Sobre la base de la excelente performance de los calibres de la "familia de los .338", con ligeras modificaciones se desarrolló el cartucho .338 NORMA Magnum, para su empleo en la nueva ametralladora *Lightweight Medium Machine Gun* (LWMMG). De acuerdo a lo expresado por los desarrolladores, a una distancia de 1000 metros, este proyectil tiene una energía remanente cinco veces superior a la del 7.62 milímetros.[45]

Los requerimientos establecidos para LWMMG básicamente son:[46]

- Disponer de un arma portátil de apoyo capaz de batir blancos hasta los 1800 metros que supere en alcance y poder de fuego a las armas en calibre 7.62x54 milímetros empleadas por el oponente.
- Mecanismo con suave retroceso, similar al de armas en calibre 7.62 milímetros garantizando así estabilidad y precisión en fuego automático.
- Peso menor a 12 kilos. Cadencia de fuego: 500 dpm.
- Cañones con QCB (*quick change barrel*) con diferentes opciones de longitud, para distintos empleos.
- Desarrollo cooperativo con otras empresas, de cartuchos con vaina de polímero, lo que permitirá reducir hasta en 6 kilos una dotación de 500 cartuchos.

FIGURA 16: PROYECTO LWMMG (LIGHTWEIGHT MEDIUM MACHINE GUN) CALIBER .338 NORMA.



Según expresa General Dynamics, "La .338 Lightweight Medium Machine Gun es la nueva generación de ametralladoras para nuestros combatientes que les proporcionará la capacidad de superar en alcance y poder de fuego a todas las ametralladoras portátiles en uso alrededor del mundo"[47].

45 Recuperado de http://soldiersystems.net/2017/03/20/gd/

46 Lightweight Medium Machine Gun. GENERAL DYNAMICS Ordnance and tactical Systems. Recuperado de https://www.gd-ots.com/armament_systems/ics_lwmmg.html

47 Recuperado de http://soldiersystems.net/2017/03/20/gd/

6. XM25 precision-guided grenade launcher

Los lanzagranadas (LGr) de 40 milímetros son sistemas de apoyo de fuego muy empleados por la mayoría de los ejércitos. Durante la década de los 90, el US ARMY comenzó a pensar en el reemplazo del muy probado pero ya anticuado LGr M203 y se llevó adelante el desarrollo de un ambicioso programa denominado **XM29-OICW** (*Objective Individual Combat Weapon*). Este programa, promocionado como "el sistema que revolucionaría el combate cercano de la infantería" tenía por objetivo diseñar un arma que dispusiera en la misma plataforma de un fusil compacto calibre 5.56 milímetros y un lanzagranadas semiautomático, capaz de disparar proyectiles de calibre 20 milímetros. El desarrollo fue llevado a cabo por el consorcio de empresas **Alliant Techsystems(ATK) /H&K/ Contraves** y pese a haberse realizado prototipos y ensayos hasta el año 2002, el resultado obtenido fue un arma muy voluminosa, pesada, costosa y poco ergonómica, para su empleo en el tipo de combate urbano que planteaban los nuevos escenarios de guerra híbrida.

En 2005 el **XM 29 - OICW** fue cancelado y se resolvió dividir el programa original en dos subprogramas: El **XM8** para el desarrollo de un fusil de asalto (que también fue cancelado al poco tiempo por la pobre performance del calibre 5.56 milímetros) y el segundo programa denominado **XM25 – CDTE (Counter Defilade Target Engagement)** con el objetivo de desarrollar un arma de hombro individual que pudiera disparar pequeños proyectiles explosivos de tiro curvo para batir posiciones a cubierto en desenfilada. Un informe del US Army del 2008 establecía que se había identificado una importante falencia operativa (En el nivel Squad – Gpo Tir), para batir con eficacia blancos en desenfilada a distancias hasta los 500 metros. El objetivo era desarrollar y producir un arma que pudiera solucionar esa debilidad y el desafío tecnológico a resolver era que el sistema combinara la posibilidad de disparar un pequeño proyectil explosivo de fragmentación con espoleta inteligente, todo ello asociado a un moderno sistema de puntería y adquisición de blancos. El proyecto fue adjudicado en 2008 a las empresas Heckler&Koch y ORBITAL ATK[48].

El **XM25** es un arma semiautomática con principio de funcionamiento por toma de gases que permite disparar desde el hombro cartuchos del tipo "*airburst*"[49] en calibre 25 milímetros. El sistema consta de tres componentes integrados: Sistema de adquisición de blancos y control del fuego (TA-FCS "*Target Adquisition Fire Control System*") – Conjunto Arma - Proyectil Airburst 25 x 40 milímetros. El sistema de adquisición de blancos y control de fuego identifica el blanco, determina la distancia y dispara, programando la munición para que detone por encima o cerca del blanco y cubra el área con fragmentos. Este sistema integra visón óptica digital y térmica, telemetría láser y compás digital que le permiten programar la espoleta del proyectil para una detonación exacta en espacio y tiempo. La munición tiene la particularidad de que su sofisticada espoleta programable se encuentra ubicada en la parte media del proyectil, por lo que al momento de detonar, las esquirlas se reparten de manera uniforme tanto hacia adelante como hacia atrás. Con un peso final del conjunto no superior a los siete kilos tiene un alcance de 500 metros para batir blancos pun-

---

48 XM 25 "Counter defilade engagement program". Recuperado de http://www.military.com/equipment/xm25-counter-defilade-target-engagement-system.

49 AIRBURST: proyectiles explosivos que tienen la particularidad de detonar en el aire durante la fase final de su trayectoria, a diferencia de los tradicionales "por impacto". Emplean un preciso mecanismo de tiempo y son especialmente diseñados para batir blancos en desenfilada, aumentando así el efecto de la explosión y las esquirlas.

tuales y hasta 700 metros para batir pequeñas áreas. Bautizado "*The Punisher*" por las tropas que lo probaron en Afganistán, este tipo de arma disminuye la necesidad de requerir apoyo de fuego de elementos no orgánicos (Artillería, morteros, etc.), lo que permite un uso más racional de los fuegos y dota, además, a las pequeñas fracciones, de la capacidad de batir eficazmente blancos de oportunidad. El proyecto incluye futuros desarrollos de munición perforante, pequeñas cargas huecas e incluso munición antitumultos con efectos "no letales".

FIGURA 17: PROGRAMA XM 25 COUNTER DEFILADE TARGET ENGAGEMENT.



En 2011 se completó la etapa de desarrollo y ensayos y se fabricaron algunas series reducidas para su evaluación operacional. Varias unidades fueron desplegadas en Irak y Afganistán y probadas en condiciones de combate real. Pese a los buenos resultados iniciales, informes posteriores mencionaron problemas de funcionamiento en condiciones extremas, lo que sumado a retrasos por parte de las empresas adjudicatarias en el cumplimiento de etapas importantes del proyecto, motivaron que en abril de 2017 el US Army cancelara su contrato con **ORBITAL ATK,** contratista fundamental para el desarrollo de la munición y del complejo sistema TA-FCS[50].

Esta nueva situación modificó los planes iniciales de producir lotes piloto del sistema para fines de 2017 por lo que, a la fecha, el proyecto se encuentra en "stand-by" y en revisión integral y se analizan diferentes alternativas para su continuidad.

No obstante ello, se prevé que dado el grado de avance alcanzado, los enormes presupuestos invertidos, así como el interés y necesidad de disponer de un arma de esas características en las menores fracciones, el proyecto debería reiniciarse en el corto plazo. Sobre todo, si se tiene en cuenta que países como Rusia, China y Corea del Sur, que emplean profusamente los sistemas lanzadores de granadas portátiles en sus pequeñas fracciones, llevan adelante desarrollos similares.

D. Los Morteros de 60 y 81 milímetros

1. Consideraciones

Por similitud a lo planteado para el caso de las armas de apoyo de tiro tendido, el escenario de combate actual requiere de apoyo de fuego de artillería a corta distancia, con tropa propia empeñada en combate urbano y en un entorno de oponentes mimetizados entre la población civil. En esa condición resulta difícil la ejecución de fuegos de apoyo de artillería de campaña, debido a los riesgos de daño colateral que ello conlleva e incluso la posibilidad de batir tropa propia. La experiencia del reciente conflicto en Afganistán ha motivado que países como Estados Unidos, Italia y Alemania, implementaran diversos proyectos para la actualización de sus morteros livianos[51].

---

50 TA-FCS: Target Adquisition Fire Control System.

51 "Future Mortar Systems 2016". Realizado entre el 25 y 27 de octubre de 2016 (Londres, Reino Unido)

Tal cual se concluyó en el "*Artillery Simposyum 2016*"[52], los morteros han tenido una verdadera revalorización, por resultar la herramienta ideal para la ejecución de fuegos de apoyo, realizados habitualmente a corta distancia pero para los que se requiere de gran precisión. En el Seminario "*Future Mortar Systems 2016*"[53] se concluyó también: *"Los morteros llenan el vacío, en términos de alcance, poder de fuego y movilidad, entre las armas portátiles como el lanzagranadas y los pesados sistemas de artillería de campaña".*

Fracciones aisladas que operan en misiones de vigilancia y reconocimiento han encontrado en los morteros una herramienta ideal para resolver complejas situaciones de empeñamiento en combate a distancias medias, por lo que se observa una tendencia en muchos países de reconsiderar la asignación orgánica de los morteros livianos de 60 y 81 milímetros en los niveles de Sección / Grupo de tiradores.

Como aspecto desfavorable, el peso de los morteros tradicionales de 81 y 60 milímetros sigue siendo una limitación para el desplazamiento de fracciones a pie y hasta en vehículos livianos. Por ello se han iniciado gran cantidad de proyectos, orientados principalmente a la búsqueda de nuevos materiales y procesos de fabricación que aligeren el peso en los componentes. Otro ámbito de investigación y desarrollo que avanza muy fuertemente es el empleo de municiones guiadas de corto alcance que hasta hace poco tiempo eran exclusivas de los morteros pesados de 120 milímetros y ya han llegado a los de 81 y 60 milímetros. Describiremos sintéticamente algunos de ellos.

2. Tendencias y Nuevos proyectos de Morteros Livianos

a. Nuevos materiales

Hace ya varios años se trabaja en el desarrollo de materiales y procesos de fabricación que reduzcan el peso final de las armas tanto las de uso individual como las empleadas por las menores fracciones. La fabricación de componentes estructurales cilíndricos mediante la técnica de fabricación denominada "Filament Winding" se presenta como una interesante alternativa para desarrollar: Fibras sintéticas de altas prestaciones mecánicas, tales como fibra de vidrio, de carbono y otras, embebidas en resinas especiales, fueron vistas inicialmente como soluciones integrales. No obstante ello, las presiones de trabajo involucradas así como el efecto erosivo de los gases a alta temperatura en el momento del disparo demostraron que los tubos tenían una vida útil de pocos disparos, lo cual las transformaba en armas, en muchos casos, "descartables" y para empleo ocasional. Sin embargo, la experiencia adquirida en el desarrollo de tecnologías y materiales que permitieran avanzar en la reducción de los pesos, en algunos casos de hasta 50 por ciento del original resultó muy valiosa. Se comenzó entonces a estudiar el desarrollo de "bocas de fuego de materiales compuestos", las que básicamente se conformaban con un cuerpo interior metálico, contenido dentro de un componente estructural tubular, realizado en fibras sintéticas de alta resistencia embebidas en resinas especiales.

Se pueden destacar una serie de proyectos que lleva adelante el RDECOM (*US Army Research, Development and Engineering Command*), en el marco de un Programa integral denominado "*Lightweightg Large Caliber Weapons*"[54]. Este Programa tiene por objetivo

---

52 "Future Artillery Simposyum 2016": Realizado entre el 23 y 25 de mayo de 2016 (Londres, Reino Unido)

53 "Future Mortar Systems 2016". Realizado entre el 25 y 27 de octubre de 2016 (Londres, Reino Unido)

54 Lightweightg Large Caliber Weapons Program. Recuperado de https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2015/armament/tues17342_Littlefield.pdf

encontrar soluciones tecnológicas innovadoras que permitan reducir sensiblemente el peso final de las armas de gran calibre de artillería y morteros. Pero todo ello, sin resignar ciertas características fundamentales específicas que debe poseer una boca de fuego, tales como dureza, elasticidad, resistencia a las altas presiones y temperaturas, resistencia a la erosión, etc., cualidades que garantizan la durabilidad y vida útil de estas armas.

Para el caso de los morteros, se exploran variedad de alternativas. Tubos de fibras de alta resistencia mecánica como las de carbono y otras. Morteros de material compuesto, con el ánima del tubo en Titamio o aceros altamente aleados de poco espesor (0.6 milímetros), en algunos casos cubiertos con tubos de aluminio y todo el conjunto dentro de un cuerpo fabricado por *filament winding*, con fibras de carbono embebidas en resinas de alta resistencia a mecánica y térmica. Algunas de las alternativas que se desarrollan son: Polymer Matrix Composites (PMC), Ceramic Matrix Composites (CMC) profusamente empleada en la industria aeronáutica por sus propiedades mecánicas y térmicas, con 1/5 del peso de piezas equivalentes en aleaciones metálicas, Metal Matrix Composites (MMC), entre otras. La descripción de estas, obviamente, excede el alcance del presente trabajo, pero a modo ilustrativo puede consultarse la siguiente publicación del RDECOM que se cita al pie de página[55].

FIGURA 18: MORTEROS CALIBRE 81MM DE MATERIAL COMPUESTO. (US ARMY)



b. Desarrollos de munición 60 y 81 milímetros

1. Munición guiada

La difusión en los últimos años de las "*Precision Guided Munitions*" (PGM) han puesto de manifiesto las enormes ventajas que ellas tienen: Eficacia en el primer disparo (Ahorros en munición – beneficios logísticos) – Incremento en la supervivencia de las propias tropas (Menor tiempo de exposición. "*Shoot and scoot*") – Disminución del daño colateral, etc. Hasta hace pocos años impensadas para su empleo en armas de "pequeños" calibres como los morteros, las PGM han llegado también a ellos, gracias a los avances en la miniaturización de los componentes electrónicos y en la reducción de los costos de los mismos.

Muy empleados por la artillería desde hace algunos años, los altos costos de los PGM completamente autónomos como el EXCALIBUR (Raytheon), VULCANO (OtoMelara), el KRASNOPOL guiado con Laser semiactivo (Rusia), motivaron que su empleo se limitará a las grandes armas de 155 milímetros y para ejecutar misiones de fuego muy específicas y de gran alcance.

Desde hace algunos años, la llegada del revolucionario concepto de "kit de guiado" – Precision Guided Kit (PGK), con el que se transforma una munición de morteros o de artillería convencional en un proyectil de precisión permitió reducir hasta 10 veces los costos respec-

55 "Lightweighting of large caliber weapons: presents and future": US Army RDECOM. Recuperado de https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2015/armament/tues17342_Littlefield.pdf

to de las municiones guiadas mencionadas. Esto ha impulsado proyectos para los morteros de 120 milímetros, siendo un referente en su tipo el Mortar Guided Kit (MGK) denominado XM 395 de la empresa Orbital ATK[56]. Desarrollado a requerimiento del US Army como parte del programa denominado "*Accelerated Precision Mortar Iniciative* (APMI)", este sistema combina guiado GPS con la asistencia de superficies de control (Canards), que permiten obtener una precisión de CEP[57] 10 metros, con el beneficio de sus bajos costos. El sistema completo se conforma con el cuerpo del proyectil original, en el cual se ensambla el kit XM395. Este Kit consiste a su vez en dos componentes principales: Un conjunto de guiado que se ensambla en la parte delantera del Proyectil (en el sector roscado alojamiento de la espoleta) y un sistema de estabilización que remplaza al conjunto cola del proyectil original. Finalmente, el kit se complementa con una Unidad portátil denominada "*Universal Mortar Setter System*" con la cual se realiza la carga de los datos en el proyectil, en los momentos previos al disparo.

FIGURA 19: KIT DE GUIADO ATK PARA PROYECTIL DE MORTERO 120 MILÍMETROS



Debido a la poca precisión de los proyectiles de mortero convencionales de 120 milímetros, con valores de CEP de hasta 130 metros para el máximo alcance (siete kilómetros), los fuegos consisten en ráfagas para batir zonas, con lo cual los consumos de munición son muy altos. Si tenemos en cuenta que un kit de guiado, otorga valores de precisión inferiores a CEP 10 metros, es sencillo deducir que la probabilidad de cumplir la misión de fuego con 1 / 2 disparos es muy alta, generando enormes beneficios: Probabilidad de impacto en el primer disparo, sorpresa, ahorro de munición, supervivencia de la pieza, cantidad de misiones a cumplir, etc.

El verdadero desafío tecnológico para los próximos años es lograr que los proyectiles guiados lleguen también al ámbito de los morteros de 81 y 60 milímetros. **Morteros más livianos y munición de gran precisión,** son los dos aspectos clave que justifican y fundamentan la asignación de los morteros en las menores fracciones. *(Para ampliar la presente información, se sugiere consultar el Trabajo realizado sobre "Munición guiada de artillería y Morteros en TEC1000 del año 2016)*[58].

2. Munición más letal

Hay una cantidad de proyectos destinados a incrementar los efectos terminales de los

---

56 XM 395. Precision Mortar. ORBITAL ATK. Recuperado de https://www.orbitalatk.com/defense-systems/armament-systems/xm395/docs/109493_08%20XM395%20PGK%20for%20Mortars%20(Approved).pdf

57 CEP - Error circular probable: Valor de probabilidad que indica que el 50 por ciento de los proyectiles disparados por un arma, impactarán dentro de un círculo cuyo Radio es esa medida.

58 Trabajo publidado en TEC 1000 (2016) del CEPTM (Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Moscon) - http://www.ceptm.iue.edu.ar/tec1000/index.html

proyectiles de morteros livianos. A modo de ejemplo, mencionamos el que lleva adelante la empresa **ORBITAL ATK** junto con **SAAB Dynamics**, a requerimiento del US Army. Consiste en un proyectil de mortero calibre 60 milímetros denominado M1061, que emplea en su cabeza de guerra un desarrollo tecnológico aplicado también en munición de artillería, denominado *Lethality Enhance Ordnance (LEO)*[59].

Con él se logra un aumento sustancial en la letalidad, al emplear en el cuerpo del proyectil una matriz compuesta de fragmentos preformados, y como carga un explosivo del tipo "*plastic bonded explosive*" PBXN-110[60]. Todo ello le otorga al proyectil M1061, un efecto de balística terminal similar al de un proyectil 81 milímetros, lo que proporciona un incremento notable en su capacidad, permitiendo cumplir eficazmente misiones de fuego, antes asignadas a armas de calibres mayores.

Si tenemos en cuenta que el peso promedio de un proyectil de 60 milímetros está entre los 1.7 y 2.8 kilos, mientras que el de 81 milímetros pesa entre 4.5 y 6 kilos, resultan evidentes los beneficios operacionales y logísticos de este desarrollo.

c. Sistemas de asistencia a la puntería y el tiro

Además de los sistemas portátiles de procesamiento de los datos de tiro, muy generalizados en el ámbito de los morteros desde hace años, es interesante destacar un proyecto específicamente diseñado para facilitar la entrada en posición de estas pequeñas piezas y el procesamiento de los datos de tiro, asistiendo de esta forma a la capacidad de realizar el "primer disparo" de forma más rápida, lo que permite la ejecución del cada vez más necesario "Shoot-and-scoot"[61].

Este desarrollo denominado WULF *(Weaponized Universal Lightweight Fire-Control)*[62], comenzó en el 2010 con la propuesta de un ingeniero del *Picatinny Arsenal (US Army)*, de dotar a las pequeñas fracciones de un sistema eficiente y portátil de dirección de fuego. Se basó en la integración de los cada vez más pequeños sistemas sensores disponibles, contenidos en un dispositivo de reducidas dimensiones y liviano, que fuera apto y suficientemente portátil como para su empleo por las dotaciones de los morteros de 60 y 81 milímetros. Así se logró desarrollar un robusto, liviano y muy eficiente sistema de control de tiro y asistencia a la puntería, para estas nobles armas de apoyo cercano.

El sistema de control incluye: una computadora, un dispositivo de puntería y un display táctil para asistir al operador. Estos sistemas contienen Giróscopos y acelerómetros MEMs (Micro electro mechanical), además de compás digital y cámara óptica para mejorar la visión hacia adelante. Todo ello con un peso menor a cinco kilos, con prestaciones equivalentes a las que hoy tienen los sistemas de dirección de tiro de los morteros pesados de 120 milímetros, pero con un costo final del producto unas 10 veces menor.

---

59 Lethality Enhance ordnance (LEO): Munición de letalidad mejorada.

60 Plastic Bomded Explosive (PBX): Se fabrica a partir de un explosivo en polvo, que se conforma aglutinándolo en una matriz polimérica, lo cual le confiere especiales propiedades. Entre las más importantes podemos destacar su capacidad de absorber golpes y una menor sensibilidad frente a los esfuerzos termomecánicos, lo cual le otorga mayores estándares de seguridad. Además, al comportarse en cierta forma como un elastómero, puede prensarse y mecanizarse obviamente en rangos de temperaturas controladas.

61 "Shoot-and-sccot": Táctica aplicada por la artillería y los morteros que consiste básicamente en disparar y abandonar rápidamente la posición, de manera tal de ser vulnerables a los fuegos de contra-batería del oponente.

62 Recuperado de http://armytechnology.armylive.dodlive.mil/index.php/2015/01/01/picatinny-engineers-use-advanced-sensor-technologies/

Según sus desarrolladores, una dotación estándar de un mortero de 81 milímetros demora unos cuatro minutos en apuntar y hacer fuego. Empleando WULF, ese tiempo puede reducirse a un minuto. Además, al resultar más rápidas las correcciones entre disparo y disparo, ese tiempo puede reducirse de 20 a 30 segundos e incrementar la posibilidad de hacer varios disparos antes de abandonar la posición.

El proyecto ha aprobado todos los test y evaluaciones requeridos por lo que pasó a la categoría de "*Future Years Defense Program*", asegurando así su financiamiento plurianual. Se estima su producción en baja escala a partir del 2021 y su empleo operacional para el 2022[63].

FIGURA 20: WEAPONIZED UNIVERSAL LIGHTWEIGHT FIRE CONTROL WULF (US ARMY).



NUEVAS TECNOLOGÍAS QUE SE EMPLEAN

Después de haber desarrollado en los puntos anteriores las tendencias más relevantes que se observan en el armamento portátil, no podemos dejar de mencionar algunas **Tecnologías de fabricación** que, luego de varios años de ensayos y experimentación, han superado la etapa de escala de laboratorio, posicionándose con fuerza en la industria del sector Defensa al ofrecer soluciones verdaderamente innovadoras.

A. La fabricación aditiva

1. Consideraciones:

La fabricación aditiva (Aditive Manufacturing-AM) es un novedoso concepto de producción, mediante el cual la materia prima, que puede ser plástico, metal u otras, es depositada en forma de capas sucesivas en un contenedor o recipiente, al ser sometida al efecto de una fuente de energía, (generalmente láser), permite obtener formas geométricas predeterminadas de gran precisión. En la fabricación aditiva (AM) el desarrollador toma un modelo de diseño asistido por computadora (CAD) y lo envía a un equipo especial de AM, que imprime así el objeto en capas sucesivas.

También conocida como "Impresión 3D", esta tecnología emergente viene posicionándose desde hace varios años en el ámbito de la producción seriada de piezas y alcanza excelentes niveles de calidad y precisión en la manufactura. En la *"Additive manufacturing on Aerospace, defense & Space 2017"*, realizada en Londres (Reino Unido) en febrero de 2017 se concluyó: *"Desde que la primera patente fue aprobada en 1984, la fabricación aditiva (AM) ha tenido el potencial de revolucionar el mercado global. El avance de esta tecnología en las últimas tres décadas ha motivado que algunos la llamen "la tercera revolución industrial". En el sector aeroespacial y de defensa, ha aportado soluciones a la cadena de aprovisionamiento y el manejo de los materiales, así como revolucionado los procesos de producción"*[64].

---

63 Recuperado de http://tradocnews.org/tag/weaponized-universal-lightweight-fire-control/

64 Additive Manufacturing on Aerospace, Defense&Space Conference – London UK (2017)."Additive manufacturing: On the cusps of an Aerospace Defense and Aerospace Revolution".

Comparada con otras técnicas de fabricación tradicionales, como la extractiva, el moldeo o la conformación, con AM se reducen enormemente los procesos y los tiempos, al no ser necesario el empleo de equipos o dispositivos intermedios y se demanda menos mano de obra directa. Sumado a ello, al no tener prácticamente "*scrap*" en los procesos, permite importantes reducciones de costos y aumento de las capacidades industriales de producción. En el caso de la industria del armamento, especialmente del militar, algunos países evalúan y analizan el empleo de esta tecnología en la fabricación de componentes diversos.

Particularmente en Estados Unidos y China, sus Fuerzas Armadas exploran activamente el impacto de las tecnologías emergentes, como es el caso de la AM, en la logística de sostenimiento de las operaciones. Sin embargo, en ambos casos existe coincidencia respecto de que todavía no se ha alcanzado un nivel de madurez suficiente, como para que esta tecnología reemplace por completo a la fabricación tradicional. Aún queda mucho por evaluar antes de incorporar en forma generalizada este procedimiento a la cadena de abastecimiento de las tropas, lo cual se estima podría ocurrir en unos 10/15 años.

Por otra parte, pese a los enormes beneficios que se producen desde el punto de vista de la logística de obtención y abastecimiento, el AM presenta algunos problemas concurrentes derivados de su masiva difusión de su empleo en el público general, los que podrían así acceder fácilmente a componentes de armas, que se comprarían en mercados paralelos no regulados. La normativa legal vigente a nivel global también deberá realizar una adecuación a esta nueva tecnología que ha llegado para quedarse.

2. Aditive Manufacturing (AM) en piezas de armas

Podemos afirmar que en la últimas tres décadas, la industria del armamento convencional ha ido realizando una progresiva transición del metal hacia el polímero, para la fabricación de un mayor número de partes de armas. Grandes esfuerzos en Investigación y Desarrollo sobre este campo permiten afirmar hoy que los polímeros se presentan como férreos competidores de los componentes metálicos de armas, por ahora en aquellas piezas que no están sujetas a condiciones extremas de temperatura, presiones, rozamiento o erosión durante el disparo.

Obviamente la resistencia mecánica al corte y a repetidos ciclos de altas temperaturas, son dos exigencias que los materiales como el polímero aún no han podido resolver, por lo que los metales seguirán estando presentes en los componentes vitales de las armas. No obstante ello, mejores prestaciones en piezas no tan solicitadas mecánicamente, menores costos y reducción de pesos han sido algunas de las motivaciones que fundamentan esta tendencia, que ya alcanzó un importante grado de madurez y aceptación, aún en el ámbito militar en el que, por mucho tiempo, los "plásticos" fueron muy resistidos.

Durante años, el método más tradicional de fabricación de piezas que emplean polímeros ha sido el *"Metal Injection Moulding" (MIM)*, que garantizaba bajos costos y altos estándares de producción. Podríamos considerar precursora de esta tendencia a la famosas pistolas Austríacas *Glock*, que con su modelo 17 en la década de los 80, revolucionó el mercado de las armas de puño y como vimos anteriormente, ya ha ganado un merecido lugar en el campo de la seguridad y defensa.

Con el advenimiento de la producción aditiva, su aplicación a la fabricación de piezas de armamento portátil comenzó tímidamente con pequeños componentes, tales como cachas de empuñaduras, guardamanos de fusiles, alzas y guiones, expandiéndose progre-

sivamente a otras piezas más relevantes como cargadores, armaduras de pistolas (Frame), cajones de mecanismos de fusiles (Lower Receiver).

Relacionado con esto último, en Estados Unidos se puede observar una enorme difusión de componentes, especialmente de fusiles de asalto AR 15, en el mercado civil de los aficionados a las armas, por la posibilidad que genera la "customización" de estas. Como se verá más adelante, ello ha generado también un serio problema que afecta a la seguridad, debido a la dificultad de seguimiento y control del destino final de estos componentes.

FIGURA 21: LOWER RECEIVER DE POLÍMERO PARA FUSIL AR 15. (VERSIÓN CIVIL M16/M4), FABRICADO POR ADDITIVE MANUFACTURING (AM)

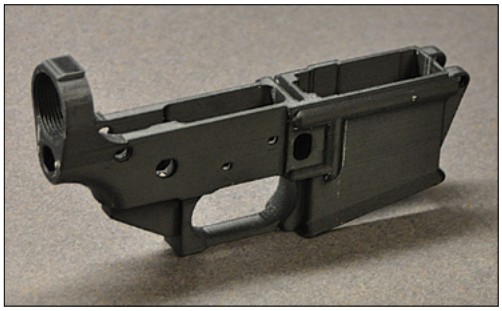


FIGURA 22: PISTOLA COLT 1911 FABRICADA ÍNTEGRAMENTE CON IMPRESIÓN 3D (AM) DE METALES



Podemos destacar, como un hecho promisorio acerca de las capacidades futuras del 3D printing, el caso de la empresa ***SOLID CONCEPTS Inc.*** Esta fabricó una réplica funcional de la afamada pistola COLT 1911, íntegramente con esta tecnología, pero empleando un equipo EOSINT M270 Direct Metal 3D Printer, que imprime metales en lugar de polímeros.

La citada pistola funciona en perfectas condiciones y la empresa confirma haber realizado más de 4000 disparos con ella. El equipamiento empleado así como los altos costos de la materia prima, hacen inviable aún la comercialización de este producto que tiene un costo final de 10:1 frente al original. Sin embargo, la fabricación integral de las piezas de un arma y su funcionamiento permitieron validar el empleo de la tecnología AM de metales para su empleo en armas de fuego.

Otro caso de interés a mencionar en componentes de armas, si bien no se trata de la AM más tradicional, es la técnica de fabricación denominada "*3D Weaven Composites*"[65]. Es una evolución del laminado tradicional en 2D de materiales compuestos, que comenzó a ser ensayado en la fabricación de placas bases de mortero hace ya algunos años. Se comprobó que con "*3D weaven*", se lograba obtener una sensible reducción del peso, con mejores propiedades mecánicas y resistencia que las piezas de aluminio. Para ampliar esta información puede consultarse un interesante artículo en *http://www.textileworld.com/* [66].

---

65 3D Weavven Composites: Si bien no tiene una traducción literal, podemos decir que se trata de un proceso de fabricación con el que se obtiene un "tejido en 3D de materiales compuestos", a diferencia del AM que consiste en la aplicación de capas sucesivas de material.

66 3D Weavven Composites: Recuperado de http://www.textileworld.com/textile-world/nonwovens-technical-textiles/2014/03/3-d-woven-composites-a-novel-application-3/

3. AM en piezas de munición

Si bien el empleo de la fabricación aditiva ya lleva años empleándose en proyectos de cohetería y misiles, principalmente para partes de ojivas o componentes de los elementos de sustentación, su uso en proyectiles de artillería y morteros no era habitual. El procedimiento más tradicional para la fabricación de este tipo de proyectiles demanda grandes prensas de forja (Recalcado, embutido y ojivado) y equipamiento para el mecanizado final, lo que asegura calidad en el producto terminado. Pero todo ello demanda importantes instalaciones industriales específicas, genera altos costos y ciertas limitaciones cuando son requeridos grandes volúmenes de fabricación.

Sin embargo, desde 2016 el Cuerpo de US Marines se encuentra trabajando en un proyecto para fabricar cabezas de guerra de proyectiles, completamente con "*3D printing*". El objetivo principal del proyecto es obtener una munición con mayor efecto letal y que aporte beneficios frente a las ojivas convencionales. Este sistema permite fabricar la cabeza de guerra de los proyectiles, con diseños interiores y exteriores específicos, de manera tal que generen un determinado patrón de fragmentación, mejorando así sus efectos de balística terminal, fundamental en los proyectiles de tiro curvo.

FIGURA 23: PROYECTILES MOR 81MM CON IMPRESIÓN 3D (AM) DE METALES



Lograr patrones de fragmentación controlada, empleando los métodos tradicionales de fabricación resulta costoso y lento, pero con AM es posible. Los beneficios de disponer de una cabeza de guerra que se comporte de una manera deseada y controlada al fragmentarse resulta un avance muy importante al mejorar los efectos sobre determinado tipo de blancos y a la vez reducir el daño colateral en un entorno de combate urbano[67].

4. Un proyecto: AM para el lanzagranadas M203

En junio de 2013, científicos e ingenieros de Picatinny Arsenal - New Jersey (Estados Unidos) presentaron oficialmente un lanzagranadas de calibre 40 milímetros y su munición de ejercicio que fueron fabricados casi íntegramente AM. El objetivo era demostrar la aplicabilidad de esta tecnología para la fabricación de armas livianas, normalmente demandadas en grandes series, validando así un nuevo concepto de ingeniería de desarrollo y fabricación[68].

El lanzagranadas impreso fue el modelo M203 y la granada fue la M781 "Training" de 40 milímetros. Se seleccionó este modelo de lanzagranadas monotiro y su munición, por tratarse de un arma relativamente sencilla, que no presenta grandes exigencias de presiones, temperaturas, velocidades, fricciones ni erosión en el disparo, como podría ser el caso

67 Recuperado de Fuente: http://www.military.com/daily-news/2016/09/29/marines-conducting-tests-with-3d-printed-munitions.html

68 Recuperado de https://medium.com/@RDECOM/army-fires-ammo-grenade-launcher-created-with-3-d-printing-2f8b12aacd53

de armas portátiles automáticas. De las 50 piezas componentes del modelo, prácticamente el 90 por ciento fueron fabricadas con una máquina y en un tiempo de 35 horas.

Según los desarrolladores, las **etapas siguientes** del proyecto serán:

1. Lograr la fabricación de los propulsantes del cartucho con AM.
2. Que la totalidad de las piezas sean fabricadas, respetando los materiales que originalmente tienen tanto el arma como su cartucho (aluminio, acero, plásticos, etc.)[69]. De esa forma, se integrarían en la línea de producción, equipos de AM que procesen metales, con otros que procesen plásticos u otros materiales.

FIGURA 24: LANZAGRANADAS 40MM FABRICADO CON ADDITIVE MANUFACTURING (AM). INCLUYE COMPONENTES DE METAL Y POLÍMERO



Este tipo de desarrollo y la implementación de una moderna tecnología de fabricación como el AM constituyen un paso significativo en el camino hacia la reducción del tiempo que los ingenieros necesitan para investigar, desarrollar y fabricar municiones y armas.

5. AM y los beneficios que aporta a la logística Militar

Hace ya varios años el cuerpo de **US MARINES,** estudia incorporar a sus Unidades Logísticas equipos de AM en los Batallones de Mantenimiento en operaciones. El proyecto denominado **X - Fab "Expeditionary Fabrication"** consiste en un contenedor plegable de 7x7 metros, que puede llevar hasta cuatro equipos de AM y un scanner necesario para el relevamiento de nuevas piezas. Operado por cuatro especialistas y con un peso de cinco toneladas, ya ha sido agregado para su despliegue operacional, al C7912 "Taller Móvil de mantenimiento", complementando así a las fresadoras, tornos y perforadoras tradicionales. Esto otorga la capacidad de "fabricación rápida" de partes en el Nivel de Batallón y, así, se reduce la carga logística que implica llevar gran cantidad de repuestos, que ahora podrán estar disponibles en pocas horas[70].

Por su parte, la **Armada de China (PLA)** ha instalado sistemas de AM en algunos de sus buques para producir pequeños repuestos vitales para la flota. China lleva más de 15 años empleando AM en el ámbito militar, pero hasta ahora su utilización estaba orientada a la industria aeronáutica y espacial. Se tiene conocimiento de dos casos concretos de aplicación de AM en operaciones militares. En uno de ellos, el destructor Type 052D "HARBIN" se encontraba patrullando el Mar Arábigo y sufrió la rotura de un engranaje de la transmisión de una de sus hélices[71]. La disponibilidad del equipamiento citado en el buque, permitió

69 Recuperado de https://medium.com/@RDECOM/army-fires-ammo-grenade-launcher-created-with-3-d-printing-2f8b12aacd53

70 Recuperado de http://www.upi.com/Defense-News/2017/08/16/Marine-Corps-testing-mobile-3D-printing-lab/2121502882015/?st_rec=9971503519630.

71 Recuperado de https://3dprint.com/35981/china-pla-navy-3d-printing/

solucionar en escasas horas lo que hubiera sido un problema crítico para la continuidad de la operación[72].

Teniendo en cuenta estas experiencias, muchos países están implementando sus proyectos específicos, por lo que podemos afirmar que el AM acompañando el despliegue operacional de las Fuerzas, constituye una capacidad logística verdaderamente revolucionaria, que todos los ejércitos se esfuerzan por incorporar.

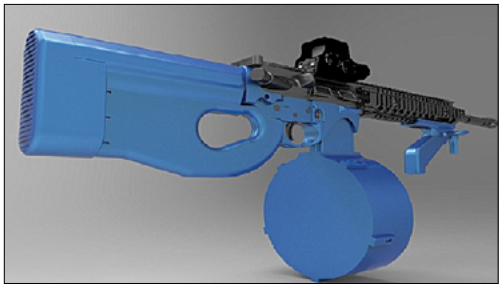
6. AM: Un problema de seguridad relacionado

Pese a los enormes beneficios que aporta esta novedosa tecnología en el campo de la logística de obtención y abastecimiento, su crecimiento exponencial y, por sobre todo, la difusión masiva del AM entre particulares, para la producción unitaria o en pequeña escala de piezas diversas, presenta serios problemas que afectan directamente a la seguridad de los países.

En mayo de 2013 un ciudadano de Estados Unidos, Cody Wilson presentó la primera arma fabricada completamente en AM a la que llamó *"The Liberator"*, una pistola monotiro que podía disparar cartuchos calibre .380 ACP[73]. La información técnica para fabricarla se expandió rápidamente por la web y pese a que fue removida, ya había cientos de ellas fabricadas por aficionados a un costo de sólo nueve dólares en materia prima. Este desarrollo, su sugestivo nombre y la accesibilidad ente particulares generaron verdadera conmoción entre las autoridades. Planteaba un problema grave relacionado con la seguridad, pero generaba además un debate acerca de las restricciones a las libertades individuales que podían ser aplicadas a los ciudadanos y cómo implementar un control efectivo sobre una capacidad de fabricación, ahora disponible para el público en general. ¿Era un simple juguete inofensivo? ¿Era sólo un hobby de un grupo de aficionados a las armas y a esta nueva tecnología de fabricación?[74]

Lo cierto es que en poco tiempo comenzaron a aparecer nuevos diseños: pequeñas pistolas tipo "*Derringer*" de dos disparos, algunos revólveres de caños rotativos, e incluso una carabina monotiro para calibre 22lr. Con la difusión en la web de videos que exponían prototipos "que disparaban", se confirmaba así la posibilidad de obtener un arma fuera del circuito regulado de control de las mismas[75].

FIGURA 25: COMPONENTES DE FUSIL DE ASALTO FABRICADOS CON ADDITIVE MANUFACTURIN- AM



La proliferación del comercio ilegal en la "*dark web*"[76] de componentes de armas resulta de gran interés para organizaciones de-

72 Recuperado de https://3dprint.com/35981/china-pla-navy-3d-printing/

73 .380 ACP: Se trata de un cartucho de arma corta en calibre 9x17mm, también conocido como "9 corto" .

74 Interesante video sobre "The Liberator": https://youtu.be/DoPVe7MiY1w

75 "La población civil y la capacidad de fabricar componentes de armas". Interesante video sobre el tema: https://youtu.be/IylGx-48TUI.

76 Dark Web: "Internet oscura". Se denomina así a una pequeña parte de la "web profunda" (Aquella a la que los buscadores tradicionales no pueden ingresar), pero que además tiene filtros especiales que deliberadamente limitan el acceso a ciertos usuarios. Se ingresa mediante buscadores más sofisticados y programas especiales. Normalmente empleada por delincuentes para la realización de acciones ilícitas y comercialización de efectos prohibidos. Recuperado de https://brightplanet.com/2014/03/clearing-confusion-deep-web-vs-dark-web/

lictivas y el terrorismo, las que de esta manera encuentran una forma sencilla de acceder a armas de fuego, bajo la cobertura de simples "Hobbystas". Según un informe producido por *RAND Europe* y la Universidad de Manchester, de **julio de 2017** se han detectado 12 "*cryptomarkets*" que comercializan desde archivos CAD para la fabricación de piezas, hasta instrucciones detalladas de fabricación de componentes y ensamble de las armas, todo ello por un par de decenas de dólares.[77]

La facilidad de obtención de componentes de armas ya había sido expuesta además por la organización Europea *SMALL ARMS SURVEY*[78]. En **octubre de 2014,** esta presentó ante la *"UN First Committee on Disarmament and International Security"*, un informe denominado "*Behind the curve: New technologies, new control Challenges"*[79] en el que advertía acerca del impacto de estas nuevas tecnologías sobre la capacidad de registro y control de armas y sus componentes, así como la facilidad de transformar réplicas de armas en armas operativas con el riesgo que todo ello conlleva. Si bien se reconoce que en su estadio actual, la aplicación de esta tecnología en la fabricación de armas funcionales aún no ha alcanzado un grado de maduración suficiente como para resultar una amenaza global, se estima que en no más de una década sí podría serlo.

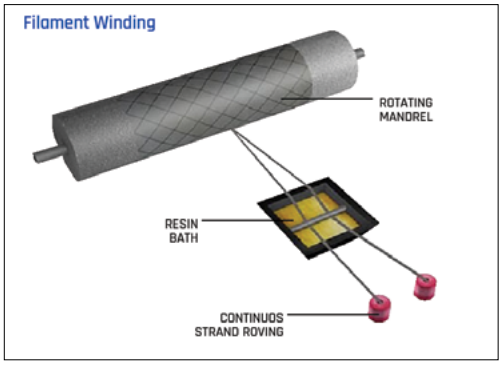
Todo un desafío que deberá ser resuelto en el corto plazo y que genera gran preocupación en el ámbito internacional, a la luz de los atentados cometidos a nivel mundial por el terrorismo global.

B. El Filament Winding (FW)

1. Introducción

El proceso de fabricación denominado *"Filament winding (FW)"* es una técnica para producir componentes estructurales generalmente cilíndricos, que lleva más de 40 años de uso. Muy utilizado en la industria civil, en el ámbito militar se ha empleado para la fabricación de ciertos componentes de armas que no presentan grandes exigencias mecánicas, tales como contenedores de munición, tubos lanzadores e incluso cuerpos de pequeños cohetes y armas antitanque portátiles, en los cuales la reducción del peso resulta vital. El FW consiste básicamente en la utilización de fibras de materiales especiales, las que avl ser extraídas de una bobina son pasadas por un recipiente que contiene algún tipo especial de resinas. Una vez que han sido impregnadas en ella, esas fibras son devanadas alrededor de un mandril rotativo, con un determinado patrón de tensión y orientación debidamente programado, mediante el empleo de algún sistema de CNC.

FIGURA 26: EQUIPO DE FILAMENT WINDING (ESQUEMA BÁSICO)



77 Recuperado de http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4717586/Cyber-criminals-selling-instructions-3D-printing-guns.html

78 Recuperado de http://www.smallarmssurvey.org/de/about-us/mission.html .

79 Recuperado de http://www.smallarmssurvey.org/fileadmin/docs/B-Occasional-papers/SAS-OP32-Behind-the-Curve.pdf

La **orientación** y, en especial, la **tensión de la fibra** resultan decisivas en el proceso, ya que la compactación de la misma es obtenida por efecto de esa tensión, favorecida además por la acción de las resinas y los diferentes tratamientos térmicos de curado durante el proceso. Todo ello da lugar a determinados valores de porosidad y densidad del material compuesto, que condiciona las características del producto final. Se suelen emplean fibras de: vidrio, carbono, aramídicas, etc. Las resinas pueden ser: epoxy, fenólica, ester polyvinil, polyester, etc.

Tensión y patrón de devanado, **calidad** de las resinas y un riguroso **proceso de curado** del conjunto resultan factores clave en el proceso[80]. La estructura de material compuesto obtenido presenta propiedades mecánicas sorprendentes, con el beneficio principal del menor peso de esos componentes estructurales cilíndricos.

En síntesis, FW es un procedimiento de fabricación suficientemente probado, que mantiene su vigencia gracias a los avances en Investigación y Desarrollo de materiales y procesos de fabricación de fibras de gran resistencia y propiedades mecánicas que superan en algunos caso a los metales.

Se describen a continuación algunos empleos en la fabricación de armamento portátil.

2. FW para tubos cañón de armas con fibra de carbono

La fabricación de cañones de armas en general siempre ha sido un ámbito restringido al empleo de aceros de altas prestaciones mecánicas. Las grandes presiones, temperaturas y efectos erosivos que sufre el ánima de un cañón de arma de fuego automática, concurrentes en tiempos extremadamente breves durante el disparo no hallaron hasta ahora otras soluciones económicamente viables fuera del empleo de los metales, fundamentalmente aceros de alta aleación. Estos garantizan una alta durabilidad y resistencia a la erosión, especialmente el caso de las armas automáticas de empleo militar que demanda una vida útil de decenas de miles de disparos.

Sin embargo, resulta interesante mencionar como verdadera novedad, la aplicación del FW en la fabricación de tubos cañón de armas portátiles. El empleo de fibras de carbono, cuyas propiedades mecánicas y comportamiento frente a las altas temperaturas, han sido extensamente probadas en la industria aeroespacial, promovió la Investigación y Desarrollo en este campo. En los últimos años, fundamentalmente la necesidad de reducción de los pesos en todos los componentes de equipos que debe llevar el soldado individual promovió proyectos para la aplicación del FW en tubos cañón de pequeñas armas.

Uno de los casos destacados es el de la empresa de EUA **PROOF Research**, la que desarrolló y ofrece en su cartera de productos una muy interesante variedad de alternativas para su empleo en cañones de fusiles de precisión en calibres desde .223Rem hasta el .300WM.[81]

Esta empresa es la única que ha sido testeada y aprobada por el US ARMY como proveedora de cañones de armas portátiles con tecnología de fibra de carbono. Estos están construidos con un interior de acero inoxidable, recubierto exteriormente con fibras de carbono de grado aeronáutico, las que además están embebidas en resinas de uso aeroespacial muy resistentes a altas temperaturas.

---

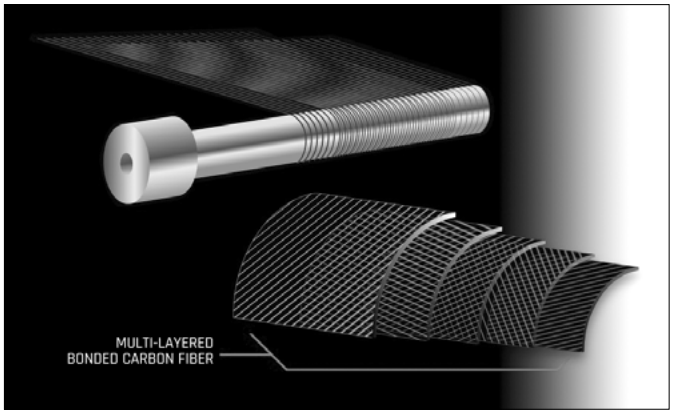
80 Filament winding: Recuperado de http://nptel.ac.in/courses/112107085/module5/lecture7/lecture7.pdf

81 Recuperado de https://www.proofresearch.com/the-products/barrels/

La empresa afirma que sus cañones son un 60 por ciento más livianos que sus equivalentes de acero, a iguales dimensiones en diámetro y longitud. Afirma, además, que se garantiza una mayor vida útil de estos, debido a una mejor disipación de la temperatura producida por disparos sucesivos, así como una menor dispersión en los impactos al no depender ella de las temperaturas altas o bajas del cañón[82]. Cabe aclarar que un aspecto no deseado que afecta el punto de impacto en los cañones de acero es la inconsistencia de los disparos por efecto de los cambios de temperatura, lo que no ocurre con los cañones de fibra de carbono.

Esta tecnología da como resultado productos de muy alta calidad, pero que aún resultan onerosos para su empleo militar generalizado. Su mayor difusión se da entre tiradores especiales militares y de seguridad, además de tiradores deportivos en el ámbito civil, específicamente en lo que suele llamarse *"Long range Shooting"*. Sólo a modo de ejemplo, un simple tubo cañón en calibre 7.62 milímetros fabricado en estos materiales tiene un valor del orden de los 1.000 dólares, lo cual por ahora lo hace inviable para un arma militar de empleo masivo[83].

FIGURA 27: TUBO CAÑÓN DE FUSIL CON MATERIALES COMPUESTOS (ACERO – FIBRA CARBONO) FABRICADO POR FILAMENT WINDING



No obstante ello, podemos afirmar que el empleo de tubos cañón de materiales compuestos *fibras – metales* y la aplicación de un proceso de fabricación suficientemente probado como es el FW, constituye un logro tecnológico destacado en la optimización de prestaciones y performance de las armas, que con nuevos materiales y menores costos finales, probablemente redefinirá el futuro de los tubos cañón de armas de fuego.

3. FW para Tubos de morteros y armas antitanque

La aplicación de esta tecnología en la fabricación de morteros lleva ya varios años. Ampliando lo ya expresado anteriormente en *"Tendencias y Nuevos proyectos de Morteros Livianos"*, en la década de los 90, CITEDEF[84] desarrolló un mortero de 81 milímetros en fibra de carbono. El tubo y la placa base del arma eran de fibra de carbono de uso aeronáutico, mientras que para el afuste, por la complejidad de sus mecanismos móviles, se mantuvo el original en metal. A partir de 2010 en **CITEDEF** (*Departamento Propulsión*) se comenzó a desarrollar un equipo "prototipo" de FW y el EA implementó un proyecto de Mortero ultraliviano de 60 milímetros **(MORUL)**, para explorar las opciones de empleo tanto como arma

82 Recuperado de https://www.proofresearch.com/the-products/barrels/ .

83 Fuente: Recuperado de https://www.proofresearch.com/the-products/barrels/bolt-action-cf-barrels/

84 CITEDEF (Ex CITEFA): Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa. (República Argentina)

descartable (cinco disparos) o como arma permanente para disparos en bajas cargas[85]. Ese desarrollo permitió incorporar conocimientos y adquirir experiencia en este moderno sistema de fabricación, los materiales y los procesos asociados, siguiendo la tendencia en países desarrollados de avanzar en la implementación de morteros de materiales compuestos. El proyecto del *Picatinny Arsenal,* de un mortero de 81 milímetros que mantiene como ánima del tubo un cilindro de titanio de escaso espesor (0.6 milímetros) con un refuerzo en la recámara de otro cilindro de acero de 100 milímetros de largo y 1.4 milímetros de espesor y todo el conjunto recubierto con fibra de carbono aplicada mediante FW es un caso de gran interés para tomar como referencia[86].

Respecto de su empleo en armas antitanque, durante años se han utilizado plásticos en la producción de tubos lanzadores, fabricados generalmente por extrusión y moldeo, debido a los menores costos de fabricación y altos estándares de producción.

La limitación del FW continúa siendo la *variable tiempo* de fabricación, que todavía juega a favor de otros métodos de producción más tradicionales. Por similitud a lo expresado con la producción aditiva (AM), en ambos casos, el tiempo requerido para el proceso y los costos de las materias primas, hacen que estos sistemas de fabricación de calidad excepcional, aún estén restringidos a requerimientos de alta tecnología o a escala de prototipo. No obstante ello, el FW muestra hoy avances en el equipamiento específico, los procesos y materiales, así como una creciente aceptación entre los usuarios y se posiciona como una excelente opción en la búsqueda de menores pesos y óptimas prestaciones.

PATENTES

Para el presente trabajo, en el marco de la tarea de Vigilancia Tecnológica que realizamos sistemáticamente en el CEPTM "Mosconi", recurrimos a herramientas de búsqueda de información disponibles en la web y que resultan de gran utilidad. Particularmente para la búsqueda de *Patentes*, empleamos algunas de esas herramientas en sus versiones de acceso libre y gratuito, tales como: ***Espacenet, Patent Scope, Depatisnet, LENS, Google Patents,*** entre otras. A modo de ejemplo, citamos solo algunas de las innumerables patentes disponibles, de interés particular con el tema desarrollado de las armas portátiles. Para quien desee consultarlas, se ha agregado el correspondiente ***Patent Number.***

a. Safe action: *Trigger safety lock for pistols and trigger assembly (2003).*
Mecanismo de disparo de las pistolas Glock que elimina los seguros externos de las armas, mediante un sistema de seguro de accionamiento en la cola del disparador.
> Patent Number: US 20030213159 A1

b. ***Pistol with a rotary barrel (2017):*** Mecanismo de cierre con cañón rotativo desarrollado para las pistolas Glock. Reduce el retroceso y mejora la precisión del arma, respecto de su diseño original.
> Patent Number: US 20170198993 A1

---

85 Bajas cargas en el caso de un mortero de 60 milímetros se suelen denominar así a la Carga 0 (Proyectil + Cartucho de propulsión solo) y Carga 1 (Proy + Cart Prop + 1 carga suplementaria). Estas cargas dan como resultado valores de Velocidades iniciales de entre 70 y 100m/s y Presiones de cámara máximas de 200Kg/cm2

86 Littlefield Andrew. US ARMY RDCOM. (2015). "Lightweight of large caliber weapons, present and future". Recuperado https://ndiastorage. blob.core.usgovcloudapi.net /ndia/2015 / armament/tues 17342_ Littlefield.pdf

c. ***Mortar Round Glide kit (2012):*** Kit que permite transformar una munición convencional de mortero en un proyectil guiado con capacidad de planeo.
> Patent Number: US 8237096 B1.

d. ***Mortar projectile with guided deceleration system for delivering a payload (2016):*** Proyectil de mortero que dispone de un mecanismo de desaceleración que le permite ser usado para "entregar" pequeñas cargas a distancia.
> Patent Number: US 9500454 B1

e. ***High thermal conductivity light weight gun barrel (2014):*** Cañón liviano con alta conductividad térmica para armas de fuego. Cañón de materiales compuestos que incluye un ánima de acero de bajo espesor, encamisado dentro de otro cilindro de nickel y todo el conjunto reforzado estructuralmente con fibras de carbono con resinas epoxi.
> Patent Number: CN 203798247 U

f. ***Systems and methods for composite gun barrel (2016):*** Sistemas y métodos de fabricación de tubo cañón de arma de fuego de material compuesto. Esta patente describe pormenorizadamente las características y disposición de los materiales de cada una de las diferentes capas que componen un cañón de este tipo. Describe, además, diferentes alternativas de disposición de los materiales y orientación de las fibras que se emplean.
> Patent Number: US 20160363402 A1

g. ***Lightweight Composite Mortar barrel (2016):*** Tubo de mortero de material compuesto que emplea capas de diferentes materiales dispuestos concéntricamente a lo largo del mismo. Se emplean aleaciones de metales refractarios, todo ello recubierto con fibras embebidas en resinas especiales.
> Patent Number: WO 2016160308 A1

h. ***Method of making polymer ammunition cartridges (2016):*** Método de fabricación de vainas de munición de polímero. Esta patente ofrece alternativas para solucionar los inconvenientes que hasta ahora han presentado otros proyectos llevados a cabo para el reemplazo de las tradicionales vainas metálicas en armas de fuego portátiles.
> Patent Number: US 9506735 B1

La búsqueda sistemática y ordenada de patentes es una poderosa herramienta de obtención de información que permite, a través del análisis de estas, conocer cuáles son las nuevas tecnologías y tendencias a nivel mundial. En el caso particular de nuestro trabajo de armamento portátil, observamos un *"esfuerzo inventivo"* orientado hacia: reducción de peso de componentes de armas y municiones; nuevos materiales y procesos de fabricación; mecanismos para optimizar el funcionamiento de determinados sistemas de armas; sistemas de guiado de munición orientado cada vez más hacia los menores calibres; tecnologías y materiales para una mejor disipación de la temperatura, en especial para las armas automáticas; tendencia hacia el empleo de componentes de polímero en reemplazo de los aceros, entre otros.

MERCADO: SITUACIÓN GLOBAL Y PROYECTOS REGIONALES

A. Principales países que participan en el mercado del Armamento portátil

No resulta sencillo obtener información precisa acerca de las inversiones que realizan los países para el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías que tengan relación directa con el armamento portátil de uso militar y seguridad. La información disponible proveniente de fuentes confiables consolida globalmente los mercados militar y civil, pero incluye además los movimientos de stocks de armamento "surplus", que son comercializados a países en conflicto o con "necesidades urgentes". A todo ello se agrega el mercado *"no registrado"* de armas, muy difícil de mensurar y que obviamente no consta en los reportes oficiales. Lamentablemente, para abastecer las necesidades de los conflictos "no convencionales", en muchos casos el armamento portátil se comercializa por esos canales irregulares.

Por ello, dadas las limitaciones de extensión del presente trabajo, realizamos algunas consideraciones acerca del mercado global, a partir de la información existente de los países con **mayor participación en ventas** (Figura 28), así como también los países con **mayores inversiones** (figura 29) en adquisición y modernización de sistemas para la Defensa.

FIGURA 28: PAÍSES QUE LIDERAN EL MERCADO GLOBAL DE SISTEMAS PARA LA DEFENSA. (2011-2015)

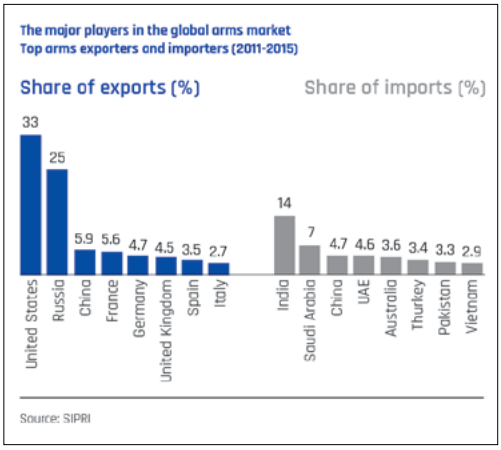
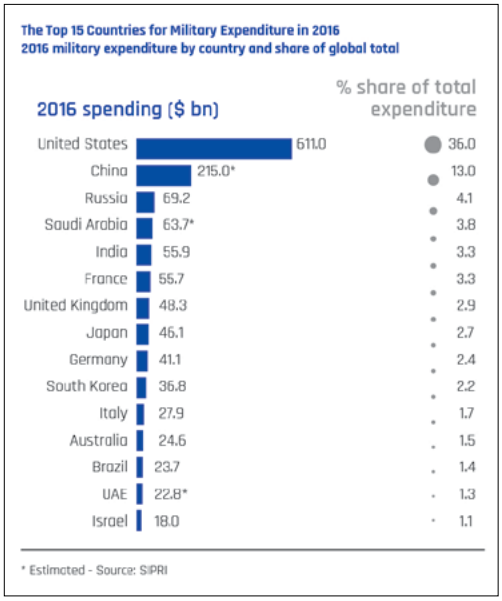


FIGURA 29: PAÍSES CON MAYORES INVERSIONES EN ADQUISICIÓN DE SISTEMAS PARA LA DEFENSA. (2016)



Un trabajo muy detallado sobre el particular, es el *"Conventional Arms Transfers to Developing Nations 2008-2015"* producido por el Congressional Research Service (diciembre de 2016)[87]. Considerado por muchos expertos como el más completo y claro reporte "no clasificado" de las ventas globales de armamento convencional proporciona información de gran valor para el Sector Defensa.

87 Congressional Research Service. "Conventional arms transfers to developing Nations". (2016). Recuperado de https://fas.org/sgp/crs/weapons/R44716.pdf.

Un aspecto interesante para destacar es que del monto total de ventas producidas en un determinado período (2012 / 2015), el **81 por ciento** de estas fueron destinadas a países "En desarrollo - Developing Nations (DN)"[88].

En valores económicos, el total de ventas a **DN** en ese período fue de **134 billones de dólares.** Estados Unidos y Rusia son los países líderes en este mercado con el **52 por ciento** de ese total de ventas[89].

Del análisis de los cuadros citados anteriormente y de la interpretación de noticias en relación con los proyectos que se llevan adelante, observamos que los países líderes en desarrollo de grandes sistemas (buques, blindados, aeronaves, misiles, defensa aérea, sistemas de artillería, etc), en ningún caso descuidan su **"industria menor"**, o sea la de las armas portátiles y su munición.

Estados Unidos, Rusia, China, Francia, Alemania, Gran Bretaña, Israel, Italia, Suecia, India y Turquía, todas ellas participan en mayor o menor grado en el desarrollo de "grandes sistemas de armas" y, además, incursionan o participan muy activamente fabricando y comercializando componentes o subsistemas en el campo de las armas portátiles. Según lo informado por el *"Stockholm International Peace Research Institute – SIPRI",* los cinco primeros concentran el 74 por ciento del mercado total de armas[90].

Pero también es interesante analizar casos como el de **Suecia** y su empresa **SAAB**. Líder indiscutido en el desarrollo de sus afamadas armas antitanque Carl Gustaf, NLAW y AT4, o sus MANPADS[91] RBS70, también participa activamente en el mercado aeronáutico con sus modernos cazabombarderos SAAB 39 - GRIPPEN. Otro caso es el de **España**, que se ha enfocado en determinados "nichos de mercado" específicos, como puede ser el de las armas Antitanque (**Instalaza**) y los morteros (**EXPAL**). Algo similar ocurre con **Israel**, que se ha especializado en electrónica de avanzada para los sistemas de control-tiro de blindados, o los reconocidos misiles antitanque de la familia SPIKE, sistemas de defensa aérea, drones con capacidad letal, protección activa para blindados (TROPHY), así como una variada producción de armamento portátil, con sus prestigiados fusiles GALIL, TAVOR y las ametralladoras livianas NEGEV. Y todo ello "probado en combate".

Teniendo en cuenta que en el presente trabajo destacamos la proliferación de *conflictos del tipo irregular,* resulta de interés citar lo informado por **SIPRI**, acerca de que se han detectado *ocho importantes grupos rebeldes compradores de armas* en el período 2011/2015. Sin embargo, ninguno de ellos ha adquirido armamento por montos superiores al 0.02 por ciento del total consolidado[92].

Ello permite deducir que la proliferación de armas en grupos irregulares, que parece poco significativa en términos económicos, genera sin embargo un enorme esfuerzo operacional, logístico y en vidas humanas, para países que conforman coaliciones y despliegan sus organizaciones militares para hacer frente a esta amenaza global.

---

88 El informe citado anteriormente, clasifica a los países incluidos como "Developing Nations" a todos los países excepto: EUA, Rusia, Comunidad Europea, Canadá, Japón, Australia y Nueva Zelanda.

89 Congressional Research Service. "Conventional arms transfers to developing Nations". (2016). Recuperado de https://fas.org/sgp/crs/weapons/R44716.pdf

90 SIPRI Yearbook 2016. "Armaments, disarmament and international security" (2016). Recuperado de https://www.sipri.org/sites/default/files/YB16-Summary-ENG.pdf

91 MANPADS: Man Portable Air Defense System.

92 Recuperado de SIPRI Yearbook 2016. "Armaments, disarmament and international security"

Sólo a modo de ejemplo, aproximadamente el 60 por ciento de las 3500 bajas sufridas por la Coalición en Afganistán (2001/2017), han sido por efecto de IEDs y enfrentamientos con pequeñas armas como fusiles, ametralladoras, armas antitanque y morteros[93]. Se trata de una información no muy conocida, pero que resulta de gran interés cuando se deben tomar decisiones acerca de asignaciones presupuestarias específicas.

B. Principales Proyectos / desarrollos de Armamento portátil en el marco regional

1. **Brasil:** Su empresa estatal IMBEL. En los últimos años ha desarrollado una nueva familia de fusiles de asalto IA2 en calibres 7.62 y 5.56 milímetros, de fabricación íntegramente nacional, en remplazo de los IMBEL - FAL (Lic FN). Ha desarrollado además un kit de conversión para las armas citadas, en calibre 22lr para fines de adiestramiento. Continúa la modernización de sus líneas de producción de munición de amas portátiles, de morteros (60 a 120 milímetros) y de artillería (105 y 155 milímetros)[94].
2. **Chile:** Su empresa estatal FAMAE (Fábricas y Maestranzas del Ejército). Lo más destacado de sus desarrollos en el rubro, es la instalación de línea de montaje del moderno fusil GALIL ACE, bajo licencia IMI (Israel) en calibre 5.56 milímetros. Continúa además con la modernización de fusiles SIG 540 y 542 (Austria). Avanza en mejoras a las capacidades de producción de sus líneas de munición en calibres7.62 y 5.56 milímetros[95].
3. **Perú:** Su empresa estatal FAME (Fábrica de Armas y Municiones del Ejército) lleva adelante contratos para el montaje de modernas pistolas de uso militar y seguridad, que emplean componentes de polímero. Estas armas son: CZ P – 09 (Ceska Sbrojovka – Checoslovaquia) y la HS 9 (HS Produkt – Croacia). Desde hace unos años, este país se encuentra gestionando el reemplazo de sus fusiles de asalto FN FAL. Algunas medidas han sido la adquisición de una importante cantidad de modernos fusiles SCAR (FN – Bélgica), uno de los mejores exponentes en cuanto a modularidad e innovación en su diseño, con la finalidad de realizar rigurosas pruebas operacionales. Continúan además mejorando las capacidades de producción en sus líneas de munición calibres 7.62 y 9 milímetros[96].

C. Principales Proyectos / Desarrollos nacionales de armamento portátil

1. **DGFM:** La empresa estatal de Defensa lleva adelante, a requerimiento del EA, el proyecto de modernización del fusil FAL, aún en escala de prototipo y en etapa de evaluación. Durante el año 2016, se anunció un posible Contrato con la firma BERETTA (Italia), para el montaje de una línea de fabricación de pistolas PX4 (Cal 9 milímetros) y fusiles ARX 200 (Cal 7.62 milímetros)[97]. Ambas armas de moderna concepción y diseño, son modulares[98] y emplean polímero en muchos de sus componentes, lo cual reduce su peso siguiendo las tendencias actuales en el rubro. Se desconoce el estado actual del citado proyecto que permitiría la renovación de los fusiles y pistolas provistos actualmente y que tienen más de 50 años de servicio.

---

93 Fuente: casualties.org. Recuperado de: http://icasualties.org/OEF/index.aspx

94 Recuperado de http://www.imbel.gov.br/index.php/#produtosscroll

95 Recuperado de http://www.famae.cl/armamento-menor/

96 Recuperado de http://www.famesac.com/productos-y-servicios-2/armas/200-hs-produkt

97 Recuperado de http://www.infodefensa.com/latam/2016/12/13/noticia-fabricaciones-militares-argentina-fabricara-armamento-italiano-licencia.html

98 Posibilidad de distintas configuraciones en calibre y largo de cañón, así como la opción de agregado de accesorios.

Como se mencionó anteriormente, el desarrollo de **morteros ultralivianos** de 60 milímetros, de materiales compuestos, que el EA lleva adelante con la participación de CITEDEF, es otra interesante alternativa que se debería continuar.

El proyecto de **blindajes cerámicos compuestos** multicapa, iniciado en CITEDEF y actualmente en el ámbito de la Escuela Superior Técnica del Ejército, ha alcanzado un grado de desarrollo tal, que permitiría avanzar hacia la fabricación nacional de paneles balísticos cerámicos compuestos, de empleo personal y vehicular.

El conocimiento y experiencia adquirida en CITEDEF, en relación con las modernas técnicas de **fabricación aditiva (AM),** además del equipamiento disponible en ese Instituto, deben ser aprovechadas para su aplicación en proyectos del área.

CONSIDERACIONES FINALES

Según un informe de ***ARMS CONTROL.org,*** denominado *"Small Arms and Light Weapons: Controlling the real instruments of war",* de los 49 conflictos de magnitud ocurridos entre 1990 y 1998., en 46 de ellos los actores principales fueron los fusiles, las ametralladoras, los morteros y las armas antitanque (la guerra del Golfo es una de las excepciones). En ese lapso se produjeron cuatro millones de víctimas fatales y 20 millones de refugiados o desplazados[99]. Las guerras Estado – Estado han dado lugar a una enorme cantidad de conflictos de menor magnitud, pero en general de muy larga duración. Es que las armas portátiles son de relativamente fácil obtención, tanto en los mercados legales como ilegales, con la particularidad, además, de que permiten formar combatientes que aún con escasa preparación para el combate, alcanzan igualmente un aceptable efecto letal.

El *"síndrome del Estado fallido"*[100] que se desperdigó por el mundo desde la caída de la Ex URSS, y otros conflictos en Asia y África, revolucionarios, secesionistas, étnicos, tribales, religiosos, etc., motivaron que las fuerzas regulares de los países repensaran la manera en que deben prepararse para combatir en escenarios de guerra que no tienen mucho que ver con las hipótesis de conflicto para las cuales se habían preparado durante años, tanto en instrucción como en equipamiento y doctrina de empleo. A la fecha, esa tendencia se mantiene y se estima que continuará en crecimiento.

Obviamente, la posibilidad de un conflicto de magnitud entre países o coaliciones continúa vigente, pero lo cierto es que el avance tecnológico alcanzado por las grandes potencias y el tremendo poder destructivo de sus sistemas de armas estratégicos, genera en sí mismo un poder disuasivo que actúa como "contención" para los posibles contendientes. Pero el conflicto sigue existiendo y entonces las batallas se libran y posiblemente se librarán de otra manera. La guerra ***Rusia – Ucrania*** es un ejemplo actual de cómo se sostiene una guerra entre estados, en la que una superpotencia militar interviene en otra nación soberana, bajo la "cobertura" de un conflicto separatista. El muy complejo escenario del ***conflicto de Siria,*** fundamenta aún más lo expresado y también allí, las armas livianas fueron los actores principales del conflicto. Se plantea entonces que las Fuerzas Armadas de los países deben estar conformadas por organizaciones que tengan una gran flexibilidad, para hacer frente a cualquiera de las alternativas de empleo.

En ese contexto y enmarcados en el tema del presente trabajo, relacionado con la **vigencia de las armas portátiles,** podemos concluir:

---

99 Recuperado de https://www.armscontrol.org/print/391

100 Recuperado de https://www.armscontrol.org/print/391

- Las **pequeñas fracciones** operarán de manera cada vez más independiente, a mayores distancias de sus elementos de comando, sostenidas por un eficiente sistema de comunicaciones y control. Como consecuencia de ello, requerirán más capacidad de fuego de apoyo orgánico, a mayores distancias, por lo que las ametralladoras, las armas Atan de propósito general y los morteros seguirán cumpliendo un rol fundamental.
- Probablemente los **calibres de los fusiles de asalto** NATO (5.56 y 7.62 milímetros) sean reemplazados por un único cartucho de calibre intermedio (de la familia de los 6.5 milímetros), que cumpla eficientemente los requerimientos de alcance y energía remanente que demandan los escenarios actuales y, en particular, la generalización del empleo de modernos chalecos antibalas por las tropas regulares e incluso insurgentes.
- La posibilidad de dotar de **guiado a la munición de pequeño calibre** es un desafío verdaderamente "revolucionario", que necesariamente modificará la organización y la doctrina de empleo. En la transición, los avances en los sistemas optoelectrónicos "todo tiempo" de asistencia a la puntería, harán cada vez más precisos los disparos del soldado individual, al punto que se discute actualmente la necesidad y eficacia del fuego automático "de supresión", que genera enormes consumos de munición con pobres resultados concretos en letalidad.
- Las **armas antitanque** probablemente migrarán hacia **Armas de Asalto Multipropósito,** al estilo del proyecto de EUA *"MOAW - Massive Overmatch Assault Weapon"*, o de la familia de lanzacohetes RPG de Rusia y sus clones chinos. Podrían, asimismo, asumir las misiones de fuego hoy asignadas a los Lanzagranadas de 40 milímetros.
- La **munición guiada de morteros** resultará vital para la ejecución de fuegos muy precisos que demanden poco consumo de munición, aumentando además la supervivencia de las piezas. Los kits de guiado para munición 60 y 81 milímetros son la alternativa más promisoria, por su excelente relación costo / efecto. Y, además, minimizar el daño colateral resulta cada vez más necesario.
- El empleo de **drones** acompañando a las patrullas y ejecutando misiones de observación, exploración y adquisición de blancos resultará vital. La guerra Rusia – Ucrania demostró la utilidad de los *UAV* como multiplicador de la capacidad de combate de las unidades[101].
- La reducción de los pesos de las armas y municiones seguirá siendo un tema crítico para los tecnólogos y desarrollistas. Los aceros han dominado el campo del armamento por más de 100 años, pero el empleo de nuevos materiales, el uso de polímeros, fibras sintéticas y materiales cerámicos en componentes de armas, convivirán y finalmente reemplazarán a los aceros. Propulsantes con mejores propiedades energéticas, cartuchos sin vaina o con vaina consumible, así como modernos sistemas de fabricación (AM – FW, etc), serán algunos de los aspectos contribuyentes a obtener armas más livianas.

Considero interesante exponer, además, la "visión" de la **Industria del Sector Defensa.** De acuerdo a lo expresado en el *"2017 Armament Systems Forum"* de la National Defense Industrial Association de Estados Unidos, los **principales desafíos** que observan las empresas, para el desarrollo de las nuevas generaciones de Armamento, tanto portátiles como grandes sistemas, que demandarán los elementos de combate, son[102]**:**

---

101 Dr Phillip A. Karber. Potomac Foundation.(May 2015). "Lessons learned fron Russo – Ukrainian war".

102 National Defense Industrial Association. "2017 – Armaments Systems Forum".

a. **Modularidad:** Plataformas modulares y sistemas "multirole". Tanto los grandes como los pequeños sistemas. Desde la pistola o el fusil, hasta el tanque de batalla.
b. **Arquitectura abierta:** adaptabilidad para incorporar nuevas tecnologías y funciones, que se presentan en plazos cada vez más breves.
c. **Transición adecuada** y racional desde lo heredado hasta la próxima generación.
d. Creación de **nuevas capacidades** a la luz de las "lecciones aprendidas" que surgen del despliegue y empleo operacional de los sistemas de armas en uso. En muchos casos, esas capacidades pueden ser obtenidas con mejoras a sistemas ya existentes.

Finalmente, lo desarrollado en este trabajo es sólo un ajustado resumen que puede y debe ser ampliado y profundizado en todos los ítems. El empleo masivo del armamento portátil en los conflictos actuales aporta cada día nueva información de gran utilidad proporcionada por los combatientes. Esta se encuentra disponible en la web, en informes oficiales o en trabajos de investigadores, realimentando el proceso virtuoso de mejora continua.

El profesional militar y el desarrollista en el ámbito de Investigación y Desarrollo para la Defensa deben buscar con avidez esta información y nutrirse de ella. Adecuadamente analizada, nos muestra la tendencia en los países líderes y siempre resultará de utilidad al momento de brindar asesoramiento técnico – operacional, imprescindible para adoptar decisiones acerca de proyectos de desarrollo u obtención de nuevo equipamiento.

En países como el nuestro, con escasos presupuestos y sistemas de armas que requieren modernización o recambio, hay muchos proyectos que se podrían implementar con la finalidad de mejorar las capacidades de combate básicas de nuestros soldados en las menores fracciones de la organización. Pero para ello, es imprescindible previamente "incorporar conocimiento de excelencia", a través de la formación específica en tecnologías de avanzada, de nuestros profesionales militares y civiles relacionados con Investigación y Desarrollo para la Defensa.

*A modo de Reflexión final extractado del libro **"Future weapons"** - Kevin Dockery (2007): "Las armas livianas no son armas de gran escala, todas ellas pueden ser llevadas en las manos del más modesto de los soldados, pero son las herramientas que ese hombre usa para combatir y sobrevivir. Ese soldado, es el eslabón final de la cadena letal de una organización militar. Y las armas que coloquemos en sus manos, junto con su espíritu de lucha, son las que lo llevarán a la victoria."*[103]

BIBLIOGRAFIA Y FUENTES

> Board of Army Science and Technology. (2003). "*Making the soldier decisive on future battlefield*". Recuperado de http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a584601.pdf.
> Schatz Jim. National Defense Magazine. (2015). *"US military losing edge on small arms".*
> Tadjdeh Yasmin. National Defense Magazine. (2017). *"Battlefield 2050: Army Prepares for Future Fights".*
> Major Ehrhart Thomas P. US Army. School of Advanced Military Studies. (2009) *"Increasing Small Arms Lethality in Afghanistan".*
> Drummond N. - Williams A. (2009). *"Biting the bullet". R*ecuperado de https://es.scribd.com/document/219046148/Biting-the-Bullet-by-Nicholas-Drummond-and-Anthony-G-Williams-October-2009.

103 Traducción libre estractado de Dockery Kevin. (2007). "Future weapons". NY - Berkley Caliber.

- Arms Control Association (1998). *"Small Arms and light weapons: Controlling the real instruments of war".* Recuperado de https://www.armscontrol.org/print/391
- JDW. Janes defense.com. Anthony G Williams & Nicholas Drummond (2009). *"Time to bite the bullet over under fire ammo".*
- Potomac Foundation. (2015). *"Lessons learned from Russian - Ukranian war".*
- Congressional Research Service (2016). *"Conventional arms transfers to developing countries".* Recuperado de https://fas.org/sgp/crs/weapons/R44716.pdf
- Dockery Kevin. (2007). *"Future Weapons".* Ed Berkley.
- National Defense Industrial Association (2017). *"2017-Armaments Systems Forum".*
- National Intelligence Council . (2017). *"Global Trends and key implications through 2035".*
- Raytheon (2016). *"Future warfare: Cultivating emerging technologies".* Recuperado de http://www.raytheon.com/news/rtnwcm/groups/corporate/documents/content/rtn_303213.pdf.
- Dumn James - DARPA (2014). EXACTO Program. (Extreme Accuracy Tasked Ordnance). Recuperado de ttps://www.darpa.mil/program/extreme-accuracy-tasked-ordnance
- Small Arms Survey, Graduate Institute of International and Development Studies. (2015). *"Behind the curve: New Technologies. New control challenges".* Recuperado de http://www.smallarmssurvey.org/fileadmin/docs/B-Occasional-papers/SAS-OP32-Behind-the-Curve.pdf
- Stockholm International Peace Research Institute .SIPRI (2015). *"Arms Production".*
- Recuperado de ttps://www.sipri.org/research/armament-and-disarmament/arms-transfers-and-military-spending/arms-production#expanded.
- SIPRI. (2016). *"Military Expenditure 2016".* Recuperado de https://www.sipri.org/research/armament-and-disarmament /arms-transfers-and-military-spending/military-expenditure.
- Mellor Stephen, Liang Hao, Zhang David. (2010). *"Additive Manufacturing: A Framework for Implementation".* Universidad de Exeter. Recuperado de https://ore.exeter.ac.uk/repository/bitstream/handle/10871/22191/Additive%20Manufacturing%20A%20Framework%20for%20Implementation.pdf;sequence=1
- *"Additive manufacturing on aerospace, defense &space Conferencie".* London (UK) Feb 2017.
- *"Aditive Manufacturing: On the cusps of an aerospace defense and space revolution".* Recuperado de https://plsadaptive.s3.amazonaws.com/gfiles/_edK0l19037_defence_iq_infographic.pdf ?response-content-type=application /pdf&AWSAccessKeyId= AKIAI CW 5IOYOPOZOU3TQ &Expires =1508198776&Signature=n4ggUeEUdgQs24Xl 7tdZdy hpzK 0%3D.
- LISSAK Ormond (1911)– West Point Military Academy. "ORDNANCE AND GUNNERY".

(*) **Juan Carlos Villanueva** es Ingeniero Militar de la especialidad Mecánica - Armamentos y Oficial retirado del Ejército Argentino con el grado de Coronel de Infantería. Es Paracaidista Militar y Veterano de la Guerra de Malvinas.

Es especialista en Gestión Tecnológica (Instituto Tecnológico Buenos Aires – ITBA y Master Executive en Gestión de Empresas Tecnológicas (Doble titulación EOI -España/ITBA). Ocupó cargos en Fábricas Militares (DGFM) con responsabilidad en la fabricación de armamentos y munición, en el ámbito de proyectos militares en el Estado Mayor Conjunto de las Fuerzas Armadas, en el Estado Mayor General del Ejército y en CITEDEF. Actualmente se desempeña como Analista de Armamentos en el CEPTM "Grl MOSCONI.

2.2

Sistemas de armas portátiles antitanque: su redefinición como sistemas multipropósito en el campo de combate del siglo XXI

Por el Capitán de Infantería Fernando Daniel Quinodoz*

"La legión debe su éxito tanto a sus armas y máquinas como al número y valor de sus soldados".
Flavius Vegetius Renatus – Siglo IV D.C.

RESUMEN

Los conflictos del presente siglo tuvieron en común que se desarrollaron casi exclusivamente en ambientes compartimentados, mayoritariamente en ciudades y entre fuerzas regulares e irregulares. En este marco, muchas armas antitanque fueron empleadas no sólo contra blindados o vehículos de combate, sino también como armas de apoyo de fuego, para neutralizar posiciones fortificadas, contra helicópteros o para abrir brechas en obstáculos o edificios. Es, entonces, necesario analizar las nuevas posibilidades que ofrecen estos sistemas como armas multipropósito, sin descuidar su fin original de combatir al enemigo más peligroso que tiene la infantería ligera, el vehículo de combate blindado.

El presente trabajo tiene como objetivo brindar información de utilidad respecto del estado del arte de los sistemas de armas antitanque portátiles de empleo en las menores fracciones de infantería. Su utilización como armas multipropósito, modulares y con diferentes tecnologías de adquisición y destrucción de blancos abarca sólo a aquellos sistemas de armas portátiles o MANPATS (*Man-Portable Antitank Systems*) independientemente de las tecnologías y municiones que utilicen. Se describen conceptualmente las principales tecnologías desarrolladas y aplicadas, su funcionamiento, clasificación, municiones y evolución de estos sistemas de armas en los últimos años. Expone los sistemas más representativos de cada tipo de tecnología, como así también las empresas desarrolladoras y las fuerzas armadas que ya cuentan con ellos.

Esperamos que el trabajo permita al lector vislumbrar las tendencias generales de este tipo de tecnología en el corto y mediano plazo, junto con su empleo en el campo de combate del siglo XXI.

Palabras clave: Armas Antitanque, MANPATS, Armas Multipropósito, Protección Balística, Combate Urbano.

INTRODUCCIÓN

Para resumir de manera simple el concepto de "Combate Antitanque", podemos decir que es el conjunto de tecnologías y tácticas adoptadas para destruir o neutralizar los blindados enemigos. La batalla tecnológica entre las armas antitanques y blindados es una de las más conocidas, reñidas y sofisticadas de la ingeniería militar desde hace exactamente un siglo. Sin embargo, desde hace más de treinta años que los sistemas portátiles de armas antitanque se emplean con éxito contra otros tipos de blancos.

Los distintos conflictos armados del siglo XXI han intensificado el carácter de arma multipropósito a las armas antitanque portátiles, diseñadas originalmente para una defensa antitanque. En las operaciones con tropas convencionales en ambientes urbanos de Irak, Afganistán y Siria de larga duración estas armas fueron empleadas con éxito contra todo tipo de blancos, principalmente por milicias irregulares. Este nuevo empleo como arma multipropósito obligó a los desarrolladores a diseñar nuevos accesorios y tipos de munición, reduciendo a su vez el tamaño, peso y costos de las plataformas de tiro para que pudieran ser fácilmente transportables.

Respecto del combate antitanque, los avances en las tecnologías de componentes electrónicos y materiales hicieron posible que los sistemas de protección balística adquieran un alto grado de sofisticación. Entre las finalidades de estos modernos sistemas de protección se encuentran la neutralización de las cargas en tándem de lanzacohetes, cañones sin retroceso y de misiles de mediano alcance con ángulo de ataque TA (Top Attack) u OTA (Overfly Top Atack).

Así, la evolución de las armas portátiles antitanque las ha transformado en sistemas integrados y escalonados de armas multipropósito dentro del menor nivel táctico de combate. Cuentan con la capacidad de ser operables durante largos períodos de tiempo en ambientes compartimentados tanto en operaciones ofensivas como defensivas, batiendo distintos tipos de blancos, con diferentes efectos y siendo aún eficaces en la defensa antitanque frente a los MBT (Main Battle Tank) más modernos.

BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE LOS SISTEMAS PORTÁTILES DE ARMAS ANTITANQUE (MANPATS)

El combate antitanque surge con la aparición del blindado en la Primera Guerra Mundial y fueron tres las respuestas de la infantería para dejarlos fuera de combate. Los alemanes con su Mauser *Tankgewehr* M1918 fueron los primeros en crear un tipo de arma provista exclusivamente a la infantería para detener a estos blindados. Este fusil disparaba un cartucho calibre de 13,2 mm capaz de penetrar unos 20mm a 200 metros el blindaje de la época y averiar el motor del tanque. La segunda y quizás la más utilizada por la infantería para combatir estas rudimentarias fortalezas de hierro, fue agrupando varias granadas (*bundle charge*) como la Stielhandlegranate M16 y M17 alemanas, la Mills Bomb inglesas o las F1 francesas. La otra manera de combatirlos fue con los cañones de menor calibre de la artillería, utilizándolos mediante tiro directo, como el FK16 de 77mm o el 37 mm TaK de Rheinmetall. Estos últimos fueron los predecesores de los que se desarrollarían en el período entreguerras como exclusivos cañones antitanque.

En el período entreguerras, se aprovechó la experiencia en el combate antitanque y se desarrollaron las primeras minas Antitanque (EZ-mine rusa y la Tellermine alemana) y los primeros cañones antitanque diseñados con ese fin, como el PaK 36 de 37 mm alemán. Sin embargo, en

este período el avance más importante vino de la mano de los cañones sin retroceso (Recoilles rifle) y de los lanzacohetes portables.

Durante la Segunda Guerra Mundial el combate antitanque evolucionó notablemente como respuesta no sólo a los tanques alemanes más veloces y con mayor blindaje, sino también al empleo táctico de los mismos producto de la "*Blitzkrieg*". Fue necesario dotar a la infantería de armas antitanques en distintos niveles, fáciles de operar y que permitieran una adquisición rápida del blanco. Los fusiles antitanques que fueron sólo utilizados en el inicio de la guerra demostraron quedar obsoletos frente al mayor blindaje y fueron remplazados por los lanzacohetes y cañones sin retroceso. Los cañones antitanques que habían sido desarrollados en el período entre guerras fueron incrementando sus calibres, pasando de los originales 37 mm a estar entre 75 mm y 105 mm, además de convertirse en autopropulsados (se diferenciaron de los tanques por su torreta fija, menor calibre y blindaje, obviamente más baratos). Entre ellos tenemos a los *Jagdpanther, Panzerjäger y Marder* alemanes, al Archer inglés, a los SU-85 y SU-100 rusos y al M18Hellcat americano. Por otro lado, se desarrollaron cañones sin retroceso que, al ser más livianos que sus contrapartes con retroceso, se podían transportar e incluso ser lanzados junto a tropas paracaidistas. Fueron así rápidamente adquiridos por la infantería para no sólo combatir blindados sino también para destruir posiciones fortificadas. Este tipo de armas que surgió en calibres de 75, 84, 88 y 105 mm, podían ser transportadas por un solo hombre, como el Carl Gustaf sueco y el Raketenpanzerbüchse (Panzerschrek) alemán. Quizás el más famoso fue el Leichtgeschütz 40 de 75mm utilizado por los paracaidistas alemanes y decisivo en la Batalla de Creta. El siguiente protagonista en el combate antitanque que hizo su aparición en la Segunda Guerra Mundial fue el lanzacohete portable. El *Panzerfaust* alemán, el RPG-2 ruso, el PIAT inglés, el M1 Bazooka americano y el Type 4 70mm AT japonés fueron los primeros de su tipo, a partir de los cuales han evolucionado los que se utilizan actualmente. En lo que respecta al combate antitanque de la infantería, tanto los fusiles y cañones antitanque como las granadas que habían utilizado en la Primera Guerra Mundial fueron reemplazados hacia el final de la Segunda Guerra Mundial por los cañones sin retroceso, los lanzacohetes y las minas AT para proteger flancos sobre avenidas de aproximación de blindados.

Luego de finalizada la Segunda Guerra Mundial, varios proyectos de cañones sin retroceso y lanzacohetes fueron mejorando y reemplazando a los que habían aparecido durante la guerra. Los conflictos en Corea y Vietnam fueron aprovechados para probar las nuevas armas que se iban desarrollando. Es en entre los 60' y 70' cuando los lanzacohetes comienzan a ser utilizados por guerrillas en distintos conflictos internos en todo el mundo, por ser armas baratas, fáciles de operar y con la capacidad de causar un gran daño. Los cañones sin retroceso de uso más extendido fueron el M40 de 105mm americano, el SPG-9 ruso y el L6 BAT inglés entre otros modelos similares; en la mayoría de los casos fueron montados sobre vehículos a rueda.

Los lanzacohetes y cañones sin retroceso portables fueron dividiéndose en categorías de acuerdo con su alcance, penetración y costo. Se fue extendiendo el uso de versiones descartables o de un disparo para proveer al soldado individual de una primera defensa AT, como el LAW de 66 mm, de poco peso y fácil transporte. El LAW se empleó por primera vez hacia el final de la Guerra de Vietnam. El M136 AT-4 es otro de este estilo, aunque de mayor calibre y peso. Ambos siguen siendo empleados por Estados Unidos y con las recientes operaciones en Irak y Afganistán, el LAW volvió a ganar terreno gracias a su facilidad de transporte, ya que un solo soldado puede cargar dos LAW, con el mismo peso y en menor espacio que un AT-4.

Después de la Guerra de Vietnam, comienza a aparecer una nueva tecnología en el combate antitanque: son los misiles guiados y sus sucesivas "generaciones". Esta tecnología fue reem-

plazando a los cañones sin retroceso más pesados como el M67 americano, otorgándoles la capacidad a los menores niveles tácticos de maniobra, de combatir a los blindados a mediana y larga distancia, con una buena precisión en el tiro. Sin embargo, el peso de las plataformas y los misiles, además del grado de habilidad y entrenamiento que debía tener el operador y los altos costos del sistema motivaron que fueran asignados a las organizaciones de infantería de apoyo de fuego o de defensa antitanque de las unidades. Estas plataformas de tiro fueron también montadas eficientemente tanto en vehículos a rueda como a oruga. En la Guerra de Malvinas las Fuerzas Británicas las utilizaron con éxito sobre las posiciones fuertes de las ametralladoras argentinas, las cuales sólo pudieron ser neutralizadas por estos pelotones de Lanzamisiles, provistos con el sistema MILAN, el cual ya contaba con guiado SACLOS o de segunda generación.[1] Estos sistemas de armas recibieron el nombre de ATGW (Anti-tank Guided Weapons) o ATMG (Anti-Tank Guided Missile), siendo actualmente los sistemas más utilizados para el combate o defensa AT de nivel subunidad y/o unidad de infantería.

FIGURA 1: M113 DEL US ARMY ALCANZADO POR UNA GRANADA RPG CON CARGA HEAT DURANTE LA GUERRA DE VIETNAM.



Respecto a nuestro país, cabe destacar que luego de la Segunda Guerra Mundial, la Dirección General de Fabricaciones Militares (DGFM) fabricó en los años 50, el PAPI (Proyectil Antitanque para Infantería), similar al famoso Panzerfaust aleman de 60mm. Diseñó y fabricó, además, el cañón sin retroceso Modelo 1968 FM Czekalski de 105mm, siendo uno de los más modernos en esa época y que participó luego en la Guerra de Malvinas asignado a las unidades de infantería. A mediados de la década del 70, CITEFA desarrolló el Misil Antitanque Hiloguiado MATHOGO que entró en servicio en el Ejército Argentino en 1978. Durante la década pasada, DGFM diseñó el Lanzacohetes MARA, de 78mm, el cual tenía el mismo principio de funcionamiento y empleo que el M72-LAW americano. Si bien el programa tuvo buenos resultados en las pruebas, no llegó a entrar en etapa de producción seriada y sólo se abasteció de algunos a las TOE y Regimientos Paracaidistas.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE LAS ARMAS ANTITANQUE PORTÁTILES

Antes de comenzar a describir las tecnologías aplicadas en las armas antitanque portátiles, es necesario establecer ciertos conceptos para que el lector no especializado entienda de qué se trata cuando se nombra a cada una de ellas. Estas definiciones se fueron modificando y adaptando a la aparición de nuevas tecnologías, y si bien en un principio estaban bien diferenciadas unas de otras, hoy las encontramos superpuestas según las diferentes prestaciones y aplicaciones de cada tipo de arma.

---

1 Thompson J. (1984); "No Picnic", Editorial LEO COPPER, Londres, pag 73.

Históricamente dentro esta clase de armas se diferenciaron principalmente entre lanzacohetes y lanzamisiles, y a su vez se clasificaron según su rango de alcance. Actualmente, con la aparición de nuevas tecnologías de guiado, diferenciarlas entre lanzacohetes y lanzamisiles quizás no sea lo adecuado para su clasificación, ya que el guiado no depende de la plataforma, sino sólo del tipo de munición que se emplee.

La definición de cohete en el Diccionario de Acción Militar Conjunta del EMCFFA es simplemente la de un proyectil autopropulsado de vuelo libre; mientras que le asigna a misil la definición de todo proyectil autopropulsado que puede modificar su trayectoria por sí mismo o por un control externo. Cabe destacar que estas definiciones son similares a las adoptadas por la gran parte de las FFAA del resto de los países.

En base a la definición anterior, se diferenciaron doctrinariamente las plataformas entre lanzacohetes y lanzamisiles. Pero como veremos, las nuevas tecnologías de guiado comenzaron a borrar esta línea que clasifica las armas antitanque. Quizás entonces tal definición no sea aplicable a los nuevos sistemas de armas, ya que una plataforma podrá, en breve, utilizar un cohete o un misil, según la situación táctica, tipo de blanco y alcance. Por ello, el Ejército de los Estados Unidos las agrupó recientemente, tanto a los lanzacohetes como a los lanzamisiles, bajo la denominación de MANPATS (Man-portable Portable Anti-Tank Systems), es decir sistemas de armas antitanque portátiles o de "hombro", indiferentemente si disparan "misiles" o "cohetes".

CAÑÓN SIN RETROCESO PORTÁTIL Y LANZACOHETES RPG (ROCKET PROPELLED GRENADE)

Respecto de los sistemas de armas antitanque asignadas a las menores fracciones, históricamente se desarrollaron dos tecnologías que aparecieron durante la Segunda Guerra Mundial: los RPG o comúnmente conocidos como lanzacohetes y los cañones sin retroceso (Panzerschrek, M67 y Carl Gustaf). Entre los lanzacohetes, se subdividieron en dos clases muy conocidas, los de un solo tiro o descartables (Panzerfaust, M72LAW, AT-4, etc) y los reutilizables (Bazooka, PIAT, RPG-7). Estos últimos suelen confundirse con los cañones sin retroceso como el Carl Gustaf, pero tienen, aún hoy, algunas diferencias bien marcadas a pesar de contar casi con el mismo alcance y efectos en el blanco.

Los cañones sin retroceso (*recoilless rifle o recoilless gun*) funcionan de manera similar a los cañones convencionales de Artillería, con una munición que posee el proyectil y su propulsor alojados en la misma recámara. Sin embargo, no poseen el sistema de retroceso de los cañones convencionales ya que el propulsor al iniciar la combustión expulsa gran parte de los gases por la parte posterior del cañón logrando así vencer la inercia del proyectil alojado. Esa característica es la que permite que estos cañones puedan ser operados desde el hombro a pesar de tener grandes calibres. Algunos, como el Carl Gustaf, poseen un cañón estriado para estabilizar el proyectil, mientras que los de ánima lisa, utilizan municiones con aletas desplegables para lograr el mismo resultado. Se cargan en la mayoría de los casos por la parte posterior y la diferencia principal con respecto al lanzacohetes, es que el proyectil del cañón sin retroceso deja de tener propulsión después de abandonar el tubo, comportándose como un proyectil de artillería convencional. Esta característica hizo que los cañones sin retroceso fueran originalmente más pesados que los lanzacohetes, ya que debían ser construidos con materiales capaces de soportar mayores presiones. La expulsión de los gases, llamada comúnmente "rebufo" puede ser muy potente, con valores de presión y temperatura que los vuelve peligrosos para los operadores en ambientes confinados.

Actualmente los modernos cañones sin retroceso pueden utilizar proyectiles asistidos por cohete luego de abandonar el tubo, reduciendo las presiones iniciales necesarias dentro del cañón. Esto se traduce en la menor longitud y peso del tubo con una menor área afectada por rebufo.

El Carl Gustaf original tenía un peso de 16,35 kg y 115 mm de largo, mientras que la última versión, el M3A1 o M4, actualmente en proceso de dotación, posee un peso de 6,6 kg, 950 mm de largo y un alcance efectivo de 1000 metros frente a blancos estáticos.

El otro sistema utilizado como arma antitanque portable o *shoulder antitank weapon* (SAW) fue el lanzacohetes, también conocido por sus siglas en inglés RPG (*Rocket Propellant Grenade*). Este sistema de arma consiste básicamente en una cabeza de guerra, granada o carga explosiva autopropulsada por un cohete (motor). Fueron utilizados por primera vez en la Segunda Guerra Mundial y el Panzerfaust alemán y el RPG-2 ruso son los sistemas icónicos durante este período. El primero de ellos era apto para un solo uso con tubo descartable, sumamente liviano y barato de fabricar; en tanto que la serie rusa RPG permitía sucesivas recargas de las "granadas autopropulsadas". Estas dos clasificaciones de lanzacohetes entre los descartables y de uso sucesivo aún subsisten. Entre sus características podemos destacar que, en la gran mayoría de los casos, los no descartables se cargan por la boca del cañón sobresaliendo de este la carga explosiva. Esta carga tiene un calibre mayor al del tubo, en el cual se inserta solamente la parte con la carga propulsora de la munición. La munición posee generalmente dos cargas propulsoras, una inicial que le permite abandonar el tubo con cierta velocidad inicial y una segunda y más potente que se enciende a unos diez metros de la boca del tubo. La segunda carga propulsora acelera el proyectil durante cierto tiempo hasta alcanzar la máxima velocidad de vuelo. Esta característica le permite generar un rebufo mucho menos potente que los cañones sin retroceso con la consecuente operatividad en ambientes confinados, lo que reduce la exposición de la posición de tiro.

FIGURA 2: PROCESO DE CARGA Y DISPARO DEL CAÑÓN SIN RETROCESO

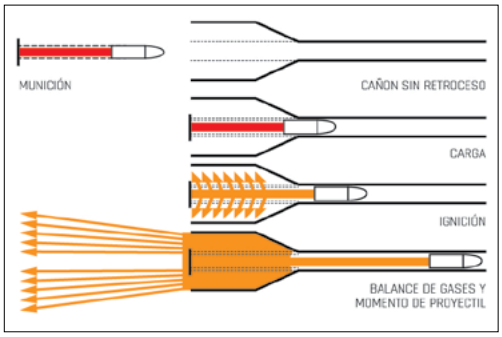
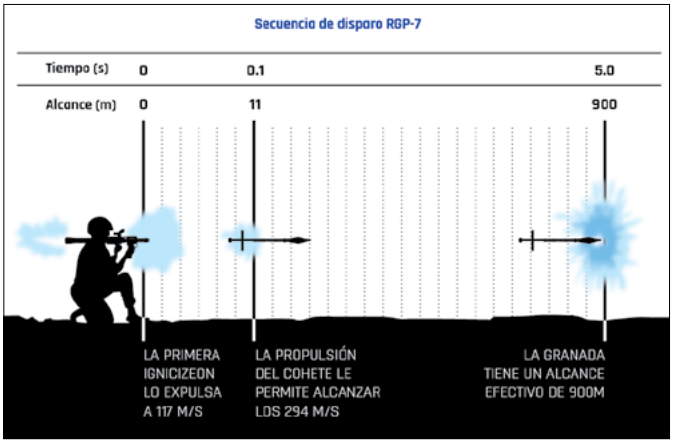


FIGURA 3: SECUENCIA DEL PROCESO DE DISPARO DEL RPG-7



En el caso de los descartables o lanzacohetes de un disparo, como el M72-LAW o el M136 AT-4, la granada ya se encuentra dentro del tubo. Al ser este descartable, poseen menor peso y costo que los de tiros sucesivos o que los cañones sin retroceso. Por esta razón, los lanzacohetes descartables como el M72-LAW se volvieron muy populares durante la Guerra de Vietnam, donde reemplazaron al reconocido M1 Bazooka. Posteriormente el M136 AT-4, al poseer un calibre mayor, reemplazó al M72-LAW durante la Primera y Segunda Guerra de Irak. La serie LAW resurgió en los conflictos urbanos de la última década, ya que al tener menor calibre

posee la ventaja de ser operado en ambientes confinados más pequeños. Volvió a tenerse en cuenta en los conflictos asimétricos, principalmente contra los RPG-7 de origen ruso utilizados por el régimen talibán e ISIS. Así en 2015 el ejército americano volvió a licitar la compra de la nueva serie M72-LAW.[2]

FIGURA 4: SISTEMA DESCARTABLE DE UN SOLO DISPARO AT-4 CS (CONFINED SPACE)



SISTEMAS MANPATS ATGW (ANTI-TANK GUIDED WEAPONS)

Los términos ATGW y ATGM (*Anti-tank Guided Missile*) son empleados para distinguir los sistemas que disparan misiles con tecnología de guiado de aquellos como el RPG-7 o el Carl Gustaf M3 cuyos proyectiles aún no son guiados. Originariamente los sistemas ATGW eran principalmente montados en vehículos, u operados por un equipo de 3 hombres, debido al peso y tamaño de la plataforma. En los últimos 25 años fueron desarrollándose nuevas tecnologías de guiado que permitieron batir blancos tanto a largas como a cortas distancias. Esta última posibilidad de reducir la distancia de empleo para un correcto guiado redujo el peso y tamaño del misil y en consecuencia de la plataforma de tiro, lo que motivó que los sistemas de ATGW pudieran entrar en la clasificación de MANPATS.

GENERACIONES DE LOS SISTEMAS DE GUIADO DE LOS ATGW

A los distintos tipos de tecnología de guiado se los suele agrupar en Generaciones. La **Primera generación** de guiado o **MACLOS** (*Manual Command to Line Of Sight*), requería un operador para guiar manualmente el misil al blanco. En esta primera generación, el operador contaba con un "joystick" para guiar manualmente y por simple visualización la trayectoria del proyectil. Requería un alto grado de capacitación y habilidades por parte del operador, el cual se encontraba totalmente expuesto si no lograba alcanzar el blanco, o su posición era detectada por otros elementos enemigos. Generalmente la comunicación entre el operador y el proyectil se realizaba a través de un cable, por lo cual también fueron conocidos como misiles hiloguiados.

La **Segunda Generación** denominada **SACLOS** (*Semi-Automatic Command to Line of Sight*), era notoriamente más eficiente que la anterior, requiriendo menor entrenamiento y habilidades por parte del operador. Esta tecnología utiliza una onda electromagnética para "iluminar" el blanco, la que, al ser emitida por la plataforma de tiro, rebota y es adquirida por el buscador del misil. A partir de allí, procesa internamente los datos y envía órdenes a los actuadores, para que mediante los controles aerodinámicos modifiquen la trayectoria hacia el blanco. Sin embargo, esta generación no pudo solucionar la desventaja de que el operador sea altamente vulnerable mientras el misil está en vuelo. El porcentaje de probabilidad de impacto es de unos sorprendentes 90 por ciento en condiciones normales de operación. El rango de operación de esta tecnología es de entre 2500 y 10000 metros de alcance, ya que a menores distancias el misil no cuenta con el tiempo necesario para procesar y corregir su trayectoria. Esta tecnología es la que posee el sistema MILAN (M*issile d'Infanterié Léger Antichar*) empleado por los británicos en la Guerra

2 Nammo (2015), "NAMMO Awarded Contract for Shoulder Launched Munitions". Recuperado de https://www.nammo.com/news-and-events/news/nammo-awarded-contract-for-shoulder-launched-munitions/

de Malvinas, que resultó un arma determinante para neutralizar las posiciones fortificadas de las ametralladoras argentinas.

Estados Unidos fue el primer país en introducir esta tecnología en el misil TOW en 1968: para el año 2009 las fuerzas armadas de diferentes países habían sido provistas por 660000 misiles TOW y 15000 plataformas de tiro, siendo este sistema el ATGW más utilizado en el mundo. Actualmente el costo de un misil TOW ronda los Usd 10000 y la adquisición de una plataforma completa con dos misiles, alrededor de los Usd 60000.[3] El Kornet ruso de la empresa KBP también utiliza la tecnología SACLOS.

FIGURA 5: SISTEMA RUSO KORNET-ME PORTÁTIL CON GUIADO SACLOS (*SEMI-AUTOMATIC COMMAND TO LINE OF SIGHT*)



La **Tercera Generación** de ATWG o ATGM logró solucionar el problema de exposición del operador mientras el misil se encuentra dirigiéndose al blanco. Los avances alcanzados en la miniaturización de componentes optoelectrónicos, del conjunto lanzador y misil, así como menores costos de fabricación y mejoras en los algoritmos del software, hicieron posible la introducción del guiado activo. La onda electromagnética emitida sale del propio misil y retroalimenta el sistema de guiado una vez que el buscador recibe el rebote en el blanco. Comienza a desarrollarse en la década de 1980, y es más conocida como el **FaF, *fire-and-forget*** (dispara y olvida). Le brinda al operador la capacidad de buscar una nueva cubierta y adquirir otro blanco una vez que el misil sale del tubo de la plataforma de tiro y aumenta considerablemente su supervivencia en el campo de combate. Hasta la década pasada, la velocidad de los procesadores y el tiempo de respuesta de los actuadores, no permitían un empleo por debajo de los 2500 metros de alcance, por lo que este tipo de tecnología era empleada en las pequeñas fracciones de apoyo de fuego o montadas sobre vehículos. Esto fue cambiando en los últimos tres años gracias a las continuas mejoras en las tecnologías de los componentes electrónicos que permitieron bajar a menos de 800 metros el rango de empleo de los misiles. El JAVELIN, y las distintas versiones (según alcance) del SPIKE israelí, cuentan con esta tecnología F&F (*Fire and Forget*).

Puede hablarse de una **Cuarta Generación**, introducida en el SPIKE-LR, que integra la Tercera Generación con la posibilidad de que el operador pueda modificar la trayectoria, o cambiar el blanco si lo desea. Otra opción es la de lanzar el misil sin haber adquirido un blanco y en el ascenso escoger uno. Esta nueva capacidad la brinda una conexión con fibra óptica que le permite "ver" al operador lo mismo que el misil. Esta tecnología recibe también los nombres de *"Man in the Loop"* que expresa la inclusión del operador en el ciclo de retroalimentación del sistema de guiado o ***"Fire Observe and Update"*** (Dispara, observa y actualiza).

Otra tecnología introducida recientemente es la llamada **PLOS** (Predictive Line of Sight). Esta tecnología utiliza algoritmos para predecir la trayectoria que debería realizar el proyectil para impactar en el blanco, pero la calcula antes de que abandone la plataforma de tiro. El operador debe mantener los elementos de visión apuntados al blanco por unos tres segundos, para que el misil adquiera el blanco y el procesador del misil calcule la trayectoria de impacto. Con la trayectoria cargada, una vez realizado el disparo, emplea sus controles aerodinámicos para

3 "TOW 2 Wire-Guided Anti-Tank Missile, United States of America". Disponible en http://www.army-technology.com/projects/tow/

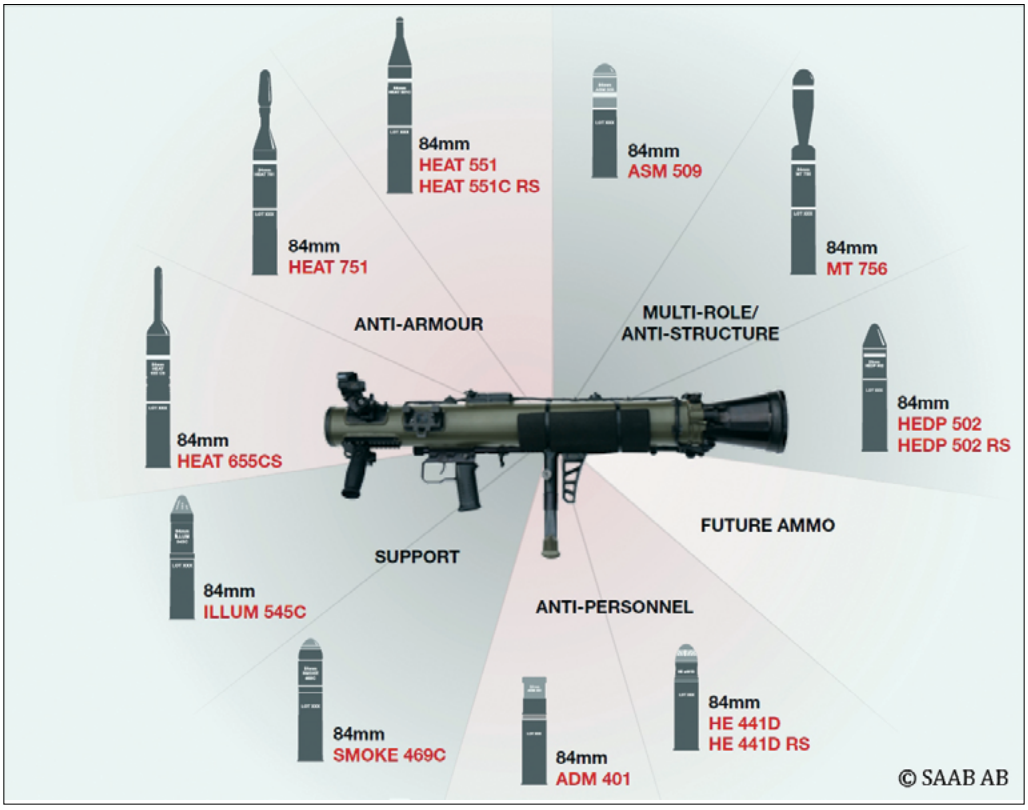
mantenerse en ella e impactar en el blanco. Cuenta con dos modalidades, la **OTA (Overfly Top Attack)** y la **DA (Direct Attack).** En el modo OTA el misil calcula una trayectoria de un metro por encima del blanco e impacta desde arriba, haciéndolo extremadamente letal contra blindados que cuentan con poca protección en su parte superior. En el modo DA o ataque directo, la trayectoria calculada es recta. Esta tecnología fue desarrollada para el NLAW (*Next Generation Light Antitank Weapon*) de la empresa SAAB sueca, la misma que fabrica el cañón sin retroceso Carl Gustaf y el AT-4.

PRINCIPALES CABEZAS DE GUERRA EMPLEADAS EN LA MUNICIÓN

Habiendo ya expuesto sobre las plataformas o sistemas de tiro MANPATS, es imprescindible mencionar los principales tipos de cabezas de guerra de las municiones y cuál es el efecto que estas producen en los diferentes tipos de blancos.

El principal y más utilizado es el HEAT (*high explosive anti-tank)*, que utiliza el efecto Munroe o de carga hueca para dejar fuera de combate vehículos blindados. Este efecto se logra por un espectro de plasma dirigido hacia un punto específico del blindaje, que como consecuencia de su altísima temperatura (3000-5000 °C) y velocidad de impacto, desprende un chorro de metal fundido que penetra en el objetivo a una velocidad de aproximadamente 8000 m/s y

FIGURA 6: EL CAÑÓN SIN RETROCESO CARL GUSTAF M4 OFRECE UN GRAN ABANICO DE MUNICIONES, CONVIRTIÉNDOLO EN UN ARMA MULTIPROPÓSITO LIVIANA Y TRANSPORTABLE.



10000kg/cm^2 de presión. Este efecto Munroe de concentración de la energía se logra mediante la colocación de un cono invertido de 60°, generalmente de cobre, dentro de la carga explosiva del proyectil. Las presiones y temperaturas generadas al impactar producen un efecto devastador para el vehículo y su dotación. Esta configuración recibe el conocido nombre de carga hueca y su eficiencia también depende de la perpendicularidad del ángulo de impacto del proyectil respecto de la superficie del blindado. La penetración normalmente es de entre 300/400 mm en acero u hormigón. Una variante moderna de los HEAT son las cargas en tándem, que utilizan la primera carga para vencer el blindaje reactivo o pasivo, de manera que la segunda pueda alcanzar la superficie del blindado.

Otro tipo de munición es la HEDP (*high-explosive dual purpose*), o de propósito dual, que puede ser utilizada tanto contra vehículos ligeros como contra personal que acompaña una formación, ya que además de la carga hueca y alto explosivo, suma en su cabeza de guerra una carga de fragmentación. Esta carga si bien le permite obtener un mayor radio de acción efectivo de sus esquirlas, no puede penetrar modernos blindajes (pasivos y reactivos), que actualmente pueden ser vulnerados mínimamente sólo por las cargas HEAT en tándem. Su utilización se intensificó en las guerras de Afganistán y contra las tropas de ISIS en Siria e Irak, ya que es la que mejor se adapta al tipo de vehículo que emplean las tropas irregulares.

La última y más novedosa es la munición ***"Multi-Target"*** que se desarrolló para batir blancos dentro de edificios o detrás de cubiertas. Esta munición utiliza también una carga en tándem, donde la primera carga utiliza el efecto Munroe para abrir una brecha en la cubierta o edificio y la segunda carga explosiva que viene detrás detona del otro lado.

Otra de las tecnologías incorporadas a los diferentes tipos de munición fue la **CS (Confined Space)** que reduce el efecto del rebufo resultante permitiéndole al operador realizar el disparo desde dentro de bunkers cerrados o desde dentro de habitaciones en un ambiente urbano.

TECNOLOGÍAS DE PROTECCIÓN BALÍSTICA

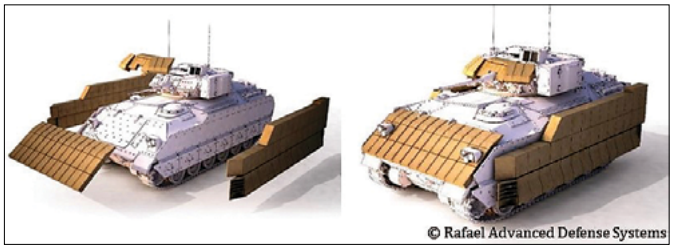
No podemos ignorar en el análisis de las nuevas tecnologías adoptadas por los sistemas MANPATS, a los principales desarrollos de su contraparte, los sistemas de protección balística. Se puede diferenciar entre blindajes pasivos y reactivos, siendo estos los últimos en ser desarrollados. Entre los más modernos blindajes pasivos encontramos a los compuestos, que poseen capas sucesivas de diferentes materiales: aceros, cerámicas, aluminios, fibras aramídicas, etc. El Slat armour (enrejillado), perteneciente a esta última clasificación, consiste en un enrejado que rodea al vehículo para hacer detonar la carga hueca del proyectil antes de que alcance la superficie del vehículo, lo que refuerza el sistema pasivo original del blindado. Resulta efectivo contra las granadas autopropulsadas tipo RPG con carga simple, pero son vulnerables a las municiones con carga en tándem.

Entre las tecnologías de blindajes reactivos tenemos al ERA (*explosive reactive armour*), el SLERA (*self-limiting reactive armour*), el NERA (*non-energetic reactive armour*), el NxRA (n*on-explosive reactive armour)* y los blindajes reactivos eléctricos y electromagnéticos aun en fase de proyectos.

De todos los blindajes reactivos, el más difundido y utilizado es el ERA, originariamente diseñado por los soviéticos y mejorado por los israelitas. Consiste en módulos conformados por una placa de alto explosivo plástico entre dos placas metálicas denominadas elementos reactivos o dinámicos, aunque la disposición y forma de estas puede variar de acuerdo con el modelo de cada fabricante. Básicamente, cuando un proyectil alcanza la placa ERA, el explosivo detona y expulsa los elementos dinámicos que impactan contra la carga del proyectil enemigo. En el caso de las cargas

huecas, los elementos dinámicos expulsados hacen que al aumentar la distancia entre el chorro de metal fundido y la superficie del vehículo se pierda el efecto Munroe de la carga, cuyo cono necesita estar en contacto directo con la superficie del vehículo para que resulte efectivo el daño. Contra un penetrador de energía cinética, los elementos dinámicos sirven para desviar el penetrador, pero en la mayoría de los casos no logran neutralizarlo. La principal desventaja del blindaje reactivo ERA es el daño que puede producir a la propia tropa que acompaña al vehículo, siendo una gran limitación en los combates en áreas urbanas. La segunda desventaja es su vulnerabilidad a un segundo impacto en el mismo lugar. Como respuesta a estas desventajas se desarrollaron las tecnologías NERA y NxRA. La SLERA, como su sigla indica, limita la zona de acción externa al tanque, pero no la elimina en su totalidad.

FIGURA 7: PLACAS DE PROTECCIÓN REACTIVA, ERA DE LA EMPRESA RAFAEL (ISRAEL).



NERA y NxRA funcionan de forma similar a una armadura reactiva explosiva, pero sin el revestimiento explosivo. La diferencia radica que, en vez de contar con una placa explosiva entre las placas metálicas, tiene un elemento inerte similar al caucho. Cuando es golpeado por el chorro metálico de un proyectil de carga hueca, parte de la energía de impacto se disipa en la capa de revestimiento inerte y la alta presión resultante provoca una flexión o abombamiento localizado de las placas en la zona del impacto. A medida que las placas se curvan, el punto de impacto del chorro se desplaza con la placa, aumentando el espesor efectivo de la armadura. El principio es el mismo que la de la tecnología ERA, pero utiliza la energía propia del chorro metálico del proyectil. Dado que el revestimiento interno no es explosivo, el ensanchamiento de la zona de impacto es menos energético que en la armadura reactiva explosiva y, por lo tanto, ofrece menos protección que un ERA de tamaño similar. Sin embargo, NERA y NxRA son más ligeros, seguros para manejar y más seguros para la infantería cercana. Teóricamente se pueden ubicar en cualquier parte del vehículo y empaquetar en múltiples capas si es necesario. En esta configuración de múltiples capas, pueden detener algunos tipos de cargas HEAT en tándem.

Sin embargo, son las tecnologías **APS (Active Protection System)** las que se encuentran en la frontera del estado de arte en los sistemas de defensa de los vehículos de combate. Este tipo de tecnología consiste en un complejo sistema de radares, sensores y contramedidas que detectan la trayectoria del proyectil o misil que se dirige al vehículo y lo interceptan antes de que alcance su superficie. Con esto se reducen notablemente los daños colaterales causados por los módulos ERA. El primer desarrollo comenzó en la Unión Soviética en 1977 con el programa **Drozd**, continuó con el **Shtora** en los 80 y la serie **Arena** en la década de los 90. Esta tecnología se volvió verdaderamente eficiente y viable a raíz del mejoramiento de los últimos diez años en los procesadores electrónicos, el aumento en la calidad de radares y sensores y la consecuente reducción de los costos de sus componentes electrónicos. Es destacable que la tecnología APS puede ser colocada en cualquier tipo de vehículo.

Entre los distintos sistemas, encontramos el AMDS APS de la empresa alemana *"ADS Gesellschaft Für Aktive Schutzsysteme"* dependiente de la conocida *Rheinmetall* que es utilizado en vehículos de combate de infantería como el MARDER alemán, el PATRIA AMV croata o el CV90 sueco entre otros.

El sistema IRON CURTAIN de la empresa Artis es un desarrollo y diseño estadounidense, similar al AMDS APS, aunque más reciente.

El IRON FIST es el desarrollo israelí de la empresa *Israel Military Industries Systems*, y a diferencia de los anteriores que interceptan a los misiles o proyectiles a menos de un metro de la superficie del vehículo, tiene como contramedida un lanzador que dispara un interceptor, el cual puede impactar a la amenaza a mayores distancias; a su vez es apto para interceptar tanto a proyectiles de energía cinética como de carga hueca.

FIGURA 8: SISTEMA DE PROTECCIÓN BALÍSTICA IRON FIST DE ISRAEL MILITARY INDUSTRIES.



El sistema TROPHY, también israelí, fue diseñado y producido por las empresas *Rafael Advanced Defense Systems* y *Israel Aircraft Industries*, se encuentra operativo en los tanques israelitas MERKAVA, y al igual que el AMDS APS y el IRON CURTAIN tiene como contramedida un disparo de un haz de pequeños proyectiles cercanos al vehículo. Aun así, el gobierno israelí ha solicitado a las empresas desarrolladoras, que integren los productos IRON FIST y TROPHY en un mismo sistema que se complemente con las ventajas de ambos. El Departamento de Defensa de los Estados Unidos se encuentra realizando pruebas de campo con todos estos sistemas antes mencionados bajo su programa MAPS (Army's Modular Active Protection Systems) que tiene por finalidad equipar y modernizar a todos sus vehículos de combate y de apoyo, tanto livianos, medianos y pesados con la tecnología APS. Entre los que contarían con estos modernos sistemas, encontramos el M1117 ASV, el Bradley, el Stryker y la familia M1 Abrams. Se espera que la decisión sobre cuál será el sistema APS a adquirir para cada tipo de vehículo se realice antes de finalizar 2017. Si bien Rusia cuenta aún con los sistemas STHORA y ARENA-M en los modelos T-72, T-80 y T-90, ha desarrollado el AFGANIT en el moderno ARMATA. Mientras el SHTORA no puede neutralizar a misiles como el TOW, y el ARENA-M no puede hacer lo propio frente a los proyectiles de energía cinética, el AFGANIT ha sido capaz de neutralizar en pruebas recientes a toda la gama de misiles y proyectiles de energía cinética de la OTAN, convirtiéndolo en el más avanzado a la fecha. Cabe destacar que Rusia junto con Israel son los líderes en el desarrollo de la tecnología APS, con más de 40 años de experiencia en ambos casos.

PRINCIPALES MANPATS (MAN PORTABLE ANTITANK SYSTEMS) CON MUNICIÓN NO GUIADA

CARL GUSTAF M4 (M3E1)

Es un cañón sin retroceso de 84 milímetros desarrollado y producido por la empresa sueca *SAAB Bofors Dynamics*. Es portable y multipropósito, de gran flexibilidad debido a diferentes opciones de munición, entre ellas las HEAT, las MPHW o explosivas fragmentarias antipersonal, iluminantes y de entrenamiento, entre otras. La principal innovación respecto de sus modelos antecesores

fue la gran reducción de peso, que pasó a los 7 kg a raíz de utilizar nuevas aleaciones de materiales. El peso de la munición oscila entre los tres y cuatro kilos. El proyectil posee una velocidad de tiro en la boca del cañón de entre 200 y 255 m/s (depende de la munición), que le permiten un alcance de entre 700 y 1000 metros. La munición HEAT puede penetrar entre 400 y 500 mm de acero. Su cadencia máxima de fuego es de seis disparos por minuto. Incorpora el concepto de modularidad, que le permite agregar distintos accesorios y sistemas inteligentes de visión, como la óptica de tres aumentos con designador laser de alcance y mejoramiento de imágenes, u otras infrarrojas de visión nocturna. Ofrece además la capacidad de ajustar la ubicación de su empuñadora y el apoyo del hombro, adaptable a cada operador. Cuenta también con un contador de disparos para facilitar su mantenimiento preventivo. Fue presentado por SAAB en 2014, e incorporado por las Fuerzas Armadas de Eslovaquia inmediatamente. Entre los usuarios del modelo anterior del M3 se encuentran Estados Unidos, Canadá, Brasil, Australia, India, Pakistán y Alemania entre otros. Muchos de ellos se encuentran pasando al M4 progresivamente. A principios de septiembre de 2017 el Ejército de Estados Unidos anunció la compra de 1111 unidades, para utilizar en reemplazo del actual lanzacohete AT-4 descartable. Este sistema fue el escogido en el marco de la modernización encarada por el programa **MOAW/R *(Massive Overmatch Assault Weapon/Round)*** de DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*), este modelo es particularmente denominado por el Ejército de los Estados Unidos como **M3E1**. El precio de cada lanzador con su sistema de mira inteligente ronda los U$D 20000, su munición entre U$D300 y U$D500 según cada tipo.

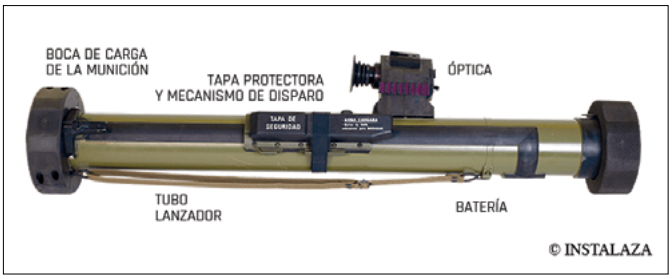
FIGURA 9: CARL GUSTAF M4, DISPARANDO DESDE UN ESPACIO CONFINADO CON SISTEMA DE MIRA INTELIGENTE



FAMILIA INSTALAZA C90

La empresa española INSTALAZA ofrece tres productos, el **C90**, el **C90-CS**, para espacios confinados y el **C90 reutilizable**. La principal característica que ofrece la empresa española es la del bajo peso de sus productos, ya que son los más livianos en cada una de sus categorías a pesar de su calibre de 90 mm. Tanto el C90 como el C90-CS son descartables, pero permiten ser utilizados con el sistema de visión inteligente **VOSEL-M2** que incorpora un procesador de datos que calcula la trayectoria ideal midiendo las condiciones del blanco, la de la pólvora de la munición, las tablas de tiro incorporadas, y movimiento del blanco, lo que muestra un punto futuro de impacto. Cuenta además con designador de alcance láser y mejoramiento de visión nocturna. El **VOSEL-M2** puede desmontarse del tubo lanzador una vez realizado el disparo para ser encastrada en otro lanzador. Los C90 descartables

FIGURA 10: SISTEMA C-90 REUTILIZABLE DE INSTALAZA.



vienen en cuatro diferentes modelos de acuerdo con el tipo de munición; las HEAT, antibunker, explosiva fragmentaria (antipersonal) y fumígena. El lanzador C90 reutilizable, cuenta con sólo 3,5 kilos de peso (sin munición) y permite incorporar el mismo sistema de visión de los otros modelos. La principal desventaja de la familia es su alcance máximo de 350 metros, que lo coloca muy por debajo del resto de sus competidores, aunque también a un menor costo. Las fuerzas de Colombia, Ecuador, Malasia, Italia y Arabia Saudita cuentan con esta familia de MANPATS. Arabia Saudita y Yemen los están utilizando en la Guerra Civil Yemení comenzada en 2015.

ALCOTAN-100 M2

Este MANPATS también desarrollado por la española *INSTALAZA* es un lanzador desechable, pero con un calibre de 100 mm que le permiten una mayor penetración que sus pares C90 en diferentes blindajes, siendo de 700 mm en acero y capaz de penetrar sin problemas el blindaje reactivo tipo ERA. Cuenta con un alcance de 600 metros y un peso de 10,5 kilos (sin munición). Incorpora el sistema de dirección inteligente de tiro **VOSEL-M2**, disponible también en la familia C90, que luego de desechar el tubo lanzador se desmonta y mantiene con el operador. Esto, al igual que los C90 desechables, supone una desventaja en las tropas convencionales que deben continuar cargando con el **VOSEL-M2** una vez que desechan el tubo lanzador. Cuenta con capacidad para tiro en espacios confinados y es el MANPATS más moderno con el que cuenta la empresa española. Tiene tres tipos de municiones, el **HEAT en tándem** (blindaje + ERA), **MPHW** (blindaje + antipersonal) y el **PBF** (Penetration Blast Fragmentation) llamado también anti-bunker.

FIGURA 11: SISTEMA ALCOTAN-100 (M2), TUBO Y DIRECCIÓN DE TIRO VOSEL-M2.



FAMILIA RPG

El Lanzacohetes RPG-7 que comenzó a ser producido en 1961 por la Unión Soviética, en reemplazo del RPG-2, es el sistema MANPATS más ampliamente difundido, confiable y utilizado en el mundo. Ha participado en casi todos los conflictos armados de los últimos 50 años y su bajo peso, bajo costo, versatilidad, facilidad de transporte y capacidad para ser operado por un solo hombre, lo han vuelto un arma temible para el enemigo. Su protagonismo aumentó en los conflictos armados de baja intensidad y fue el arma predilecta de las tropas irregulares. Si bien no ha sufrido demasiadas modificaciones en su diseño original, puede decirse que el mayor avance

se produjo con su cohete de carga HEAT en tándem, que le permitieron penetrar defensas pasivas "Slat Armour" e incluso varios tipos de blindajes reactivos ERA. Tiene la capacidad para ser utilizado en espacios confinados debido a su tecnología original de baja velocidad inicial que se incrementa con un motor que se enciende luego de abandonar el cañón. Su fácil operación y tiempo de recarga por un solo operador lo convirtieron en una de las armas más temidas por las fuerzas de la OTAN en los conflictos de Medio Oriente, y fue el principal responsable de que Estados Unidos comience con su programa **MAAWS** (Multi-role Anti-armour Anti-personnel Weapons Systems), ya que sus equipos y pelotones de primera línea quedaban en desventaja luego de disparar sus lanzacohetes desechables LAW o AT-4. El modelo "paracaidista" puede ser separado en dos módulos lo que le permite incluso ser colocado dentro de una mochila. Cuenta con un peso de 7 kilos y sus cohetes, según su ojiva, van desde los 3 a los 4 kilos, por lo que un soldado puede fácilmente transportar el lanzador con más de 4 proyectiles y operarlo sin ayuda. Tiene la capacidad de poder montar diferentes calibres en sus ojivas, ya que sólo el motor cohete de la munición se introduce en el tubo lanzador de 40 mm. Cuenta con un alcance máximo de 1000 metros y un rango de efectividad de hasta 600 metros, ubicándolo entre los mejores MANPATS en esos alcances. Su principal desventaja es que el cohete se ve muy afectado por vientos laterales, que modifican su trayectoria, debido principalmente a su diseño, tipo de estabilización (aletas) y su autopropulsión. A pesar de la longevidad de su diseño, sus características lo siguen colocando en la vanguardia de los sistemas MANPATS de corto alcance. La empresa fabricante *Bazalt* rusa, desarrolló múltiples versiones del sistema y modificó principalmente el calibre del tubo lanzador. Un aumento en el calibre del tubo le permite al cohete portar una cabeza de guerra de un mayor peso y calibre. El **RPG-29** con su cohete en tándem PG-29V antitanque/antibunker posee una cabeza de guerra de 105 mm, siendo excepcionalmente poderoso y capaz de penetrar todo tipo de blindaje reactivo ERA. Su principal desventaja es la de no poseer una carga previa para expulsarlo del tubo a una menor velocidad inicial, como sí lo tiene el RPG-7V que le permite disparar desde espacios confinados. El **RPG-28** desarrollado a partir de 2012 posee un calibre de 125 mm, por su peso y poder de fuego apunta a servir como un arma de apoyo al pelotón o sección de tiradores. Las versiones **RPG-26, RPG-27** y **RPG-30,** son lanzacohetes de un disparo, es decir descartables. EN 2008 *Bazalt* desarrolló junto a la empresa jordana *KADDB (King Abdullah II Design and Development Bureau)* el **RPG-32 Hashim**, multipropósito y modular de 105 mm. Además de los tubos lanzadores y de las diferentes opciones de munición, Bazalt ofrece miras ópticas y visores nocturnos de diferentes alcances que pueden montarse en cada uno de sus sistemas. La principal ventaja esta familia es su costo, que oscila entre los U$D 800 y U$D2100 para los tubos lanzadores y entre U$D100 y U$D500 cada munición.[4] La empresa estadounidense Airtronic sacó su propia versión mejorada del RPG-7,

FIGURA 12: SOLDADO DEL BATALLÓN DE MUJERES DE LA GUARDIA REPUBLICANA DISPARA UN RPG-7 DESDE UN CUARTO CERRADO (ESPACIO CONFINADO), DURANTE ENFRENTAMIENTO CON REBELDES EN DAMASCO, SIRIA, MARZO DE 2015.



4 Blanford Nicholas, "As Syria unravels, prices soar for guns, grenades, and RPGs", The Christian Science Monitor, Beirut, junio de 2012. Disponible en: https://www.csmonitor.com/World/Middle-East/2012/0109/As-Syria-unravels-prices-soar-for-guns-grenades-and-RPGs

el **PSRL (Precisión Shoulder-fired Rocket Launcher)**, a U$D 3000 por lanzador que incorpora mejoras ergonómicas, sistemas de visión mejorada y nocturna, con un menor peso (6kilos).[5]

NLAW (Next Generation Anti-Tank Weapon)

El *Next Generation Light Antitank-Weapon* de SAAB BOFORS es un sistema MANPATS que puede considerarse un híbrido entre los lanzacohetes o cañones sin retroceso y los sistemas ATGM (*Antitank Guided Missile*). Si bien la empresa lo clasifica como un sistema lanzamisil, ni el operador ni el proyectil pueden modificar su trayectoria una vez que abandonó el lanzador. El NLAW cuenta con un sistema de dirección de tiro PCLOS (*Predictive Line Of Sight*), con sus modos OTA (*Overfly Top Attack*) y DA (*Direct Attack*). El sistema PCLOS del NLAW realiza mediciones en el entorno del operador y movimientos del blanco y puede calcular dos trayectorias ideales dependiendo del modo elegido: OTA o DA. En el modo OTA el proyectil luego de abandonar el cañón del NLAW se eleva un metro por encima de la línea del tiro al blanco, para descender e impactarlo desde arriba; este modo es muy útil frente a vehículos blindados que poseen menos blindaje en su parte superior o frente a tropa ubicada detrás de un obstáculo. En el modo DA, el proyectil describe una trayectoria recta hacia el blanco. El sistema tiene un peso de 12,5 kilos (con sistema de visión, sin munición) lo que lo ubica por debajo de los sistemas ATGM, pero por encima de otros MANPATS como el Carl Gustaf M4, ALCOTAN-100 o el AT-4. Posee una vida útil de 20 años, y un bajo costo de mantenimiento. Tiene un alcance máximo de 1000 metros y un rango de combate (efectivo) desde los 20 a los 800 metros. El tiempo de carga y puntería (se necesitan 2/3 segundos de puntería en el blanco para que el sistema de dirección de tiro calcule la trayectoria ideal) es de aproximadamente cinco segundos. Puede penetrar blindajes reactivos ERA y tanto el lanzador como sus municiones tienen la ventaja de poseer un costo mucho menor que los sistemas ATGM de segunda o tercera Generación de Guiado como el TOW, el JAVELIN o el SPIKE. Su calibre de 150 mm y munición HEAT lo hacen capaz de penetrar cualquier tipo de blindaje ERA de los modernos MBT (Main Battle Tank), aunque puede ser neutralizado por el blindaje APS (Active Protection System). Puede ser utilizado en espacios confinados y en un rango de temperatura de entre -38 a 63 °C. Se encuentra operativo en las fuerzas suecas y británicas, Suiza firmó un contrato de abastecimiento hasta el año 2030 en junio de 2017 y Finlandia es otra de las que se encuentra en proceso de adquisición.[6]

FIGURA 13: EL NLAW (NEXT GENERATION ANTI-TANK WEAPON CON TECNOLOGÍA PLOS (PREDICTIVE LINE OF SIGHT)



FGM-148 JAVELIN

Es el MANPATS más representativo de la clase ATGM, su desarrollo comenzó a finales de 1980 para reemplazar al M47 DRAGON. Entró en servicio en 1996 y fue el primero de su clase en poseer la Tercera Generación de tecnología de guiado o FaF (*Fire and Forget*). La empresa Raytheon fue la encargada de desarrollar el CLU (*Command Launch Unit*), incluyendo los sis-

5 Airtronic USA disponible en: http://www.airtronic-usa.com/contact/

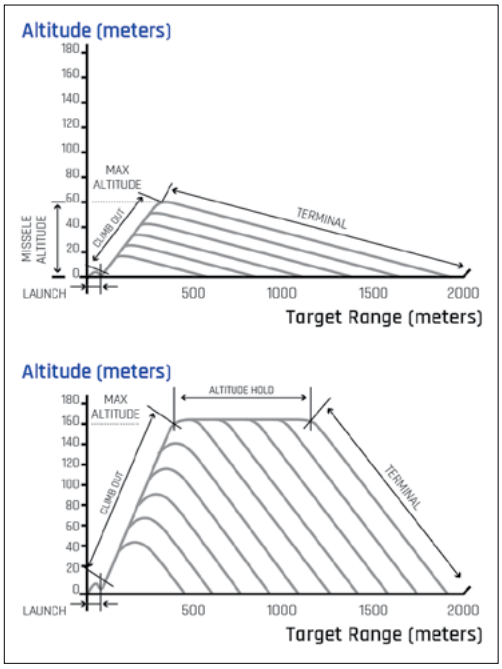
6 Clapperton M., "Switzerland orders NLAW", IHS Jane's Defence Weekly, Londres, 2017, junio 29.

temas de visión, mientras que Lockheed Martin desarrolló el misil (con su tubo lanzador) y su tecnología de guiado.

El CLU cuenta con tres sistemas de visión, el **DFOV** (*Day Field of View*), el **WFOV** (*Wide Field Of View*) y el **NFOV** (*Narrow Field Of View*). El **DFOV** cuenta con 4 aumentos, se emplea para tiros diurnos y para batir áreas de luz durante tiros nocturnos. La **WFOV** de empleo nocturno de cuatro aumentos muestra al operador una representación térmica del terreno. Se utiliza en un primer momento para detectar radiación infrarroja, emitida por los motores de vehículos, grupos de personas o por otros sistemas de visión nocturna que emiten este tipo de radiación. La pantalla muestra una vista de "escala en verde" que se puede ajustar tanto en contraste como en brillo. Como el interior del CLU es enfriado por una pequeña unidad de refrigeración unida al visor, aumenta considerablemente la sensibilidad de formación de imágenes térmicas ya que la temperatura dentro de la mira es mucho menor que la de los objetos que detecta. Esta capacidad le permite al operador obtener una imagen detallada del campo de combate mostrando diferencias de temperatura de sólo unos pocos grados. Una vez escaneado el campo de combate y localizada la zona donde se encuentra el posible blanco, la plataforma le permite bloquear el lanzador en dirección hacia esa área y pasar al modo **NFOV**. Este tercer sistema es utilizado cuando ya se ha detectado y enfocado el área donde se encuentra el blanco. Permite un aumento de la imagen térmica con hasta 12 aumentos. Además, en el modo **NFOV**, el operador puede pulsar un botón buscador que va "saltando" de imagen térmica en imagen térmica, ajustando automáticamente el zoom del mismo modo que las cámaras digitales. Una vez detectado, enfocado y apuntado el blanco, el operador puede, de acuerdo con las características del blanco y su entorno, determinar el modo de la trayectoria al blanco, luego de accionar el mecanismo de disparo el misil toma unos segundos (debido al procesamiento de datos) hasta salir disparado.

Los dos modos de trayectoria al blanco con los que cuenta el misil son el **TA** (*Top Attack*), que busca impactar al blanco en su parte superior, y el **DA** (*Direct Attack*) que impacta al blanco en la cara frontal a la plataforma. En ambos modos el misil es lanzado hacia arriba, para luego dirigirse hacia el blanco. En el caso del TA, el misil asciende hasta 160 metros, a partir de allí la trayectoria se mantiene por encima de la línea operador-blanco para luego descender en picada sobre su parte superior. En el modo DA, asciende hasta 60 metros y una vez que el misil identifica el blanco, se lanza en forma directa hacia él. Para esto posee un sistema de guiado activo. Este sistema que tiene almacenada en su memoria la imagen IR (térmica) del blanco previamente apuntado, cuenta con un buscador que escanea el área buscando esa imagen y una vez detectada, mediante las unidades de procesamiento, autopiloto y controles aerodinámicos conectados mediante un "loop" cerrado de control se dirige hacia el mismo, retroalimentando el proceso constantemente.

FIGURA 14: MODOS DIRECT ATTACK (ARRIBA) Y OVERFLY TOP ATACK (ABAJO) DEL FGM-148 JAVELIN



Presente en el ejército estadounidense desde 1996 y probado eficientemente en combate desde hace 15 años (Operación Libertad Iraquí – 2003), posee un sorprendente 94 por ciento de efectividad lo que lo convierte en al ATGM más confiable del mercado. Aunque el alcance máximo efectivo de las primeras versiones era de entre 2000 a 2500 metros, el fabricante anunció en 2017 que desarrolló una versión que alcanza los 4750 metros. Otra notable característica con relación a sus capacidades es su bajo peso: 6,32 kilos para el CLU (sistema de disparo y adquisición) y 16 kilos el tubo lanzador con el misil propiamente dicho, haciéndolo transportable y operable por una pareja de combate. También tiene la opción de ser montado y operado desde vehículos de combate. Necesita de una batería con una duración de entre una y cuatro horas según la temperatura ambiente. El sistema completo, por sus tiempos de operación puede disparar tres misiles en dos minutos y, gracias al sistema de guiado activo (FaF), desde diferentes posiciones. Cuenta actualmente con dos tipos de cabeza de guerra: una **HEAT en tándem** que le permite vulnerar los blindajes reactivos tipo ERA y penetrar en 800 mm de acero y una multipropósito, diseñada a partir de las experiencias en Irak y Afganistán, la **MPHW** (Multi-Proposit Head War), que cuenta con una primera carga HEAT y una segunda en tándem fragmentaria, por lo que puede ser utilizada tanto contra blindados no reactivos como contra bunkers, edificios o personal.

Sin embargo, este ATGM cuenta con algunas desventajas. La primera de ella es su precio. El sistema completo al 2014 tenía un precio de U$D 246000; U$D 151000 para el CLU y U$D 94000 cada tubo lanzador con su respectivo misil lo que lo convierte en el MANPATS más caro del mercado y fuera del alcance de varios ejércitos.[7] Debido a su guiado activo a través de IR (infrarrojos), es vulnerable a las condiciones meteorológicas tales como tormentas de arena, granizo y nieve. Posee dos grandes limitaciones para operar en ambientes urbanos. La primera es su gran rebufo que le impide el disparo desde espacios confinados y la segunda es su rango mínimo de disparo de 150 metros en TA y 65 metros en DA.

A pesar de su elevado precio, además de Estados Unidos, son varios los países que cuentan en su arsenal con este sistema ATGM. El Reino Unido lo escogió en 2005 para reemplazar al sistema de segunda generación MILAN, así también como Francia. Australia, Noruega, Taiwán, Arabia Saudita, Qatar, Irlanda, Oman, Jordania, Indonesia, Emiratos Arabes Unidos y Nueva Zelanda son los países que también cuentan con este ATGM de tercera generación.[8]

FIGURA 15: SISTEMA MANPATS ATGM FGM-148 JAVELIN, EN POSICIÓN DE TIRO



7 United States Departament of Defense, "Program Acquisition Cost by Weapon System", Fiscal Year 2018 Budget Request, marzo 2017. Disponible en: http://comptroller.defense.gov/Portals/45/Documents/defbudget/fy2018/fy2018_Weapons.pdf

8 Stockholm International Peace Research Institute. Disponible en: http://www.sipri.org/contents/armstrad/sources-and-methods

SPIKE-SR/MR/LR

La familia de misiles **SPIKE** de la empresa israelí *Rafael Advanced Defense Systems*, son sistemas ATGM con tecnología de guiado activo (FaF) con la capacidad que el operador además pueda modificar la trayectoria hacia el blanco (SPIKE-LR), por lo que también se lo identifica como de cuarta generación. Esta familia de misiles es el principal competidor del sistema FGM-148 JAVELIN, pero posee algunas prestaciones y ventajas que lo colocan por encima de su competidor.

El **SPIKE-MR** y el **SPIKE-LR**, utilizan el mismo CLU (*Command Launch Unit*) y plataforma, sólo se diferencian entre sí por el tubo lanzador con su respectivo misil. En el caso del MR el alcance es de 2500 metros. El LR cuenta con 4000 metros de alcance y se le puede conectar un cable de fibra óptica que le brinda la capacidad al operador de modificar la trayectoria, cambiar el blanco o especulativamente lanzar el misil y durante su ascenso identificar algún blanco no visible desde el punto de vista del operador; a este tipo de tecnología es a la que se le denomina de cuarta generación. Poseen los modos de disparo **TA** (*Top Attack*) y **DA** (*Direct Attack*). Su sistema de adquisición, visión y disparo CLU (*Command Launch Unit*), cuenta con visores infrarrojos de largo alcance y con un peso de 5 kilos. Tanto los misiles MR como el LR cuentan con un peso de 14 kilos, siendo el peso del sistema portable completo menor al del Javelin. El trípode tiene un peso de 2.8 kilos. Otra de sus ventajas es su capacidad de ser empleado en espacios confinados, ya que el motor principal del misil se enciende luego de abandonar el tubo. El precio del SPIKE es similar al del Javelin, siendo menor en el caso del MR y mayor el del LR. El CLU más un tubo lanzador con misil LR, ronda los U$D250.000.[9]

Rafael anunció que a finales de 2018 estará disponible el **SPIKE-LR II.** Esta nueva versión contará con un peso de 12 kilos, un incremento de alcance de 5500 metros, mejoramiento de la tecnología de guiado complementando la existente con un sistema de Navegación Inercial (INS) que le permite al misil cargar las coordenadas del blanco y operar bajo tormentas de arena o nieve. El aumento de la capacidad de procesamiento hará posible un ángulo de impacto mayor a 70°, con lo que podrá vulnerar a los actuales sistemas de defensa APS (Active Protection System) y es el primero con esta capacidad. Respecto de la cabeza de guerra, aumentará en un 30 por ciento la capacidad de penetración de sus cargas HEAT en tándem e incorporará a las cabezas **MPHW**, la capacidad de programar el retardo de la espoleta para que detonen dentro de un edificio, al impacto o por sobre el personal enemigo. Además de Israel, los principales usuarios del SPIKE-MR/LR son India (8350 LR), Alemania (4000 LR), España (2600 LR y 200 MR) y Chile (2200 LR). En la región, junto con Chile, el ejército de Perú (516 LR y 250 MR) y Ecuador (244 MR) cuentan con esta tecnología de última generación.[10]

FIGURA 16: ACTUALMENTE EL SISTEMA ATGW SPIKE MR/LR ES EL MÁS AVANZADO EN SU TIPO, Y HA DESPLAZADO EN ALGUNOS EJÉRCITOS AL FGM-148 JAVELIN



Por otro lado, el **SPIKE-SR**, o de corto alcance, fue dado a conocer en el año 2012 por Rafael, y la intención de la empresa

9 Navarro García José; "Polonia compra 1000 misiles anticarro Spike LR para sus vehículos de combate", revista Digital Defensa; 2015, noviembre 11. Disponible en: http://www.defensa.com/otan-y-europa/polonia-compra-1000-misiles-anticarro-spike-para-vehiculos.

10 Stockholm International Peace Research Institute. Disponible en: http://www.sipri.org/contents/armstrad/sources-and-methods

fue brindar un sistema que estuviera entre las ATAN no guiadas y las ATGM de mediano alcance, como el JAVELIN o el propio SPIKE-MR. Así, el misil SR cuenta con un alcance máximo de 1500 metros y si bien posee tecnología de guiado activo de tercera generación, el sistema de visión que utiliza el operador es el que viene incorporado por el misil para identificar el blanco; una vez realizado el disparo todo el sistema se desecha. El peso total es de 8 kilos lo que lo hace mucho más maniobrable que las versiones MR/LR que necesitan al menos dos hombres para transportar el CLU y el misil. Cuenta con dos tipos de cabeza de guerra la **HEAT en tándem** y la **PFB** (Penetration Blast Fragmentation) con mayor capacidad para derribar muros y estructuras que la multipropósito. La primera orden de aprovisionamiento de este sistema fue en mayo de 2016 y a mediados del 2017 las fuerzas armadas de Singapur fueron las primeras en contar con este moderno e innovador MANPATS.

FIGURA 17: EL NUEVO SPIKE SR (SHORT RANGE), ES EL PRIMER ATGW DE CORTO ALCANCE CON TECNOLOGÍA FAF (FIRE AND FORGET)

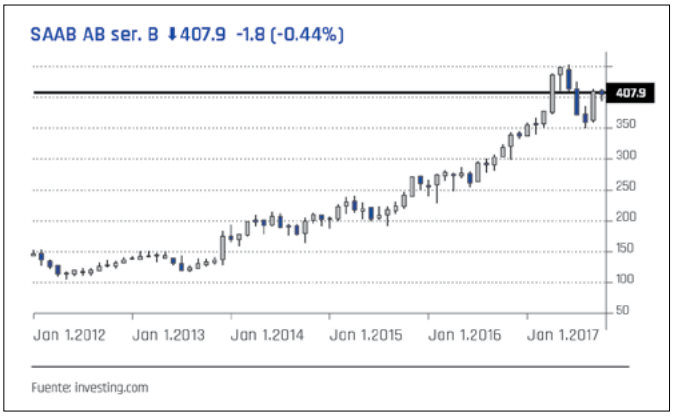


PRINCIPALES EMPRESAS DESARROLADORAS Y FABRICANTES

Entre las empresas líderes del sector, hay dos categorías bien marcadas. Por un lado, encontramos aquellas desarrolladoras y proveedoras de sistemas portables de corto alcance con productos de precios menores y por otro las que apuntan a sistemas de mediano y largo alcance, con misiles guiados, obviamente con productos tecnológicamente más complejos y de precios mucho mayores.

Entre las del primer grupo, la empresa sueca SAAB, desde la Segunda Guerra Mundial se mantiene en el podio en cuanto a innovaciones, productos ofrecidos y ventas concretadas. Posee un abanico de varios sistemas portables: CARL GUSTAF M3/M4, AT-4, NLAW y BILL2. Siendo cada uno de ellos el elegido por los ejércitos de mayor presupuesto por sobre otros productos de similares características. En sus menores niveles el AT-4, el Carl Gustaf M3/M4 y el NLAW se encuentran dentro del nivel orgánico de pelotón (sección) de los Ejércitos de Estados Unidos y Reino Unido. Fue la desarrolladora de la innovadora tecnología P-CLOS utilizada en el NLAW. En los últi-

FIGURA 18: EVOLUCIÓN DE LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS DE LA COTIZACIÓN DE LAS ACCIONES DE LA EMPRESA SAAB, DEMOSTRANDO LA CONFIANZA DE LOS INVERSORES EN EL DESEMPEÑO DE LA EMPRESA.



mos cinco años, sus ventas se han ido incrementando año a año y la cotización de mercado de la empresa creció un 300 por ciento desde el 2013. Con el BILL 2 ha comenzado a incursionar en el sector de misiles guiados de tercera generación o FaF; y se encuentra en camino de desarrollar un proyectil guiado para el cañón Carl Gustaf M4. Cabe remarcar que este producto fue el elegido por la agencia DARPA para la modernización de los MANPATS de las fuerzas armadas estadounidenses dentro del programa MOAR.

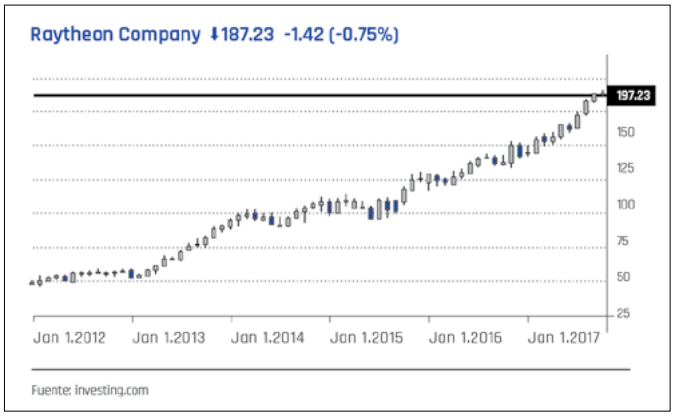
En segundo lugar, se puede ubicar a la rusa ***Bazalt***, fabricante de la histórica familia RPG. Su éxito se debe principalmente a la confiabilidad, bajo costo y prestigio de sus productos. Ha resultado ser el MANPATS más eficiente y temido de la historia, principalmente en los conflictos asimétricos, superando a sus contrapartes como el M72-LAW, el AT-4 o el MATADOR israelí u otros sistemas desechables. Sin embargo, no ha desarrollado grandes innovaciones, y sólo ha introducido en los últimos años diferentes calibres y el proyectil de carga en tándem.

La otra empresa importante en esta gama de productos es la española ***INSTALAZA***. Ofrece una gran variedad de productos, desde descartables hasta de usos múltiples, de bajo costo y modulares. Su sistema de visión y dirección VOSEL-M2 es de los más avanzados y completos del mercado y tiene la capacidad de montarse tanto en el ALCOTAN de 100 mm como en la Familia C90. Respecto de la munición, cuenta con la carga en tándem con carga hueca, la multipropósito en tándem antibunquer y para espacios confinados. Estos sistemas son actualmente utilizados en la Guerra Yemení tanto por fuerzas rebeldes, como por las fuerzas regulares locales y sauditas que participan en el conflicto.

La Noruega ***Nammo*** es la fabricante de los lanzacohetes **M72-LAW** y **SMAW** (Shoulder-Launcher Multipurpose Anti-tank Weapon), ambos empleados en el ejército de los Estados Unidos por más de 30 años, aún en vigencia. Se especializa en MANPATS livianos y descartables, siendo la empresa con mayor experiencia en este tipo de productos. Ofrece actualmente varios tipos de cabezas de guerra, desde la carga en tándem antitanque, doble propósito, carga en tándem antibunquer, y subcalibre de entrenamiento. Ha mejorado los sistemas adquisición, incorporando visión nocturna infrarroja y antirreflejo, haciéndolos modulares para incorporarlos en sus tubos lanzadores.

Respecto de los sistemas ATGM, tenemos a ***Raytheon*** y ***Lockheed Martin***, que lideraron por mucho tiempo el sector, innovando con cada generación de misiles. Entre los productos (desarrollados en conjunto en varios casos) tenemos al **TOW** y al **JAVELIN**, ambos con un uso extendido entre las fuerzas armadas más poderosas. Tienen la ventaja de ser las líderes e innovadoras en las diferentes tecnologías de guiado, no sólo en misiles, sino también en bombas aerolanzables y proyectiles de Artillería. Se encuentran entre las empresas más grandes del mundo y poseen un presupuesto para

FIGURA 19: RAYTHEON ES LÍDER EN TECNOLOGÍAS DE GUIADO Y MISILES Y LA EVOLUCIÓN DE LA COTIZACIÓN DE SUS ACCIONES MUESTRA EL ÉXITO DE SUS PRODUCTOS EN EL MERCADO DE DEFENSA.



investigación y desarrollo enorme. Sin embargo, en los últimos diez años sólo han mejorado el subsistema de dirección de tiro.

Desde hace cinco años, ***Raytheon*** con su sistema JAVELIN fue perdiendo contratos millonarios que poseía con diferentes ejércitos como India y Alemania. La responsable fue la empresa israelita ***Rafael Advanced Defense Systems,*** con sus misiles SPIKE en sus diferentes versiones MR (*Medium Range*) y LR (*Large Range*), que pueden ser disparados desde la misma plataforma. **Rafael** ha realizado grandes innovaciones año a año, como la introducción del SPIKE SR (*Short Range*) y la capacidad de lo que se podría considerar como Cuarta Generación de misiles en el SPIKE LR. Esta empresa tiene la ventaja que también es líder en lo que respecta a sistemas de protección de blindados, con el APS Trophy.

La empresa rusa ***KBP Instrument Design Bureau,*** desarrolla la familia KORNET de misiles antitanque de mediano y largo alcance, todos de Segunda Generación. Aunque no es líder en innovación en misiles antitanque, desarrolla y produce sistemas ERA y APS, como el Drodz-2 y recientemente el AFGANIT que se encuentra en etapa de prueba de campo. Este último es el primer APS en neutralizar completamente un proyectil de energía cinética. Junto a las israelitas *Rafael e Israel Military Industries,* lideran el estado de arte de tecnologías de sistemas de protección balística.

Es interesante destacar a la empresa turca ***Roketsan***, creada en 1987 por el gobierno turco. Es una de las empresas especializada en productos para la defensa que más ha crecido, ubicándose este año entre las 100 empresas de defensa más valiosas del mundo. Además de poseer las licencias de fabricación de los misiles Stinger y Rapier, ha desarrollado una gran gama de productos propios, desde misiles hasta satélites. Entre sus productos encontramos al sistema **ATGM OMTAS,** un misil de mediano alcance con tecnología de Cuarta Generación al igual que el SPIKE LR. A partir del año 2008 comenzó a desarrollar sistemas de protección balística reactivos (ERA). Posee tres armaduras modulares desarrolladas en producción y una aún en etapa de proyecto.

FIGURA 20: EL SISTEMA MANPATS TURCO OMTAS ES UN ATGW DE MEDIANO ALCANCE CON TECNOLOGÍA DE GUIADO DE 4TA GENERACIÓN, CON EL SPIKE-LR SON LOS ÚNICOS DEL MERCADO.



La tabla que se presenta a continuación brinda la información de empresas que desarrollan y fabrican MANPATS de manera directa como Raytheon o Saab, o que poseen la capacidad de hacerlo ya que cuentan con el desarrollo de tecnologías de guiado, como Leonardo o Dhiel, las cuales fabrican el proyectil guiado de artillería Vulcano. Figura también el puesto que ocupan dentro de la totalidad de empresas que ofrecen productos para la defensa, en base a los ingresos en millones de dólares que obtuvieron durante el año 2016. Si bien no participa en el rubro MANPATS, la brasilera EMBRAER es la única empresa latinoamericana entre el top 100 del sector defensa.[11]

11 Top 100 Global Defense Companies. Disponible en http://people.defensenews.com/top-100/

UBICACIÓN EN EL RANKING DE EMPRESAS DE DEFENSA	COMPAÑÍA	PAÍS DE ORIGEN	INGRESOS POR DEFENSA (EN MILLONES U$D) 2016	% DE INGRESOS POR DEFENSA RESPECTO DEL INGRESO TOTAL	TECNOLOGÍA RELACIONADA A MANPATS
1	Lockheed Martin	U.S.	$43,468.00	92%	ATGW - Guiado
3	BAE Systems	Reino Unido	$23,621.84	91%	Cabezas de Guerra-Guiado
4	Raytheon Company	U.S.	$22,384.17	93%	ATGW - Guiado
6	General Dynamics	U.S.	$19,696.00	63%	Protección Balística
9	Leonardo	Italia	$8,526.22	64%	Cabezas de Guerra-Guiado
10	Thales	Francia	$8,362.00	50%	Protección Balística
11	Almaz-Antey	Rusia	$7,412.90	100%	Misiles - Guiado
26	Rheinmetall	Alemania	$3,270.06	57%	Cabezas de Guerra – Protección Balística APS
27	Elbit Systems Ltd.	Israel	$3,147.20	97%	Guiado
31	Orbital ATK	U.S.	$2,871.00	65%	Guiado
32	Tactical Missiles Corporation, JSC	Rusia	$2,866.24	98%	Misiles - Guiado
33	Israel Aerospace Industries	Israel	$2,618.00	73%	Guiado - Protección Balística
37	Rafael Advanced Defense Systems	Israel	$2,354.56	100%	ATGW - Guiado Protección Balística
38	Saab	Suecia	$2,307.62	83%	Guiado - Cañón sin retroceso - Lanzacohetes - Cabezas de Guerra - ATGW
45	Uralvagonzavod	Rusia	$1,584.29	71%	Protección Balística (Fabrica la Serie de Blindados T)
92	Israel Military Industries	Israel	$496.00	100%	Guiado - Protección Balística
93	Nammo	Noruega	$495.00	100%	MANPATS de corto alcance - Cabezas de Guerra
94	Diehl Defence Holding	Alemania	$482.85	13%	Guiado - Cabezas de Guerra
98	Roketsan	Turquía	$363.69	100%	GUIADO - ATGW Sistemas Protección Balística (ERA)

CONCLUSIONES

> Los conflictos asimétricos del siglo XXI, producidos principalmente en ambientes urbanos y compartimentados, han redefinido el empleo de las armas portátiles antitanque que poseía la infantería. Desarrolladas originalmente como armas de defensa, las MANPATS, demostraron ser un arma indispensable en este tipo de conflicto. Observamos a través de programas como el MOAW (*Massive Overmatch Assault Weapon*) del Ejército de Estados Unidos, la tendencia a

contar, dentro de los grupos o equipos de infantería convencionales, con un arma multipropósito, recargable con distintos tipos de munición, capaz de ser operada dentro de espacios confinados por uno o dos combatientes y de fácil transporte.

> Para tropas que deben ocupar y mantener un terreno, por un período determinado, armas como el AT-4 o el M72-LAW o el MATADOR, no son ya las ideales ya que ofrecen un solo disparo y dejan expuesto o restan capacidades al equipo o grupo para continuar en las operaciones.

> Los sistemas de un disparo o descartables, podrán seguir empleándose en misiones de corta duración como una incursión, ya que su principal ventaja es el fácil transporte.

> Los factores determinantes para inclinarse por algún producto específico serán: tipos de munición (mínimo carga en tándem), modularidad para colocar nuevos accesorios (miras o visores), transporte (tamaño y peso), alcance y costos.

> Como todo armamento, la confiabilidad del sistema y del fabricante es determinante al escoger entre uno y otro. Aquí, *Saab* y *Bazalt*, poseen con el Carl Gustaf y el RPG respectivamente, más de 60 años de experiencia. La española *Instalaza* y la noruega *Nammo*, también ofrecen productos probados en conflictos urbanos.

> Los sistemas MANPATS ATGM, como el JAVELIN y el SPIKE, continúan siendo indispensables para el combate contra los tanques modernos y sus sistemas de protección balística.

> Si bien los misiles con tecnología de guiado SACLOS (2da Generación) continúan en vigencia, todo apunta a que en el corto tiempo terminen siendo reemplazados mínimamente por los de tecnología FaF (*Fire and Forget*) o de Tercera Generación. En ambientes urbanos, la capacidad de los misiles antitanque de Cuarta Generación como el SPIKE LR o el OTMOS de ser disparado sin un blanco determinado y adquirirlo una vez en vuelo, los posiciona como el ideal en este tipo de ambiente con escaso campo de observación y fuego.

> A pesar de las constantes innovaciones en las tecnologías de protección blindada como la ERA o las APS, hasta el más moderno tanque de batalla es muy vulnerable en un ambiente urbano. Si bien estos sistemas actuando en conjunto pueden neutralizar cargas en tándem de cualquier misil o cohete, no consiguen hacerlo si el enemigo lanza simultáneamente varios proyectiles mediante fuego reunido, así sean modestos cohetes RPG-7 o costosos misiles Javelin.

> No se puede concebir en el combate moderno a ninguna fracción de infantería convencional, desde el nivel subunidad hacia abajo, que no posea un sistema MANPATS entre sus sistemas de armas, sin importar si el enemigo es una tropa convencional o irregular.

> Lo ideal, como el ejército británico, el israelí o próximamente el de Estados Unidos, es poseer dentro del nivel subunidad, tres o cuatro MANPATS escalonados que les permitan batir diferentes blancos a distintas distancias, siendo coherentes en el costo-beneficio y manteniendo la eficacia en la defensa antitanque frente a los MBT (*Main Battle Tank*). Para el combatiente individual, se le puede incluir un lanzador descartable y liviano como el M72-LAW. En el grupo de tiradores un lanzador recargable con disponibilidad de diferentes tipos de municiones como el Carl Gustaf M4 o el RPG-7/29/32. Dentro de la sección, un arma de mayor alcance con algún sistema de guiado, siendo aún de fácil transporte como el NLAW o el SPIKE MR. Y dentro del nivel subunidad, podemos sí incluir a los sistemas más complejos como el Javelin, el SPIKE MR/LR o el OTMOS, todos ellos pudiendo ser transportados y operados por dos combatientes.

> A la vista de las nuevas tecnologías de sistemas de armas multipropósito, la definición doctrinaria que marca la diferencia entre lanzacohetes y lanzamisiles para las plataformas utilizadas, queda ya anticuada y técnicamente incorrecta. El Carl Gustaf como vimos, no es un lanzacohetes y el NLAW no es técnicamente un lanzamisil, ya que, si bien posee una tecnología predictiva de guiado, al proyectil no se le puede modificar la trayectoria una vez lanzado.

Además, en el caso de que Saab termine de desarrollar un proyectil guiado para el cañón sin retroceso Carl Gustaf M4, este contará con la capacidad de disparar, desde la definición doctrinaria, un cohete o un misil. Esta capacidad lo terminaría dejando al margen de cualquier clasificación doctrinaria para este tipo de sistema de armas. Es necesario entonces, tal como lo hizo el US Army, colocarlos bajo una clasificación que incluya a todas las armas de apoyo multipropósito portátiles destinadas a las menores fracciones de combate.

> El resurgimiento de empresas como *Instalaza* o *Bazalt*, o la capitalización de mercado de *Saab*, *Raytheon* o *Roketsan*, demuestra la creciente demanda de los sistemas de armas que producen y la relevancia que las principales fuerzas armadas del mundo le dan a la tecnología de control y guiado, ya sea para reducir el daño colateral o aumentar la precisión. Los datos demuestran que los sistemas de armas MANPATS están más vigentes que nunca en el campo de combate del siglo XXI.

BIBLIOGRAFIA Y FUENTES

> Departament of Defense of United States of America (2016, febrero 16), *"Dictionary of Military and Asociated Terms"*, Joint Publication (actualización). Recuperado de http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp1_02.pdf
> Berman y Leff (2008), *"Light Weapons:Products, Producers and Proliferation"* in "Small Weapons Survey 2008: Risk and Resilience". Cambridge: Cambridge Univerity Press, pag. 6-41.
> United Nations Security Council (2017, enero 01). *"Final Report of the Panel of Expert son Yemen S/2017/81"*.
> Cross, Kenneth, Ove y Jenzen-Jones (2016). *"Explosive Weapons in Populated Areas: Technical Considerations Relevant to Their Use and Effects"*. ARES (Armament Research Services). Special Report No 1.
> Rodriguez y Jenzen-Jones (2016). *"Spanish C90-CR rocket launchers & Alhambra hand grenades in Yemen"*. ARES (Armament Research Services). Special Report No 6.
> Ferguson y Jenzen-Jones (2014), *"Raising Red Flags: An Examination of Arms & Munitions in the Ongoing Conflict in Ukraine"*. ARES (Armament Research Services). Special Report No 3.
> Saab Solutions Company (2017), *"Ground Combat Systems"*, Brochure. Recuperado de http://saab.com/globalassets/commercial/land/weapon-systems/support-weapons/nlaw/gcs_brochure.pdf
> Saab Solutions Company (2017), *"The 84mm Carl Gustaf Multi-Purpose Weapon System "*, Brochure. Recuperado de http://saab.com/globalassets/commercial/land/weapon-systems/support-weapons/carl-gustaf-m3/carl-gustaf-m3.pdf
> Dodson B. (2012, febrero 01), *"Rheinmetall tests new Active Defense System under live fire"*, New Atlas Digital Magazine. Recuperado de http://newatlas.com/rheinmetall-ads-live-fire-test/21278/
> Judson J. (2016, diciembre 16), *"2017 Holds key Army decisions for a Vehícle Active-Protection Kit"*, Defense News Magazine. Recuperado de http://www.defensenews.com/land/2016/12/16/2017-holds-key-army-decisions-for-vehicle-active-protection-kit/
> IMI Systems (2016), *"Iron Fist: Soft and Hard kill full Spectrum Active Protection System"*. Recuperado de http://www.imisystems.com/wp-content/uploads/2017/01/iron-fist.pdf
> Scout Warrior (2017, junio 07), *"Army Tanks Stop RPG and Anti-tank Missiles"*, Scout Warrior Digital Magazine. Recuperado de http://scout.com/military/warrior/Article/Army-Tanks-Strykers-Bradleys-Get-Vehicle-Mounted-Active-Protecti-101454662
> Marcus J.(2017, mayo 30), *"El innovador sistema de Rusia que hace menos efectivas las*

armas antitanque de la OTAN", BBC mundo. Recuperado de http://www.bbc.com/mundo/noticias-40092941
> TASS Russian News Agency (2017, enero 19), *"Russia's new active protection system to shield T-72, T-90 tanks from US TOW missiles"*, Military and Defense. Recuperado de http://tass.com/defense/925963
> Crane D. (2009, Agosto 30), *"Artis IRON CURTAIN Active Protection Sistems (APS): Shoot-down ballistic reactive ground vehicle defense system"*, Defense Review Magazine. Recuperado de http://www.defensereview.com/artis-iron-curtain-active-protection-system-aps-shoot-down-ballistic-reactive-ground-vehicle-defense-system/
> United States Departament of Defense (2017, marzo), *"Program Acquisition Cost by Weapon System"*, Fiscal Year 2018 Budget Request. Recuperado de http://comptroller.defense.gov/Portals/45/documents/defbudget/FY2018/FY2018_Weapons.pdf
> The British Army, "Javelin Anti-tank Weapon". Recuperado de http://www.army.mod.uk/equipment/23232.aspx
> The British Army, "NLaW". Recuperado de http://www.army.mod.uk/equipment/23334.aspx
> Raytheon (2006), "64x64 LWIR Focal Plane Assembly (FPA)". Recuperado de http://www.raytheon.com/capabilities/rtnwcm/groups/ncs/documents/content/rtn_ncs_products_scanning_jave.pdf
> Shanker T. (2003, septiembre 22), *"THE STRUGGLE FOR IRAQ: COMBAT; How Green Berets Beat The Odds at an Iraq Alamo"*, The New York Times. Recuperado de http://www.nytimes.com/2003/09/22/world/the-struggle-for-iraq-combat-how-green-berets-beat-the-odds-at-an-iraq-alamo.html
> Roblin S. (2016, octubre 01), *"Javelin: The American Military's Ultimate tank Killer"*, The National Interest digital Magazine. Recuperado de http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/javelin-the-american-militarys-ultimate-tank-killer-17895
> Eshel T. (2017, mayo 10), "Rafael's 'Smarter' Spike is Designed to Defeat Tanks with Active Protection", Defense Update Digital Magazine. Recuperado de http://defense-update.com/20170529_spike_lr_2.html
> Navarro García J. (2017, julio 17), "Singapur compra el misil anticarro ligero Spike-Sr", Defensa Revista Digital. Recuperado de http://www.defensa.com/industria/singapur-compra-misil-anticarro-ligero-spike-sr
> Nammo (2015), "Nammo awarded contract for shoulder launcher munitions", News and Events. Recuperado de https://www.nammo.com/news-and-events/news/nammo-awarded-contract-for-shoulder-launched-munitions/
> Eshel T. (2017, mayo 29), "Rafael's 'Smarter' Spike is Designed to Defeat Tanks with Active Protection", Defense Update Digital Magazine. Recuperado de http://defense-update.com/20170529_spike_lr_2.html
> Dabrowski M. (2017, febrero 13), "Light Anti Tank Weapons to be Manufactured in Poland? New Generation of the LAW System". Recuperado de http://www.defence24.com/545735,light-anti-tank-weapons-to-be-manufactured-in-poland-new-generation-of-the-law-system
> Roketsan (2017), "OMTAS Medium-Range Antitank Weapon System", Brochure. Recuperado de http://www.roketsan.com.tr/wp-content/uploads/2012/09/OMTAS-ENG-email.pdf
> Rafael Advanced Defense Systems (2017), "Maneuver & Survability", Brochure. Recuperado de http://www.rafael.co.il/SIP_STORAGE/FILES/5/2205.pdf
> Rafael Advanced Defense Systems, "Lethality", Brochure. Recuperado de http://www.rafael.co.il/SIP_STORAGE/FILES/0/2220.pdf

(*) **Fernando Daniel Quinodoz** es Capitán de Infantería del Ejército Argentino, Licenciado en Administración y Paracaidista Militar. Posee una especialización en Ciencias Militares por la Escuela de Perfeccionamiento de Oficiales (EsAO) del Ejército de la República Federativa de Brasil (2013). Actualmente se encuentra cursando la carrera de Ingeniería Mecánica (Esp Armamentos) en la Escuela Superior Técnica del Ejército "Grl Manuel N. Savio". Se desempeña también como Observador Tecnológico de Armamentos en el CEPTM "Grl MOSCONI".

3.INFORMÁTICA

3.1

Automatización e Inteligencia Artificial. El mercado laboral y una proyección al ámbito de la Defensa

Por el Coronel (R) VGM Ing. José Fernando Lopez*

ABSTRACT

Mucho se ha escrito en los últimos años sobre el impacto en un futuro próximo de la automatización, la Inteligencia Artificial, los avances tecnológicos y el peligro que ello podría suponer para el empleo, tal cual hoy lo conocemos.

Para poder establecer una correlación adecuada, debemos hacer un poco de historia, analizar el pasado próximo, los hechos ocurridos que hayan modificado el rumbo y la situación actual del mercado del trabajo, con una evolución posible.

En virtud de las complejidades y multicausalidades que afectan, o se estima puedan afectar en un futuro próximo al empleo, solo se pretende una mirada crítica sobre una parte acotada de ese proceso, el impacto de innovaciones tecnológicas sobre el trabajo; entendiendo que en ese futuro también habrá evolucionado el entorno; es decir la sociedad, las organizaciones y sus hombres y mujeres.

Finalmente, algunas reflexiones, dentro de ese escenario del mercado laboral y su alcance al ámbito de la defensa, para estimar si esa proyección podrá afectar de alguna manera el empleo de sus recursos humanos.

Palabras clave: Automatización – Inteligencia Artificial – Mercado Laboral - Defensa

INTRODUCCIÓN

Los inicios de Inteligencia Artificial estuvieron ligados al desafío, no trivial, de lograr que operaciones de lógica -que parecían exclusivas de los seres humanos- pudieran ser realizadas por una máquina.

Las primeras discusiones sobre simulación de lenguaje, redes neuronales y capacidad de aprendizaje de las máquinas aparecen, entre otros temas, el 31 de agosto de 1955 en *"THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE"*[1], Conferencia

1 http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html

organizada por John McCarthy en el Dartmouth College de Hanover, New Hampshire, Estados Unidos, apoyados económicamente por la Fundación Rockefeller y con destacados científicos participantes de la época (*Marvin Minsky*, de MIT; *Claude Shannon*, de laboratorios Bell; *Nathaniel Rochester*, de IBM; *Allen Newell*, del Carnegie Institute of Technology (quien luego sería primer presidente de la AAAI[2]); Herbert Simon, Nobel de Carnegie-Mellon University) y otras figuras importantes que SIN HABER PARTICIPADO de la Conferencia se sumaron de inmediato al interés por la IA (*John Nash*, de Princeton; *Norman Shapiro*, de la Rand Corporation; *Donald MacKay*, de University of London; entre otros).

La realización de esa conferencia fue determinante en el impulso del tema, ya que concretó la apertura de laboratorios de IA en algunas universidades estadounidenses, *Allen Newell y Herbert Simon* en la Universidad de Carnegie Mellon, *John McCarthy y Marvin Minsky* en el MIT, y otros científicos que continuaron con esta iniciativa en la Universidad de Cambridge y en la Universidad de Stanford, entre las más relevantes.

En 1958 *John McCarthy,* crea un lenguaje de programación de alto nivel, **LISP** (acrónimo de "**Lis**t **P**rocessing"), cuya mayor ventaja para su uso en programación de IA es que tanto su **código** como sus **datos** tienen la misma estructura, en formato de **lista**.

En 1972 un grupo de estudiantes de la Universidad de Aix-Marseille, basado en un trabajo de la Universidad de Edimburgo, desarrolla otro lenguaje de programación: **PROLOG**, (acrónimo de "**Pr**ogramming in **Log**ics") como un lenguaje simple, basado en nociones matemáticas de relaciones de inferencia. Conceptualmente, un programa en prolog consiste de una base de datos (hechos de relaciones lógicas) y condiciones o relaciones entre ellas.

En los inicios de 1980, las primeras apariciones de la **programación orientada a objetos** completan las herramientas de base disponibles para alcanzar resultados adecuados en IA.

Sin embargo, ya iniciada la década del 70 se produce un importante bache tecnológico denominado "AI Winter" (Invierno de la Inteligencia Artificial) producto de predicciones incumplidas, informes muy críticos (Lighthill Report[3] 1973), altas inversiones con magros resultados finales, capacidad de procesamiento insuficiente; y, finalmente, su consecuencia no deseada, muchos proyectos abandonados.

A mitad de los 80 aparecen nuevos sistemas comerciales que podríamos denominar "sistemas expertos". Con características menos ambiciosas que la AI, no se trataba de crear inteligencia ni aprendizaje, sino que estos sistemas pudieran centrarse en tareas más acotadas de un problema particular, utilizando para ello programas basados en reglas.

Se considera que en 1990 finaliza el "AI Winter". Esfuerzos aislados permiten recuperar técnicas de IA abandonadas en décadas anteriores. Hacen su reaparición grandes empresas como IBM y MICROSOFT con proyectos de IA, así como universidades destacadísimas como MIT y Stanford. El enfrentamiento hombre-máquina, produce en 1997 un hecho relevante del siglo XX cuando "Deep Blue" la supercomputadora desarrollada por IBM derrota al campeón mundial de ajedrez Garry Kasparov por 3½ a 2½.

En 2002 la empresa iRobot lanza el primer robot comercial para el hogar, Roomba, una aspiradora autónoma, de la cual logra vender más de diez millones de unidades en el mundo y en 2005 aparecen los primeros robots de aplicación militar, Boston Dynamics invierte en el robot autónomo "BigDog" construido para ser utilizado como transporte de carga robótica en terrenos

---

2 http://www.aaai.org/ - Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI), fundada en 1979 y dedicada al estudio de la Inteligencia Artificial.

3 https://www.math.snu.ac.kr/~hichoi/infomath/Articles/Lighthill%20Report.pdf

peligrosos, aunque nunca entró en servicio y luego desarrolla "PackBot" utilizado para desactivación de bombas en Afganistán y con capacidades particulares como la de olfateo de explosivos.

En febrero de 2011, en otro desafío hombre-máquina, otro supercomputador de IBM: "Watson", luego de tres días de competencia, le gana a dos campeones de un juego televisivo de preguntas y respuestas llamado *Jeopardy!*, mediante la utilización de un motor de IA que decidía por sí mismo la mejor respuesta a cada pregunta.

A todo este conjunto de avances se suman sondas espaciales, drones, enjambres de drones, robots industriales, sistemas de voz, vehículos autónomos y otros; en los distintos formatos de los autómatas de nuestro tiempo. Como toda industria tecnológica de punta hay en esto un componente de "marketing", que a veces exagera resultados de las investigaciones, mezclado con el avance real dentro de cada novedad. Nos preguntamos entonces, respecto de infinidad de publicaciones y noticias: ¿cómo puedo determinar fácilmente dónde se evidencia un desarrollo de Inteligencia Artificial y dónde no?

En 2004, Russell y Norvig[4] organizan la IA en cuatro categorías asociadas a los procesos mentales del razonamiento y la conducta humana:

- Sistemas que **piensan como los humanos** (buscan imitar el pensamiento humano, un buen ejemplo son las redes neuronales artificiales, que imitan el funcionamiento del sistema nervioso),
- Sistemas que **actúan como los humanos** (buscan imitar el comportamiento humano, el ejemplo clásico es el "robot" y se considera que se alcanza este nivel superando el test de Turing[5]),
- Sistemas que **piensan de modo racional** (buscan imitar el pensamiento lógico de los seres humanos, es decir, que pueden razonar aplicando silogismos sobre algún tema concreto)
- Sistemas que **actúan de manera racional** (buscan imitar el comportamiento racional de los seres humanos, siendo capaces de percibir el entorno, actuar en forma autónoma, adaptarse al cambio y crear y perseguir objetivos).

Como variante de esta clasificación, Arend Hintze[6], experto en el tema, identifica cuatro tipos de Inteligencia Artificial:

- **Máquinas Reactivas,** en el nivel más elemental de la IA y sobre el que más organizaciones y empresas incursionan. Se puede asociar con el concepto común del "robot". Es una máquina compleja altamente eficiente para una tarea concreta. Incapaz de interactuar en entornos desconocidos, hacer juicios de valor o aprender de experiencias. Percibe su entorno de forma directa y actúa de forma sistemática y constante. Los ejemplos más claros son "Deep Blue", mencionado anteriormente o el desarrollo de Google "AlphaGo".
- **Máquinas con Memoria Limitada,** caracterizadas por almacenar datos por un tiempo acotado. Interactúan con la realidad utilizando esos datos guardados para tomar las mejores decisiones respecto de su entorno. Un ejemplo son los autos autónomos, que cuentan con información almacenada de rutas, caminos y señalización, al que le agregan detalles del momento con datos sobre obstáculos, peatones u otros vehículos próximos.
- **Máquinas capaces de comprender la teoría de la mente,** exigen la capacidad de reconocer, evaluar y actuar respecto de una persona, un animal o una cosa en un ambiente

4 Stuart Russell & Peter Norvig "ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A Modern Approach" (3rd Edition – 2010) página 2

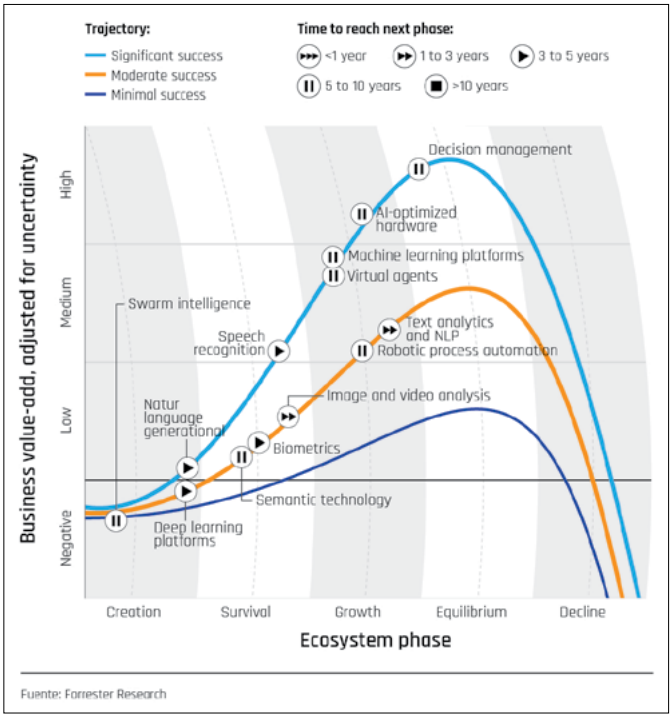
5 Test de Turing, propuesto por Alan Turing en 1950. Permite a través de un interrogatorio anónimo de preguntas y respuestas, determinar operativamente si el interrogado es humano o un robot.

6 https://www.researchgate.net/profile/Arend_Hintze (consultado Julio 2017)

complejo sobre el que se programe. Implica un alto nivel de interacción y trabajo en equipo, respetando el entorno existente. Requiere de un nivel de conciencia que advierta la existencia de "otro" sabiendo que tiene sus propias intenciones y pensamientos. Existen prototipos, pero ningún desarrollo importante.

> **Máquinas con conciencia propia,** es el máximo nivel posible. Estas máquinas tienen conciencia, característica propia de los seres humanos. Al día de hoy no se cuenta con la tecnología para desarrollar o crear una conciencia artificial, así como tampoco se poseen suficientes conocimientos sobre la mente humana como para obtener algún logro significativo en esta área.

AVANCES SIGNIFICATIVOS EN IA 2017-1Q: (FUENTE FORRESTER RESEARCH)



En base a estas clasificaciones, podemos inferir que estamos en presencia de IA cuando el sistema ha superado el test de Turing o desde otro punto de vista cuando el sistema es capaz de "aprender".

En general, cualquier nueva tecnología responde a un ciclo previsible, siempre aparece, irrumpe, avanza y crece de la forma que puede, por donde puede y luego de un tiempo se estabiliza y comienzan a establecerse regulaciones y controles.

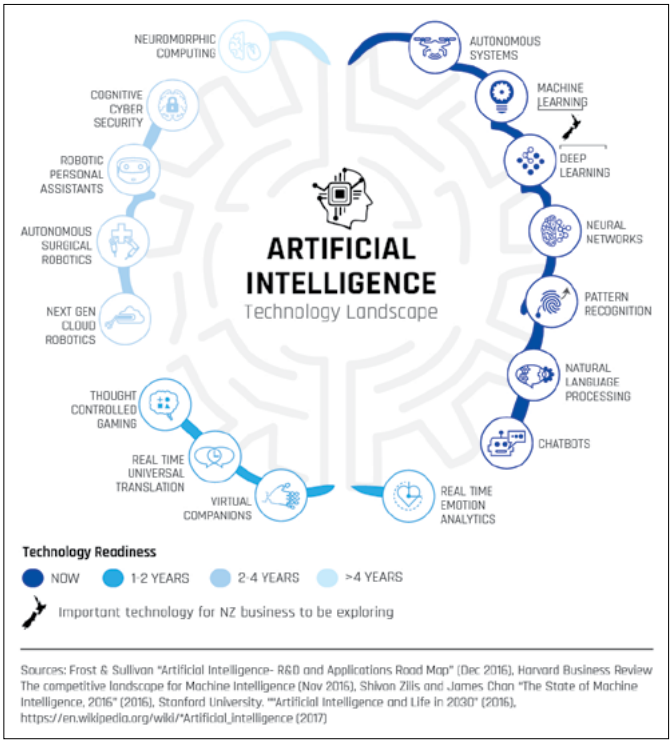
Por ello y percibiendo la relevancia del tema, la madurez tecnológica del momento y la falta de regulaciones de todo tipo, en septiembre de 2016 se conforma una asociación: "Partnership on AI"[7] (Asociación en Inteligencia Artificial), y sus siete socios fundadores eran: IBM, Microsoft, Facebook, Apple, Google, Amazon y Deep Mind, con una clara misión orientada a la **regulación ética** de la IA:

> "...Estudiar y formular mejores prácticas en tecnologías de inteligencia artificial, para promover la comprensión pública de la inteligencia artificial, y para servir como una plataforma abierta para la discusión y el compromiso sobre la IA y sus influencias en las personas y la sociedad."

Además de sus socios fundadores, cuenta con más de 46 socios en todo el mundo tras el mismo objetivo, entre ellos Intel, SAP, Accenture, AAAI, AI2, ACM, Digital Asia Hub, Doteveryone, EBay, McKinsey & Co, NVidia, OpenAI, Salesforce, SONY, UNICEF y otros.

7 https://www.partnershiponai.org/

MAPA DE TECNOLOGÍAS IA: (FUENTE: CALLAGHAN INNOVATION (INFOGRAPHIC) [8]



EL MERCADO LABORAL, AUTOMATIZACIÓN E IA

"No hay paz allí donde falta el trabajo o la expectativa de un salario digno"
Papa Francisco

La frase corresponde a palabras del Papa ante los líderes de 27 países europeos reunidos en Roma con motivo del 60° aniversario de la firma del tratado de Roma, origen de la Unión Europea. Dentro de sus reflexiones sobre los actuales problemas de esa comunidad, el Papa dejó explicito el escenario no deseado al que conduce "la falta de trabajo".

Más de diez años le demandó al economista británico Adam Smith (1723-1790) finalizar su obra *"An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations"*[9], tratado de cinco libros que sentaría las bases de la economía clásica. Dentro de su obra, es el "trabajo" el que considera el más relevante de los ***factores de la Producción*** junto al "capital" y a la "tierra", conformando esa trilogía de recursos naturales utilizados en el proceso productivo, bienes durables utilizados para producir otros bienes y servicios, y tiempo dedicado a la producción.

> *"El trabajo anual de cada nación es el fondo del que se deriva todo el suministro de cosas necesarias y convenientes para la vida que la nación consume anualmente, y que consisten siempre en el producto inmediato de ese trabajo, o en lo que se compra con dicho producto a otras naciones."*

Es el **trabajo** el verdadero motor, es de allí de donde proviene la riqueza en última instancia y, conceptualmente, excede claramente lo "económico", para ubicarlo por su relevancia dentro del contexto como sostén del equilibrio y la armonía social.

El mercado laboral ha sufrido una serie de cambios, que se pueden asociar en gran medida al advenimiento de las revoluciones industriales.

Alrededor de 1786 se puede establecer el inicio de la primera revolución industrial (Inglaterra), caracterizada por el drástico cambio en la evolución de los medios de producción, funda-

8 http://www.callaghaninnovation.govt.nz/sites/all/files/callaghan-innovation-infographic-artificial-intelligence.pdf

9 https://www.ibiblio.org/ml/libri/s/SmithA_WealthNations_p.pdf

mentalmente a través de la incorporación de máquinas de vapor, de tracción e hidráulicas.

Poco antes de la Primera Guerra Mundial, se produce la segunda revolución industrial (Inglaterra, Europa, Estados Unidos y Japón), impulsada a partir de avances como la electricidad, las redes de transporte y las comunicaciones, el automóvil de combustión interna y otras mejoras en la industria.

La tercera revolución surge en los últimos 30 años del siglo XX, de la mano de la aviación, los avances sobre el espacio exterior, el dominio de la energía atómica, la irrupción de Internet y las tecnologías asociadas para automatizar la producción.

La naturaleza del trabajo ha ido cambiando, desde lo artesanal y transaccional a la producción en masa centrada en el servicio al cliente.

Lo que hoy se llama la cuarta revolución industrial está caracterizada por la innovación tecnológica que seguirá produciendo cambios en el funcionamiento de las sociedades, en su manera de vivir y de trabajar. Se produce una convergencia de tecnologías como la robótica, la nanotecnología, la computación cuántica, la impresión aditiva, la Internet de las cosas, la inteligencia artificial y la biología avanzada, entre otros avances.

Esa convergencia produce y producirá mayores cambios en todos los ámbitos de nuestra sociedad y, fundamentalmente, en la manera como las personas, las empresas y las sociedades trabajan, producen, distribuyen, consumen y descartan bienes y servicios. Es seguro, entonces, que tendrá un efecto disruptivo sobre el empleo, aunque es prematuro aún predecir la dimensión de ese cambio.

También sería un error conceptual y una simplificación creer que el mercado laboral es afectado únicamente por lo tecnológico. En los últimos siglos, la naturaleza de la sociedad ha cambiado y, por ende, ha cambiado el peso relativo de los factores de producción definidos por Adam Smith mencionados previamente, el entorno y los problemas sociales son otros y más complejos.

La ***Organización Internacional del Trabajo*** (OIT) lanzó en 2015 la "Iniciativa del Centenario relativa al futuro del Trabajo"[10] en el espíritu de generar un genuino debate sobre el tema para el 2019 (año del Centenario de la OIT), en ese documento sostiene que "..la tecnología, a pesar de los trastornos inevitables que provoca, en el largo plazo ha creado más empleos de los que ha destruido, y ha incrementado los niveles de vida." Sin embargo agrega a continuación "...cabe preguntarse si la revolución tecnológica en curso ofrece un potencial tan grande para reemplazar la mano de obra que rompe por completo con todo lo que la precedió, y si, a fin de cuentas, no es en realidad un factor que inhibe en lugar de propiciar el trabajo decente" quedando abierto para 2019 el interrogante sobre el impacto de la tecnología sobre el empleo.

> En ese mismo trabajo se expone un detallado y duro análisis del mundo del trabajo actual, siendo de particular interés los ítems que se mencionan a continuación:
> El ritmo de crecimiento económico mundial actual es menor del que había antes de la crisis financiera de 2008. En todo el mundo, hay algo más de 200 millones de personas desempleadas; 30 millones más que en 2008.
> Las tendencias demográficas incorporan al mercado de trabajo 40 millones de personas cada año, lo cual implica que de aquí a 2030 la economía mundial deberá crear más de 600 millones de nuevos puestos de trabajo.
> El número de trabajadores que viven en la extrema pobreza se ha reducido en las últimas décadas, pero unos 319 millones de trabajadores siguen viviendo con menos de US$1,25 al día.

---

10 http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/meetingdocument/wcms_370408.pdf

- El problema de la pobreza va unido al de la protección social adecuada, a la que sólo puede acceder el 27 por ciento de la población mundial.
- La globalización ha generado un proceso continuo de internacionalización del sistema mundial de producción con predominio de algunas cadenas mundiales de suministro.
- La internacionalización de los mercados de trabajo y el nivel de la migración internacional actual es de 232 millones de hombres y mujeres, que representa un aumento de más del 50% desde 1990.
- La mitad de los empleos y de la producción de la fuerza de trabajo mundial se concentra en la economía informal.
- Accidentes y Enfermedades profesionales representan un costo social y económico del orden del 4 por ciento del producto mundial.
- La mitad de los trabajadores del mundo se encuentra en países que no han ratificado Convenios de libertad sindical y protección de derechos.
- Todavía hay 168 millones de niños que trabajan y 21 millones de víctimas de trabajo forzoso; sigue habiendo discriminación arraigada, por motivos de género, por origen étnico, religión o discapacidad.
- La perspectiva de conservar un mismo empleo durante toda la vida laboral ha quedado obsoleta en el mundo del trabajo de hoy en día. Cabe preguntarse en qué medida será reemplazado por formas de trabajo cada vez más flexibles, a corto plazo y efímeras, en vista a que hay un aumento de la movilidad espacial y funcional de los trabajadores.

Para cerrar el comentario, vale la pena rescatar de allí una acabada síntesis del ***significado social*** del trabajo:

> *"El acceso al trabajo es determinante para el desarrollo personal y la inclusión social, dos dimensiones que pueden ofrecer más o menos satisfacción en función de la naturaleza del propio trabajo y de las condiciones en que se realiza. El individuo espera que su trabajo tenga sentido y sirva para algo, espera recibir una compensación material que le permita convertirse en un actor independiente, de pleno derecho y apreciado en su justo valor como miembro de la sociedad."*

No ajenos a lo que ocurre en el mundo laboral y a la luz de los incipientes avances de la Inteligencia Artificial, muchos científicos y personalidades de nuestro tiempo ligados al área tecnológica han comenzado este debate, en el que se vincula el empleo con los riesgos u oportunidades que representa la IA, con diversidad de opiniones y argumentos de valor.

> *"…La inteligencia artificial supone un riesgo fundamental para la existencia de la civilización humana."* - Elon Musk (cofundador de PayPal, Tesla Motors, SpaceX, Hyperloop, SolarCity y OpenAI)

> *"…La I.A. tiene el potencial para ser el mayor acierto, o el peor error de la humanidad."* - Stephen Hawking (Físico teorico, Astrofísico)

> *"…La inteligencia artificial va a superar la capacidad intelectual del ser humano, pero lo cuidará por considerarlo parte de la naturaleza."* - Steve Wozniak (cofundador de Apple con Steve Jobs)

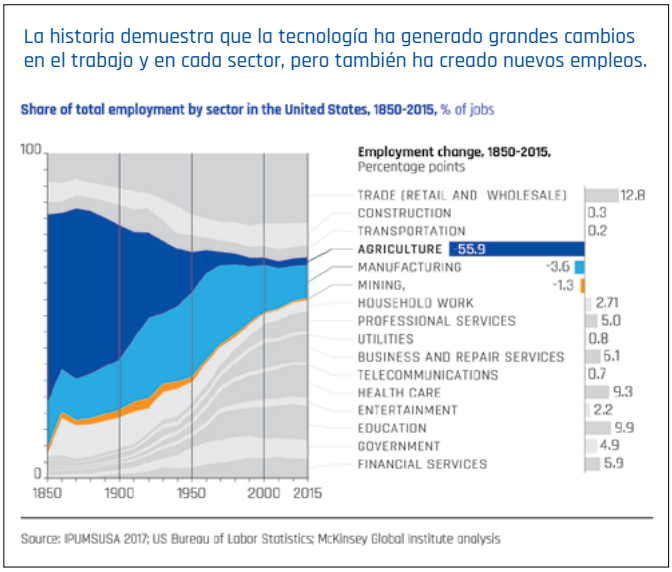
> *"…No debemos temer a la IA porque hará una cantidad increíble de cosas buenas para mejorar el mundo."* - Mark Zuckerberg (creador de Facebook)

> *"...Aún no se vislumbran las máquinas que acabarán siendo conscientes de sí mismas para desencadenar la catástrofe."* - Raymond Kurzweil (Director de Ingeniería de Google)

Vemos claramente un sentimiento que subyace en muchos de estos comentarios, así como surge de la lectura de una gran cantidad de estudios e informes sobre el tema "el **temor**", que se percibe como una amenaza fantasma sobre la pérdida de empleos y sus consecuencias sobre las personas humanas que se convertirían en ***desplazados tecnológicos***, como daño colateral y efecto no deseado de la automatización y la Inteligencia Artificial.

Como contraposición, se rescata una visión más optimista, aceptando que si bien se puede perder un empleo a manos de una máquina (más rápida y eficiente), es posible reconvertirse para tomar un mejor empleo, logrando a través de la automatización una mejor calidad de vida. Con apoyo en esta visión, hay estudios que afirman que luego de cada avance tecnológico en la historia reciente también se produjo la aparición de nuevos empleos y especializaciones en tareas complementarias.

EVOLUCIÓN DEL EMPLEO EN EEUU EN EL PERÍODO 1850-2015 (FUENTE CITADA)



Desde un inicio, la ***Universidad de Oxford,*** a través de sus investigadores, se ha enfocado en trabajos importantes sobre el tema. En 2013 se publica uno de los primeros antecedentes, un estudio muy interesante *"The Future of Employment: How susceptible are Jobs to Computerisation?"*[11] en el que los autores desarrollan una metodología para medir la susceptibilidad de la automatización respecto de algunas ocupaciones y su impacto en el mercado laboral norteamericano y se concluye con una estimación: *cerca de la mitad de los empleos de Estados Unidos (47%) estarían amenazados por la automatización en las próximas dos décadas,* y de las 702 ocupaciones allí descriptas, se estiman como más vulnerables las tareas manuales sencillas repetitivas, así como las personas con menor nivel educativo.

Muchas de esas tareas como pintar, ensamblar, soldar, mover materiales, atender teléfonos y cajeros, empaquetar o clasificar objetos; son realizados desde 1993 por robots[12] industriales cuyo stock global a fines del año 2016 llegó a los 1,8 millones de unidades y se prevé que alcanzará los 3,05 millones para el 2020[13]; y donde solo cinco mercados durante 2016 representaron cerca del

11 https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf

12 La Federación Internacional de Robótica (IFR) https://ifr.org/ define a un robot como "una máquina controlada, reprogramable y multipropósito".

13 https://ifr.org/downloads/press/Presentation_PC_27_Sept_2017.pdf

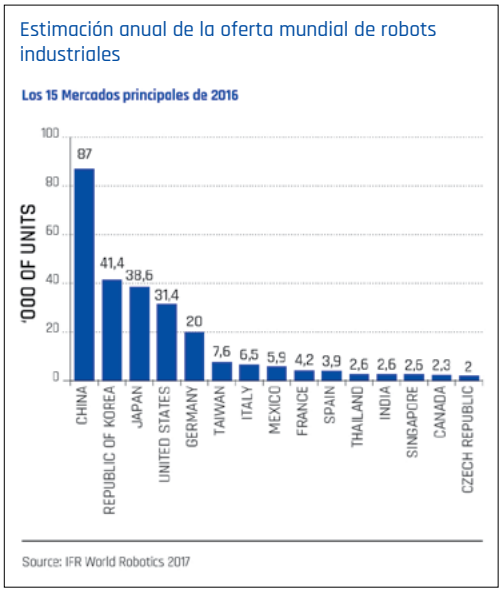
74 por ciento de la oferta mundial: China, Corea del Sur, Japón, Estados Unidos y Alemania[14].

Los reportes del ***McKinsey Global Institute*** de enero de 2017[15] y el más reciente de noviembre de 2017[16], en sus estudios proyectados al 2030, definen conceptualmente ese proceso como *"el potencial de que una actividad determinada pueda automatizarse adoptando tecnologías actualmente demostradas"*, es decir, si la automatización de esa actividad resulta técnicamente factible, sosteniendo que la automatización de un trabajo dependerá, además de la viabilidad técnica, de otros factores.

Los cinco factores que afectan el ritmo y el alcance del proceso de McKinsey son:

1. la viabilidad técnica.
2. El costo de desarrollar e implementar las soluciones.
3. Las dinámicas propias del mercado laboral.
4. Los beneficios económicos de la automatización (más allá de la reducción de costos por la sustitución de mano de obra) Ejemplo: mejor performance.
5. Otras consideraciones regulatorias y de aceptación social.

OFERTA MUNDIAL DE ROBOTS INDUSTRIALES 2016
(FUENTE CITADA)



Y dentro de sus conclusiones más relevantes.

- El grado de potencial de automatización varía considerablemente entre los sectores y países; y se concentra en los países con mayor población y/o salarios altos.
- Su impacto potencial guarda relación con tres grupos de países
  - Las *economías avanzadas* con fuerza de trabajo que está envejeciendo o con disminución del crecimiento de la población en edad de trabajar. (Australia, Canadá, Francia, Alemania, Italia, Japón, Corea del Sur, Reino Unido y EE.UU)
  - Las *economías emergentes con poblaciones que están envejeciendo.* (Argentina, Brasil, China y Rusia)
  - Las *economías emergentes con poblaciones más jóvenes.* (India, Indonesia, México, Nigeria, Arabia Saudita, Sudáfrica y Turquia)
- Aunque pocas profesiones son totalmente automatizables, el 60 por ciento de todas ellas, tienen por lo menos un 30 por ciento de actividades que son automatizables.
- La adopción de la automatización llevará décadas, a través de una amplia gama de posibles escenarios.

14 https://ifr.org/ifr-press-releases/news/ifr-forecast-1.7-million-new-robots-to-transform-the-worlds-factories-by-20

15 https://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works

16 https://www.mckinsey.com/global-themes/future-of-organizations-and-work/what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages

El informe del ***Fondo Monetario Internacional*** (FMI) "Perspectivas de la Economía Mundial" de abril de 2017, en su Capítulo 3: Observaciones sobre la tendencia decreciente de la participación del trabajo en la renta nacional, afirma que el ingreso que perciben los trabajadores remunerados ha venido disminuyendo desde los años 80 y que esa tendencia responde al rápido progreso de la tecnología y a la integración mundial.

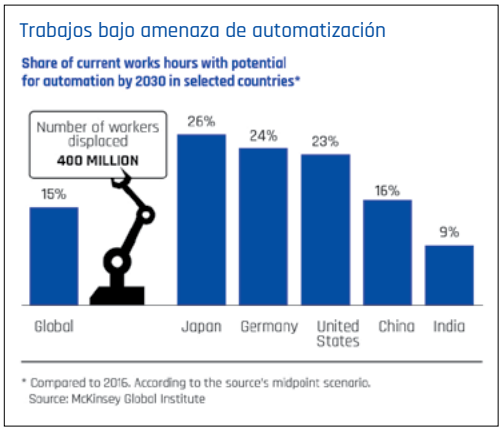
> "En las economías avanzadas, aproximadamente la ***mitad*** de la disminución de la participación de la fuerza laboral puede atribuirse al impacto de la tecnología. El fenómeno obedeció a una combinación de rápido progreso en el ámbito de la información y las telecomunicaciones y una alta proporción de empleos fácilmente automatizables."[17]

Recientemente, la ***Oficina Ejecutiva del Presidente de Estados Unidos y el Comité de Ciencia y Tecnología de la Casa Blanca*** elaboró en octubre de 2016 el informe *"Preparándonos para el futuro de la Inteligencia Artificial"*[18], que fue ampliado con otro informe presentado al Presidente Obama en diciembre de 2016 *"Inteligencia Artificial, Automatización y la Economía"*[19], el cual sostiene que al menos en los próximos 20 años no habrá máquinas con una inteligencia aplicable que pueda compararse o que pueda exceder a la inteligencia humana, admitiendo también que esas máquinas tendrán un desempeño cada vez más relevante.

En algunos sectores el impacto se prevé más rápido (agrícola) y en otros la pérdida se percibirá en el tiempo (taxistas, repartidores, camioneros y transporte público), pero los estudios coinciden en un punto importante: los empleados con tareas rutinarias, salarios bajos y sin títulos de enseñanza media serán los que estén más en riesgo de que sus puestos de trabajo se automaticen.

La **OCDE**, en su conferencia de París[20] de 2016, concluye en que las proyecciones del impacto de la IA en el empleo fueron extremadamente variables. Los trabajos en riesgo de ser reempla-

PREDICCIONES DE TRABAJOS BAJO AMENAZA DE AUTOMATIZACIÓN A 2030 (FUENTE CITADA)



CAÍDA DE LA MANO DE OBRA (FUENTE CITADA)



17 http://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2017/04/04/world-economic-outlook-april-2017

18 https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf

19 https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Artificial-Intelligence-Automation-Economy.PDF

20 http://www.oecd.org/sti/ieconomy/DSTI-CDEP(2016)17-ENG.pdf

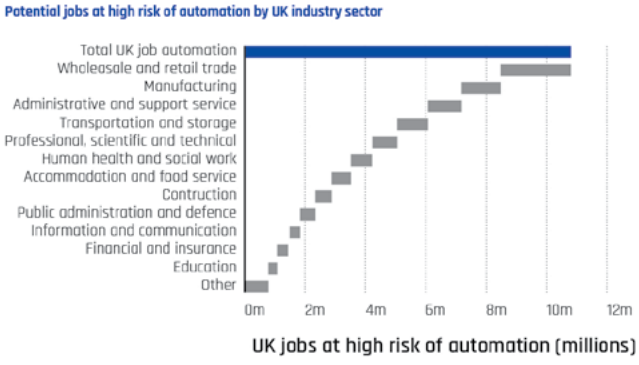
zados por IA tendían a ser trabajos predecibles o repetitivos, como conductores, cajeros, contadores o trabajadores fabriles, y tampoco todo sería reemplazo y destrucción de empleo, a partir de allí aparece la creación de tipos de trabajo completamente nuevos. Como temas recurrentes quedaron los posibles impactos desiguales sobre la distribución de ingresos e incógnitas sobre el control de la tecnología de IA.

Hod Lipson[21], Director del Laboratorio de Máquinas Creativas de la Universidad de Columbia (Estados Unidos), sostiene que *"la tecnología crea siempre retos económicos y los cambios masivos crean nuevos modelos de negocio y hacen que nuevos sectores evolucionen"*. De allí que los expertos anticipan que tomará algunas décadas para que los sistemas automatizados tengan relevancia en la vida cotidiana.

En el análisis de la consultora ***Price Waterhouse*** (PwC) *"UK Economic Outlook"* de marzo de 2017, bajo el título de "Los robots robarán nuestros trabajos?"[22] sugiere que alrededor del 30 por ciento de los empleos en el Reino Unido podrían tener un alto riesgo de automatización a principios del 2030, porcentaje inferior al estimado para EEUU (38 por ciento) o Alemania (35 por ciento), pero superior al de Japón (21 por ciento).

PREVISIONES DE EMPLEO EN RIESGO POR AUTOMATIZACIÓN EN EL REINO UNIDO A 2030

Varios millones de trabajos pueden estar potencialmente en riesgo de automatización en el Reino Unido a principios de 2030, pero será un proceso gradual



Los riesgos aparecen más altos en sectores como transporte y almacenamiento (56 por ciento), manufactura (46 por ciento) ventas mayorista y minorista (44 por ciento), pero más bajos en sectores como salud y trabajo social (17 por ciento).

Hay motivos también para no aceptar a rajatabla cada conclusión de estos estudios mencionados, teniendo en cuenta otros informes, historia reciente, aspectos económicos y las reacciones del entorno, de las que vale destacar:

> Así como hay tareas cuya automatización es una realidad, en muchos trabajos se produce una especialización en tareas que resulta difícil de automatizar, lo cual reduce sensiblemente (9 por ciento en estudio OCDE)[23] los porcentajes de riesgo de pérdida laboral planteada por otros estudios.

> Si también entramos en aspectos económicos, habría que considerar qué tan rentable (hoy o a futuro) puede resultar la automatización de un determinado trabajo.

> Si seguimos el comportamiento de episodios del pasado con grandes cambios tecnológicos,

21 http://www.aiandsociety.org/en/hodlipson/

22 https://www.pwc.co.uk/economic-services/ukeo/pwc-uk-economic-outlook-full-report-march-2017-v2.pdf

23 http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en

las economías y el mercado deberían reaccionar de igual manera, buscando posiciones de equilibrio, adaptándose al cambio y generando nuevos empleos y oportunidades.

> Se percibe también un consenso general respecto a que cualquier cambio que pueda producir la automatización será gradual en el tiempo, con una mayor incidencia en los países industrializados e inevitablemente los más vulnerables siempre se estima en las personas con menor nivel educativo.

Por otro lado, si aceptamos entonces, que en ese futuro posible muchos empleos se van a reconvertir, allí desaparecerán unos y aparecerán otros, habrá cambios en la relación con el "capital" de Adam Smith, es decir, con los recursos utilizados en el proceso productivo, así como en la relación con el "empresario". En esa nueva compleja ecuación en la que participa una máquina con un software que lo controla, nos podemos preguntar quién tiene el poder real para influir en el sistema.

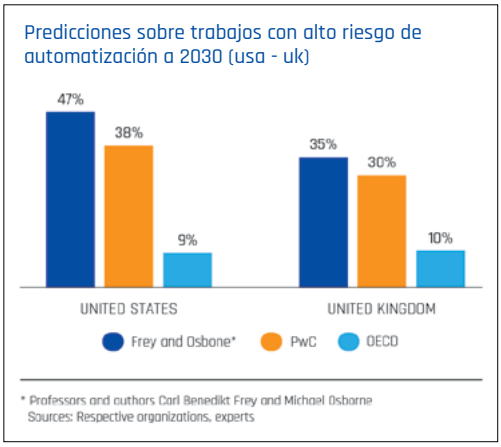
Cobra importancia allí el rol regulador y de equilibrio de organizaciones o asociaciones como *"Partnership on AI"*, mencionada previamente, entendiendo que quien controle el software y startups de IA controlará una parte importante del proceso, es decir lo que se está haciendo y cómo se está haciendo.

Tratando de adelantarse a ese escenario, surgen variadas iniciativas, por ejemplo en la Unión Europea, el Parlamento Europeo a principios de 2017 ha presentado una propuesta para la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica (2015/2103(INL))[24] tendiente a cobrar impuestos al uso de robots, la cual se ha discutido en ese ámbito y sobre la cual resulta muy interesante destacar algunos considerandos:

"…la humanidad se encuentra a las puertas de una era en la que robots, bots, androides y otras formas de inteligencia artificial cada vez más sofisticadas parecen dispuestas a desencadenar una nueva revolución industrial —que probablemente afecte a todos los estratos de la sociedad—, resulta de vital importancia que el legislador pondere las consecuencias jurídicas y éticas, sin obstaculizar con ello la innovación."

"…el desarrollo de la robótica y la inteligencia artificial puede dar lugar a que los robots asuman gran parte del trabajo que ahora realizan

CONCLUSIONES COMPARADAS DE ESTUDIOS SOBRE EL RIESGO DE AUTOMATIZACIÓN USA-UK (FUENTE CITADA)



EMPRESAS DOMINANTES DEL MERCADO DE *STARTUPS* DE IA (FUENTE CITADA) (FUENTE CITADA)



24 http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A8-2017-0005+0+DOC+XML+V0//ES

los seres humanos sin que puedan reemplazarse por completo los empleos perdidos, cuestión esta que genera interrogantes sobre el futuro del empleo y la viabilidad de los sistemas de seguridad y bienestar sociales y sobre la insuficiencia continuada de las cotizaciones para los regímenes de jubilación, …lo que podría acarrear una mayor desigualdad en la distribución de la riqueza y el poder…"

IA Y EL COMPONENTE HUMANO DE LA DEFENSA

"…lo único más difícil que incorporar una nueva idea, es desechar una vieja"
Sir Basil H. Liddell Hart (1895-1970)

Nos preguntamos entonces cómo va a impactar la avanzada automatización y los crecientes avances en Inteligencia Artificial sobre los Recursos Humanos de la Defensa. ¿Qué tan cerca estamos de ese escenario? ¿Cómo deberíamos prepararnos? ¿Cuáles serían los espacios o tareas a ocupar por las máquinas y cuáles quedarían para los humanos? ¿Cómo estaría caracterizada esa interacción, por la competencia o por la cooperación?

Por lo pronto, es importante hacer una reflexión sobre la "velocidad de cambio" en las instituciones. Los cambios nunca son instantáneos, las ideas y propuestas de mejora son sometidos a procesos, generalmente prolongados, en los que muchas veces el componente económico financiero termina jugando un rol relevante a la hora de la decisión. Sin embargo podrían no estar inmersos en esa lógica, los cambios y mejoras que pudieran implementarse en la formación y perfeccionamiento del componente humano de la defensa, más allá de que los resultados solo podrían verse en el mediano plazo.

En las áreas de soporte, las distintas fuerzas se organizan en escalafones y especialidades, los cuales responden a un rígido esquema que fue una buena solución para las Fuerzas Armadas hasta el siglo XX. En ese marco, esas especialidades se consolidaron, contaban con una fecha de creación, un santo patrono protector, una comisión de la especialidad o servicio y un conjunto de valores y saberes a preservar, mantener e incrementar.

De tal modo que resulta complejo *aggiornar* esas organizaciones ya creadas para reorientarlas con una visión de ***futuro empleo*** por sobre la coyuntura temporal en la que se desenvuelven.

Resulta más que evidente reconocer que en las últimas décadas la naturaleza del conflicto ha cambiado, y es necesario repensar la forma de ver o hacer algunas cosas.

Los últimos conflictos que estallaron en el mundo en esta década, mostraron de manera explícita una variedad heterogénea nunca antes vista de recursos y medios, fuerzas regulares técnicamente preparadas y altamente equipadas, que operan con milicias locales de baja sofisticación y pocos recursos, blindados y vehículos militares escoltados por camionetas de uso civil, terroristas accionando en ambientes urbanos o desérticos y potencias militares mundiales brindando soporte de todo tipo a uno y otro bando. Hay una progresiva sustitución de la guerra entre estados por otros conflictos armados con actores no estatales (insurgentes, terroristas, milicias y criminales).

"Esas guerras híbridas se riñen mediante una gran diversidad de armas, no todas de fuego. En la guerra híbrida, las fuerzas convencionales y no convencionales, los combatientes y los civiles, la destrucción física y la manipulación informativa pasan a estar entrelazados" según Joseph S. Nye[25].

A su vez, como parte de ese espacio bélico, nuevos espacios de logística y soporte.
A los ya conocidos, la OTAN reconoce a partir de la cumbre de Varsovia en 2016, al **Ciberespacio**

---

25 https://www.clarin.com/opinion/estado_islamico-manipulacion_informativa-blancos_civiles_0_H1YRePtDml.html

como un *nuevo dominio de las operaciones*, del mismo modo que lo son la tierra, el mar y el aire.[26] Muchas Fuerzas Armadas han avanzado en los últimos años para adaptarse a nuevos entornos con nuevas reglas y, una vez más, la diferencia entre naciones está marcada por la "velocidad de cambio". La tecnología está agigantando la brecha entre naciones.

Los avances tecnológicos, la automatización y la incipiente aparición de la IA parecen indicar que es necesario un nuevo paradigma que pueda dar respuesta a algunas necesidades tecnológicas-operacionales en la formación y perfeccionamiento del soldado especialista tecnológico del siglo XXI. Veamos, algunas realidades,

- El incremento de objetos no tripulados o *unmanned* supone, en principio, la necesidad de operadores o "pilotos" de esos objetos y la necesidad de mecánicos para su reparación (también podríamos asumir que esos objetos fueran descartables o de bajo costo).
- Los desarrollos y prototipos de exoesqueletos de soporte del combatiente o portadores de cargas, supondrán también la necesidad de soporte técnico de ese material, así como los nuevos avances en la generación de energía para el equipamiento de uso individual.
- Nuevos materiales y compuestos surgen en el escenario futuro, los cuales imponen nuevas tecnologías necesarias en sus procesos y maquinado. Los especialistas deberían dominar el conocimiento de esos materiales para optimizar su tratamiento.
- El avance de la impresión aditiva o 3D podría suponer la minimización, reducción o desaparición de stocks y depósitos de repuestos, al tiempo que necesitará gente que domine su operación y mecánicos de esa nueva maquinaria, que seguramente en un futuro próximo estará disponible en cada unidad.
- Las operaciones defensivas, ofensivas o retrógradas en el espacio de Internet, supondrán la adaptación e intervención de técnicos y personal militar especialista idóneo capacitado y entrenado en ese ámbito operacional específico.
- Especialistas en el manejo de grandes volúmenes de información que permitan obtener unos pocos datos relevantes serán el desafío de los analistas de Big Data militar.
- La computación así como la criptografía cuántica requerirán personal altamente capacitado en su gestión.
- La gran cantidad de dispositivos interconectados (IoT[27]) facilitará las operaciones si se posee la capacidad de controlarlos y el conocimiento técnico de nuevos protocolos de comunicaciones.
- Los modelos y estándares educativos, así como educadores y educandos deberán adoptar formatos de enseñanza-aprendizaje adecuados para esos entornos laborales modificados, que permitan alcanzar mejores resultados en el menor tiempo.

CONCLUSIONES

"La Planificación a largo plazo no es pensar en las decisiones futuras,
sino en el futuro de las decisiones presentes."
Peter Ferdinand Drucker (1909-2005)

Los avances tecnológicos, la automatización y, fundamentalmente, la Inteligencia Artificial serán una ***amenaza*** tal cual vaticina Stephen Hawking o serán una ***oportunidad*** para una mejor calidad de vida.

---

26 https://www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_133169.htm?selectedLocale=en – OTAN-Comunicado de la Cumbre de Varsovia – 8 y 9 de Julio de 2016.

27 IoT – Internet of Things / Internet de las cosas.

Lejos estamos aún de máquinas con conciencia propia, así como de lograr la singularidad[28] anticipada por Ray Kurzweil o del desarrollo de máquinas con inteligencia emocional (el humor, el afecto, el amor) las funciones humanas más complejas y avanzadas.

Respecto del trabajo y en particular en el ámbito de la defensa, soy optimista respecto de su evolución, en la que, en principio, todo indica que habrá máquinas en condiciones de realizar muchas tareas en forma más eficiente y rápida, aunque el soldado seguirá presente liderando ese cambio.

En su formación, las enseñanzas de la última Guerra Mundial y las lecciones aprendidas de los conflictos recientes habrán quedado atrás; ese soldado deberá tener otras capacidades y habilidades distintivas, sostenido por sólidos principios éticos, su desafío profesional será su adaptación y dominio del entorno; una fuerte base tecnológica le permitirá comprender los eventos e incidentes para pensar y actuar en forma acertada.

En síntesis, el complejo horizonte en el futuro del entorno laboral en el ámbito de la defensa requerirá de sus hombres y mujeres habilidades principales como la resolución de problemas complejos, la capacidad de pensamiento crítico, la creatividad y la resiliencia.

Muchas organizaciones serán sometidas a la lógica darwiniana, en las que no será relevante cuán fuertes son, el tamaño de sus fuerzas o los recursos con que cuente; siendo finalmente la *adaptación al medio* y a las nuevas condiciones de contorno lo que marcará su supervivencia.

Estas líneas solo suponen una breve reflexión sobre el alcance de algunos avances tecnológicos, la automatización creciente y las iniciativas sobre Inteligencia Artificial en el mundo cotidiano y, particularmente, su impacto posible en el ámbito de la defensa, en un futuro que, en lo personal, no creo tan inmediato, pero tampoco tan lejano.-

BIBLIOGRAFIA

- Lighthill, James & Sutherland, Stuart & Needham, Roger & Longuet-Higgins, Hugh Christopher & Michie, Donald - *"Lighthill Report: Artificial Intelligence: a paper symposium"* 1973 - http://www.math.snu.ac.kr/~hichoi/infomath/Articles/Lighthill%20Report.pdf
- Russell, Stuart & Peter Norvig *"ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A Modern Approach"* (3rd Edition – 2010) http://web.cecs.pdx.edu/~mperkows/CLASS_479/2017_ZZ_00/02__GOOD_Russel=Norvig=Artificial%20Intelligence%20A%20Modern%20Approach%20(3rd%20Edition).pdf
- OIT –*"La iniciativa del centenario relativa al futuro del trabajo"*(ILC.104/DG/I) - Ginebra, 2015 - http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_norm/---relconf/documents/meetingdocument/wcms_370408.pdf
- Parlamento Europeo – Informe *"Recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica (2015/2103(INL))"* - 27 ene 2017 http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A8-2017-0005+0+DOC+XML+V0//ES
- Santo Padre Francisco – *Discurso a los Jefes de Estado y de Gobierno de la Union Europea* presentes en Italia para la celebración del 60 Aniv. del Tratado de Roma (Sala Regia – 24 Marzo 2017) http://w2.vatican.va/content/francesco/es/speeches/2017/march/documents/papa-francesco_20170324_capi-unione-europea.html
- Smith, Adam *"An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations"* – 1776 -https://www.ibiblio.org/ml/libri/s/SmithA_WealthNations_p.pdf
- Fondo Monetario Internacional (FMI) – Informe - Abril 2017. http://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2017/04/04/world-economic-outlook-april-2017

28 Es la noción de que las máquinas pueden llegar a ser más inteligentes que los humanos

> Fondo Monetario Internacional (FMI) – Mai Chi Dao, Mitali Das, Zsoka Koczan y Weicheng Lian - "Las causas de la menor participación de la fuerza laboral en el ingreso" – 2017 https://blog-dialogoafondo.imf.org/?p=7324
> Oficina Ejecutiva del Presidente de Estados Unidos y el Comité de Ciencia y Tecnología de la Casa Blanca – Informe *"Preparing for the Future of Artificial Intelligence"*- Octubre 2016. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf
> Oficina Ejecutiva del Presidente de Estados Unidos y el Comité de Ciencia y Tecnología de la Casa Blanca – Informe *"Artificial Intelligence, Automation, and the Economy"* - Diciembre 2016. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Artificial-Intelligence-Automation-Economy.PDF
> Frey, Carl Benedikt y Osborne, Michael A. *"The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerization?"* - Sept 2013. https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf
> OCDE Conference Centre - *"Economic and Social implications or Artificial Intelligence"* - Paris, 17 November 2016 - http://www.oecd.org/sti/ieconomy/DSTI-CDEP(2016)17-ENG.pdf
> USA – Departamento de Trabajo – Proyecciones de empleo 2016/2026 - https://www.bls.gov/emp/ep_table_102.htm
> Price Waterhouse (PWC) – *"UK Economic Outlook"* – marzo 2017 - https://www.pwc.co.uk/economic-services/ukeo/pwc-uk-economic-outlook-full-report-march-2017-v2.pdf
> OIT - *"Perspectivas Sociales y del Empleo en el Mundo - 2016"* - http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_507516.pdf
> Acemoglu, Daron (MIT) y Restrepo, Pascual (Boston University) - *"Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets."* - Marzo 2017 - https://economics.mit.edu/files/12763
> Arntz, M., T. Gregory and U. Zierahn (2016), "The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis" – 2016 - http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en
> McKinsey Global Institute - Report - *"Harnessing automation for a future that works"* - jan 2017 - https://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works
> McKinsey Global Institute - Report : *"What the future of work will mean for jobs, skills, and wages"* - nov 2017 - https://www.mckinsey.com/global-themes/future-of-organizations-and-work/what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages
> Nye, Joseph S. *"Las guerras de hoy: híbridas e ilimitadas"* – jun 2015 - https://www.clarin.com/opinion/estado_islamico-manipulacion_informativa-blancos_civiles_0_H1YRePtDml.html
> Brynjolfsson, Erik & McAfee, Andrew - *"Race Against The Machine: How The Digital Revolution Is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and The Economy"* - MIT – 2012 - http://b1ca250e5ed661ccf2f1-da4c182123f5956a3d22aa43eb816232.r10.cf1.rackcdn.com/contentItem-5422867-40675649-ew37tmdujwhnj-or.pdf
> ACCENTURE - Tendencias Tecnológicas 2017 - *"Inteligencia Artificial, el nuevo interlocutor"* 2017 - https://www.accenture.com/ar-es/insight-artificial-intelligence-ui
> Stang, Silvia - "El desafío del robot: ¿futuro sin trabajo o trabajo del futuro?" abr 2017 - http://www.lanacion.com.ar/2009740-el-desafio-del-robot-futuro-sin-trabajo-o-trabajo-del-futuro

(*) **José Fernando Lopez:** Coronel de Infantería (R) EA; Ingeniero en Informática (IUE/EST); Veterano de Guerra de Malvinas; Ex Director de Educación a Distancia del Ejército; Docente Universitario de la Facultad de Ingeniería del Ejército; Analista del Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Grl. Mosconi (CEPTM Mosconi).

4.ELECTRÓNICA

4.1

La oportunidad de sobrevivir en la última capa de la defensa antiaérea

Por el Coronel (R) Oficial Ingeniero Militar José Alberto Guglielmone*

INTRODUCCIÓN

El presente escrito se encuentra encuadrado en el apartado de electrónica dentro de TEC-1000, pero se puede afirmar, sin miedo a equivocarse, que los sistemas de defensa antiaérea, son tan complejos y utilizan una de las tecnologías más avanzadas, en donde la electrónica juega un papel fundamental, que se optó por escribir sobre esta disciplina, la cual tuvo un seguimiento pormenorizado de los temas y artículos publicados por el OTM, información que será volcada en este escrito.

Esta no es privativa del Ejército, sino también de la Armada y la Fuerza Aérea, claro está con diferentes responsabilidades, pero en muchos casos poseyendo materiales o sistemas de armas similares, lo que lo hace un tema sumamente apasionante que comprende a las tres Fuerzas y, particularmente, de actualidad si observamos los sucesos que se están viviendo cotidianamente en el mundo.

Los sistemas de armas antiaéreos, cada uno de ellos son sistemas en sí mismos, lo que hace dificultoso encarar el tema en toda su magnitud, si se pretende englobar todos las áreas temáticas o disciplinas técnicas que forman parte de ellos, ninguno queda exceptuado de la mecánica, la electrónica, la electricidad, el control, el software, y todas ellas orientadas y conformando la tecnología militar. Hablar de sensores es tratar sobre cámaras de visión diurna como térmicas, radares, y estos con sus características de cada uno con las diferentes tecnologías orientadas a sus diversos empleos operativos; de igual forma sucede con los armamentos como cañones y misiles, elementos de control tiro, los sistemas de comando, control, comunicaciones, etc. En virtud de esta complejidad es que se analizarán algunos de los sistemas o solo se mencionarán los más representativos, ya que cada título aquí mencionado se podría estudiar detalladamente, lo cual queda pendiente para artículos futuros.

Debido a que en la actualidad se trabaja conceptualmente a la defensa aérea, segmentándola en diferentes capas (concepto que se tratará más adelante), desde las mayores alturas y largas distancias, hasta las más bajas alturas y cortas distancias, que defienden los objetivos clave.

Siendo la última capa aquella que se encuentra cercana a los objetivos a defender, se la considera como la que reviste mayor importancia y en ella es en donde se sitúan los sistemas de armas de baja y muy baja cota. Por su importancia se ha seleccionado esta capa, a fin de pretender explicar las nociones generales de la nueva filosofía que debe primar para comprender la razón de su trascendencia, de la última capa ya que será la última oportunidad de sobrevivir, ante las nuevas amenazas que los países se disponen a enfrentar.

GENERALIDADES DE LA DEFENSA ANTIAÉREA

Objetivos Vitales

La Defensa Antiaérea de Baja Cota, tendrá sus particularidades en el accionar, según el tipo de objetivos a defender y de acuerdo a las características geográficas en donde se encuentren estos, ello llevará a considerar las diferencias en los tipos de aviones usados por el enemigo, el método ofensivo, la dirección y la intensidad del ataque.

Los ataques tendrán lugar principalmente a la luz del día, pero también podrán efectuarse en la oscuridad y en el peor de los casos en condiciones meteorológicas adversas.

Los Objetivos Vitales se pueden clasificar en objetivos de grandes áreas, puntuales y móviles o complejos.

El "objetivo de grandes áreas", ocupa un terreno amplio, estos podrán ser pistas de aterrizaje, refinerías o centrales eléctricas. Tal característica implicará un esfuerzo sustancial por parte del atacante, las actividades hostiles comenzarán con vuelos de reconocimiento, seguidos de ataques sobre los sistemas de defensa antiaérea y concluir con una serie de olas de ataque contra el objetivo real.

Para un máximo de protección de estos amplios objetivos, un gran número de sistemas de armas, deben ser empeñados, para proporcionar una efectiva defensa de estos.

Los "objetivos puntuales" son definidos como objetivos menores a 50 metros de diámetro: ellos pueden ser estaciones de radar, puestos de comando o logísticos, puentes o cruces de caminos. Desde el punto de vista del atacante, independientemente del modelo ofensivo considerado, el foco siempre estará sobre el mismo punto, ya que el objetivo es reducido. Bien conscientes de esta circunstancia, los sistemas que se desplegarán para la defensa del objetivo puntual, deberán poder estar en capacidad de combatir al enemigo aéreo, cuando estos se aproximen desde cualquier dirección.

Los "objetivos móviles" no tienen una posición fija, durante un largo período de tiempo, comparados con otros objetivos, ellos ofrecen una superficie de ataque más bien limitada. Por lo general, varios de estos objetivos son combinados para formar unidades tácticas u otras organizaciones, principalmente estarán en desplazamiento, como columnas de marcha o en actividades de combate, también se los conocen como un "objetivo complejo".

Si la defensa es mantenida permanentemente, esta debe ser móvil; por eso la movilidad es el criterio para la selección de los sistemas de defensa antiaérea, más convenientes.

Los mencionados se denominaron objetivos vitales, dentro de la guerras convencionales o bien asimétricas, pero en la actualidad podemos encontrar otro tipo de objetivo, no distinto, pero sí conceptualmente diferente; si bien pueden ser algunos de los clasificados anteriormente, poseen la particularidad de que están dentro de las operaciones militares, las cuales son distintas a la guerra (*Military Operation Other Than War* – MOOTW). Estos son objetivos que participan o se encuentran inmersos en determinadas circunstancias o situaciones. Algunos de estos pueden ser un objetivo dentro de las tropas desplegadas para la Paz, un objetivo nacional que se desee proteger por determinado evento, estadios con gran concentración de personas, el lugar en don-

de se desarrolla una reunión cumbre de autoridades. Un claro ejemplo de esto será el G20, que se desarrollará en la Argentina, el cual está integrado por 19 países y un organismo multinacional que es la Unión Europea; si bien en la agenda hay varias reuniones de trabajo en diferentes lugares del país, la última y más importante será la "Cumbre de Líderes" (30 de noviembre y 1 de diciembre de 2018), ésta será un objetivo clave del tipo de los nombrados que se deberá proteger. Al término de este artículo, se deja como ejercicio intelectual al lector, que se formule la pregunta de rigor, con la posibilidad de encontrar una lamentable respuesta.

Tácticas de Ataques Aéreos

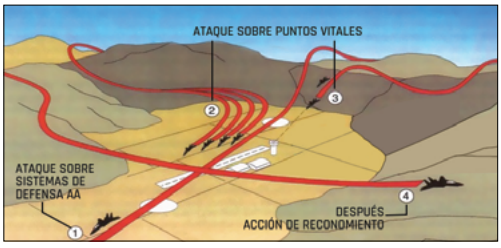
A fin de dar una breve descripción acerca de la ofensiva del enemigo aéreo, se dice que la misión de ataque es planificada minuciosamente y puede ser dividida en tres fases: aproximación, ataque y escape.

La aproximación y el escape normalmente son realizados a la máxima altura favorable, el vuelo de aproximación será realizado a muy baja altura, a fin de evadir los radares que controlan los sistemas de armas. Durante el ataque, la altitud de vuelo y el ángulo de ataque, previamente al disparo, estarán determinados por el tipo de arma empleada.

Los cazabombarderos vuelan de a dos o cuatro, los acercamientos los realizan en una cierta formación, que es reorganizada para el ataque al final, a fin de crear una sobresaturación sobre el objetivo.

La misión es precedida por una fase de planificación detallada y preparación para asegurar una probabilidad de máximo éxito; por lo general esto causará la decisión para volar varias olas de ataque contra objetivos diferentes. La primera y segunda ola, indudablemente deberán ser acompañadas por Contra Medidas Electrónicas (ECM), atacarán las posiciones de defensa antiaérea, alrededor de los objetivos vitales, las olas siguientes buscarán la destrucción total del objetivo. Por último, se hará un vuelo de reconocimiento y evaluación de daños. Mientras la misión es completada con todas las olas de ataque, es un asunto de minutos, pero la planificación y la preparación podrán tomar horas o aún días; como toda planificación, a mayor detalle, mayores probabilidades de éxito.

FIGURA 1: OLAS DE ATAQUES ENEMIGO



Además del tamaño físico de un objetivo, así también se deben tener en cuenta las zonas de emplazamiento, su diseño, e igualmente deben ser tenidos en cuenta por el atacante, el factor de calidad del objetivo, el material con el cual está construido, si es de hormigón macizo, la superficie, áreas difíciles, o instalaciones electrónicas de radiación, todo ello obviamente afecta la selección de las armas a emplear por las fuerzas enemigas.

Construcciones de concreto serán atacadas con bombas grandes o misiles teledirigidos; mientras mayor sea la superficie y más complejos sean los accesos y las áreas, mayores serán los costos de los ataques, teniendo que utilizar sub-municiones o dotar a una línea de ataque con armas dirigidas. Para asegurarse de que las descargas impacten en el blanco con precisión, durante un cierto período, según las armas empleadas por el atacante, el piloto debe acercarse al objetivo en un ángulo preseleccionado en una línea directa, antes de que él pueda lanzar su arma. Esta restricción influye en la etapa final de la decisión de un ataque aéreo.

En el siguiente cuadro está representado cómo es el ataque aéreo: de acuerdo al objetivo se seleccionan los tipos de armas a ser empleadas, los ángulos de ataque, el tiempo de permanencia de visión al blanco y las distancia a las que se deben lanzar dichas armas.

FIGURA 2: TÁCTICAS DE ATAQUES AÉREOS[1]

Tipo	Objetivo	Probable tipo de arma	Ángulo Ataque	Tiempo Visión	Distancia Arma - Blanco
Gran Área	Pista de aterrizaje	Bombas Cluster	0 - 15º	4 - 6 seg	400 - 2000 m
	Infraestructura	Bombas Guiadas	5 - 45º	No Aplicable	Varios Km
	Refinería	Cohetes No Guiados	10 - 30º	3 - 8 seg	800 - 2000 m
	Planta Energía	Bombas Balísticas	15 -45º	3 - 7 seg	1000 - 2000 m
Puntual	Estación Radar	Misil Anti Radar	5 - 45º	No Aplicable	Varios Km
	Cuartel General	Bomba Retardante	0 - 15º	4 - 6 seg	400 - 2000 m
	Intersección de Rutas	Bombas Balísticas	15-45º	3 - 7 seg	1000 - 2500 m
Móvil	Blindados	Bombas Cluster	0 - 15º	4 - 6 seg	400 - 2000 m
	Sistemas de Armas	Cohetes No Guiados	10 - 30 º	3 - 8 seg	800 - 2000 m
	Columna de Vehículos	Cañones Aéreos	5 - 20º	3 - 8 seg	2000 m

El empleo de armas de tire y olvide (stand-off) indudablemente reduce el riesgo de exposición al fuego de la defensa antiaérea. Es de asumir que misiles cruceros juegan un papel cada vez más importante en el combate contra objetivos terrestres, aunque la tasa de éxito de ataques convencionales aún no haya sido igualada.

Así también los misiles anti radar han sido y son una verdadera amenaza. Vale mencionar y nunca está de más, honrar y recordar, que el día 3 de junio de 1982, en el conflicto armado de la Guerra de Malvinas, un avión inglés Vulcan arrojaba dos misiles anti-radar Shrike sobre Puerto Argentino, uno de los cuales impactó en el Director de Tiro SKYGUARD de la batería A del GADA 601, que tenía la misión de cubrir "la ruta de los Harrier", que ingresaban por el norte de la bahía con el objetivo de destruir la pista del aeropuerto; a causa de este, mueren en combate el Teniente Alejandro Dachary y su dotación, el Sargento Pascual Blanco y los Soldados Clase 62 Oscar Daniel Diarte y Jorge Alberto Llamas. De este conflicto se puede decir, que es la última guerra totalmente convencional y, con ello, los ataques aéreos, como la defensa antiaérea, de ambos bandos, tanto los ingleses como de las tropas argentinas, fueron estudiadas y ejecutadas, siguiendo fielmente las doctrinas vigentes.

Conocer al enemigo aéreo, saber de sus tácticas, de sus capacidades, tener un conocimiento acabado del poder de sus armas, es la premisa primordial para planificar y conformar una defensa antiaérea eficaz.

Criterios de Defensa Antiaérea

Hay tres criterios básicos que son aplicados para planificar la defensa con unidades antiaéreas y que puedan emplearse para la protección de uno o varios objetivos distribuidos en una zona, ellos son: masa de fuego, mixtura de sistemas y movilidad.

1 Fuente: Anti-Aircraft Tactics – Oerlikon Contraves Defence - Edition 1998

Cuando se los pone en práctica, estos criterios son independientes unos de otros, pero cuando se aplican en un contexto amplio, deben ser vistos en su conjunto y son decisivos para la eficacia de la defensa antiaérea.

El criterio de "masa de fuego", se consigue desplegando un número adecuado de armas antiaéreas para proteger un objetivo vital, contra la amenaza aérea; de este modo, se proporciona apoyo mutuo y se solapa el fuego de los sistemas de armas, junto con una cierta profundidad de la defensa.

La idea es disponer de un número de armas antiaéreas suficientes para permitir el combate simultáneo a varios blancos y con un balance de diferentes armas antiaéreas, se consigue también una suficiente y necesaria letalidad.

El principio "mixtura de sistemas" se logra operando conjuntamente diferentes sistemas de armas, a fin de que los mismos se complementen mutuamente, ello va de la mano del principio de masa de fuego, el despliegue de una combinación de armas antiaéreas en números adecuados dificulta considerablemente la tarea del enemigo. Para planificar el ataque, el agresor tendrá que considerar la amenaza de dos o más sistemas de armas, cada uno con sus características propias, que requerirá optimizar las tácticas y técnicas de ataque para minimizar las bajas. Pero al enfrentarse a una combinación de armas antiaéreas, sus pérdidas experimentarán un sensible aumento, cuando sus aeronaves penetren en el área dotada de defensa antiaérea.

La mixtura incluye la importante capacidad de poder utilizar conjuntamente sistemas de armas tales como misiles y cañones, como así también nuevos sistemas actuales o futuros, cada uno con diferentes características técnicas y operativas, proporcionando la mejor protección antiaérea, para un objetivo de alta prioridad.

El principio de movilidad es indispensable que actúe en conjunto con los de masa de fuego y mixtura de sistemas, ya que así permitirá que la movilidad de los sistemas se vea protegida y actúe coordinadamente para realizar los cambios de posiciones y movimientos de acompañamiento de unidades necesarios para lograr mayor eficacia. Resulta costoso fortificar las unidades antiaéreas y tales fortificaciones son fáciles de descubrir y combatir, un buen nivel de movilidad constituye el mejor factor de defensa y garantiza la supervivencia de la unidad antiaérea, contra ataques de aviación como de las unidades terrestres.

Entender la Defensa Antiaérea

Cuando un agresor o una imprevista amenaza aérea se aproxima tiene que ser detectada y combatida antes de que el atacante lance sus armas contra el objetivo defendido, el que haga fuego primero y consiga un efecto en el blanco ganará cualquier situación de combate, es por ello que "hacer fuego primero" es esencial no solo para proteger y apoyar objetivos de unidades propias, sino también para sobrevivir en el campo de batalla moderno.

Si se combinan sistemas con distintas características teniendo en cuenta que estos fueron desarrollados para similares misiones, se puede acrecentar el umbral de la defensa o bien de la intimidación hacia el enemigo.

La combinación de los sistemas antiaéreos obliga a los aviones de ataque a adoptar una disposición de combate, inferior a la óptima, al mismo tiempo que el defensor puede garantizar con mayor seguridad la supervivencia del objetivo a defender. La adaptación a las tácticas forzadas por un sistema antiaéreo dará como resultado pérdidas causadas por el otro sistema que se encuentra en combinación con el anterior.

La forma en que los aviones de ataque se ven afectados por una combinación de armas de defensa que actúan de forma simultánea con alta movilidad y un grado de masa de fuego adecuado puede expresarse de dos maneras:

a. El avión de ataque se ve forzado a ajustar sus tácticas, lo cual requiere, un mayor número de aviones o armas, ataque a mayor altura o bien una operación con armas más avanzadas.
b. Si se encuentra enfrentada a una mixtura de sistemas, con suficiente nivel de masa de fuego, la fuerza atacante puede decidir que las pérdidas serán tan grandes o el ataque tan costoso con relación al beneficio, que será muy posible que lo realice cometiendo errores o renuncie a efectuar el ataque.

Cuando se usa un número adecuado de unidades de tiro en una combinación de diferentes sistemas y siendo estos reconocidos por sus efectos y mejor aún si fueron probados exitosamente en combate, la defensa antiaérea produce un "efecto indirecto", que probablemente sea más importante que el "efecto directo" de las propias armas. La supervivencia es la condición necesaria para el efecto.

La defensa antiaérea se puede resumir en cuatro factores: alta precisión sobre blancos que se aproximan, lo cual estará dado por el primero en hacer fuego y dar en el blanco; inmunidad a las perturbaciones, tanto hostiles como naturales; supervivencia a través de bajo perfil táctico y gran movilidad; y por último integración de sistemas de defensa antiaérea, intercambio de inteligencia y control de combate en los sistemas que colaboran.

LA EVOLUCIÓN DE LA DEFENSA ANTIAÉREA

El Concepto de Capas

La nueva filosofía que se ha incorporado entre los países más avanzados es la de los Sistemas de Defensa Aérea, integrados por Capas y llevan la iniciativa en su implementación, China, Rusia, Estados Unidos, Alemania, Francia, Israel y Japón, este último ante una necesidad inminente por las muestras de poderío de su vecino. Estas Capas están virtualmente definidas por un volumen, enmarcadas en diferentes semiesferas, las cuales van desde las más altas y largas distancias, hasta las más bajas y cortas distancias, actúan como barreras, son las que el enemigo deberá tener que sortear o traspasar para lograr llegar a destruir los objetivos vitales.

Estas capas se encontrarán determinadas o delimitadas, teniendo en cuenta los tipos de sistemas de armas antiaéreos propios, los elementos de ataques y amenazas que posee el enemigo y los tiempos de reacción que existen para realizar una defensa exitosa.

Estas estarán asociadas a los sistemas de armas que les correspondan, de acuerdo con las características técnicas necesarias para llevar a cabo la adquisición e interceptación de los blancos aéreos, siendo que las de mayor altura y alcance, corresponderán a las primeras capas y las más bajas y menor alcance serán representadas por las últimas o capas en las que generalmente se encontrarán los objetivos vitales a defender, es por ello que estas serán las que no podrán faltar y a las que se les consigne la mayor importancia, ya que en ella tendrán la última posibilidad de batir el blanco.

Es por ello que no necesariamente son configuradas para todos los escenarios o teatros de operaciones, de igual manera, pero claro está que los países que poseen los sistemas de armas de defensa aérea más avanzados serán aquellos que integrarán la mayor cantidad de capas necesarias para lograr la defensa, obteniendo menos vulnerabilidad a los ataques del enemigo.

No solo esta concepción está llamada a delimitar las capas, y con ellas la responsabilidad que les cabe a los sistemas de armas involucrados en cada una de ellas, sino que lo importante, fundamental y novedoso, debido al avance de la tecnología, es la inter operatividad entre ellas y con sus medios implicados, mediante un sistema confiable de comunicaciones e información.

Esta concepción de los Sistemas Integrados de Defensa Aérea interrelacionados por capas, tiene un alcance más amplio; se podría decir que no es un sistema sino una filosofía de ver

FIGURA 3: SISTEMAS DE DEFENSA AÉREA INTEGRADOS POR CAPAS



la defensa aérea como un todo, en donde no solo participa el Ejército sino también la Fuerza Aérea y la Armada.

Esto se obtiene mediante el intercambio seguro de información que juega un papel crucial en el éxito de la misión y la transferencia de información entre los diversos sistemas de armas involucrados.

El acrónimo C4I (Comando, Control, Comunicaciones, Computación e Inteligencia), en el ámbito de las operaciones es conocido; si bien es concebido para el control y desarrollo de las operaciones puesto a disposición del comandante para la toma de las decisiones, el sistema C4I se inicia en un proceso previo a las operaciones, continúa a lo largo del desarrollo y persiste una vez finalizadas estas, se lo resume en un sistema que se aplica de forma continua y permanente. Este será ni más ni menos el encargado de interactuar para que se comuniquen entre las diferentes capas de los sistemas de defensa aérea.

Haciendo esta salvedad, los sistemas de sensores que poseen los sistemas de defensa aérea, como así también los recursos humanos y tecnológicos disponibles tienen la tarea de adquirir, recabar y recopilar los datos relevantes de las diferentes amenazas y comunicarlos con precisión por la cadena de mandos, luego será el momento del procesamiento de los datos disponibles para posteriormente asignar las misiones para batir blancos o simple comunicación de datos para conocimiento, transfiriéndole a las diferentes capas que correspondan. Lograr la "superioridad de la información" es un elemento clave que proporciona a los sistemas de armas los elementos necesarios para conseguir una posición ventajosa que contribuya a lograr el éxito en la defensa de los objetivos.

Este proceso de recopilación de información necesariamente debe ser "compartido" entre todos los medios que participan de las operaciones, con la finalidad de que se encuentren al tanto

de la situación y participen activamente de las diferentes acciones que se adopten para efectuar la defensa antiaérea.

En este sentido, la digitalización de las Fuerzas Armadas, es el paso prioritario para alcanzar un sistema centrado en una única red que es la integración de soluciones tecnológicas dentro de un sistema C4I para compartir la información obtenida durante las diferentes fases operativas en el momento adecuado. Digitalizar también significa interactuar con los mismos protocolos de comunicaciones con similares medios de transmisión y plataformas para que sean utilizados en forma conjunta por las Fuerzas Armadas.

Estos sistemas no son exclusivos para operaciones en desarrollo, sino que son sistemas que deben estar activados de manera continua, incluso durante la paz, debido a que los Sistemas Integrados de Defensa Aérea son la garantía y protección para un país que puede ser víctima de amenazas y ataques, tanto convencionales como terroristas, asegurando un trabajo integrado bajo un sistema de C4I único.

En el último tiempo se ha podido apreciar que, bajo esta concepción, determinados países han salido al mercado a adquirir Sistemas Integrados de Defensa Aérea, desde ya que siempre van a encontrar vendedores, esto es mucho más que un software que coordina y relaciona los sistemas de armas; como se dijo con anterioridad es una filosofía que no se logra adquiriendo el sistema y el vendedor ilustrándolo sobre este, sino que se aprende llevando adelante las buenas prácticas de las acciones coordinadas y conjuntas, esto se consigue permitiendo que los más altos mandos interpreten y generen la necesidad de que sean utilizados estos sistemas, para permitir tener una adecuada defensa, siempre junto a los medios técnicos para cumplir la misión en las diferentes capas que se conciban.

LAS AMENAZAS

Noción de Radar Cross Section

En general, podemos diferenciar a los Blancos detectados por un Radar en dos tipos: blancos activos y blancos pasivos. Los blancos activos son aquellos que disponen de un dispositivo detector de la energía recibida, retransmitiendo la señal amplificada hacia el radar, dicho dispositivo es conocido como transponder (transmisor / receptor automático); el otro tipo, los blancos pasivos, son aquellos que su posible detección está dada por las características físicas y propias de los materiales con los que está compuesto, estos tipos de blancos son de interés para analizar.

Todo blanco pasivo que recibe las señales de un radar, estará caracterizado por la presencia de dos fenómenos:

> Absorción / Transmisión
> Reflexión / Dispersión (Scattering)

La primera dependerá en principio del tipo de material del que está compuesto el blanco, y su estudio ha sido y es de gran interés para los investigadores que tratan de lograr algún tipo de recubrimiento, que pueda tener el mayor grado de absorción a la energía incidente, siendo esta una Contra Medida Electrónica (ECM -Electronic Counter Measures).

La segunda es de mayor transcendencia a considerar y dependerá de las propiedades de reflexión de la superficie del blanco, que son de características extremadamente complejas.

Se podría pensar que la señal recibida de los blancos ubicados a una cierta distancia del radar, deberían ser constantes en función del tiempo y con mayor razón si los blancos son fijos, pero la realidad muestra que todos los ecos de los blancos especialmente si son móviles, son esencialmente "fluctuantes", debido a que estarán afectados por distintos factores:

> Por su "superficie reflectante compleja", en la medida que el blanco se mueve, la energía reflejada por cada elemento diferencial de área, en que puede descomponerse su superficie, variará en magnitud y fase de acuerdo a la orientación respecto del blanco-radar; por lo tanto, la sumatoria de los efectos será también una magnitud variable.
> Por sus "reflexiones múltiples", si el blanco está cerca de otro obstáculo reflectante, podría recibir ecos a través de distintos caminos, y si el blanco se mueve recibiría variaciones de señales debido a las distintas fases con que se reciben estas.
> Por su "turbulencia de la atmósfera", si el blanco se encuentra a cierta distancia del radar, el índice de refracción puede no ser constante a lo largo de ellas y variará de acuerdo a las características de la zona y a la variación de los agentes atmosféricos en función del tiempo.

Los tres factores mencionados pueden afectar a las señales provenientes de todo "blanco móvil", como así también y por lo dicho dependerá de la frecuencia y polarización de la onda.

De esta manera, llegamos a la necesidad de determinar el área efectiva o superficie reflectante equivalente más conocida como "Radar Cross Section" (RCS), lo cual se concibe como el tamaño y la capacidad de un blanco para reflejar la energía del radar, pudiendo resumirlo en un único término, "σ", cuya unidad está expresada en m^2, revelando así que la RCS es definitivamente estudiada como un área.

Si absolutamente toda la energía del radar incidente en el objetivo se reflejara igualmente en todas las direcciones, entonces la RCS sería igual al área del blanco, pero en la práctica, parte de la energía se absorbe y la energía reflejada no se distribuye por igual en todas las direcciones, por lo tanto, la RCS es bastante difícil de calcular; para ello se utilizan ecuaciones sumamente complejas o bien se realiza una estimación del área, normalmente se determina por medición.

La RCS del blanco depende de:

> La geometría física del blanco y sus características exteriores
> La frecuencia de los transmisores de radar
> Los tipos de materiales usados

Estas características que participan en la determinación de la RCS se han tenido que considerar y para el desarrollo de la tecnología "Stealth" (también conocida como invisible, furtivo o sigilo) a fin de reducir esos parámetros y así aumentar la capacidad de supervivencia, lo que disminuye la detección de objetivos militares. Esta tecnología tuvo su máxima expresión con la aparición en operaciones durante la Guerra del Golfo, del "F 117 Nighthawk".

FIGURA 4: F 117 NIGTHAWK



Pero la tecnología Stealth también depende de la frecuencia de los transmisores de radar usados y no tiene ningún efecto contra los radares VHF como P-12 o P-18 , ambos utilizados por las unidades de defensa aérea serbias durante la guerra de Kosovo.

Para dar un orden de magnitud de la RCS.

Tipos de blanco	RCS - "σ"	Observaciones
Barco mediano	100 m^2	N/C para DA
Avión Boeing 707	25 m^2	N/C para DA
Avión Caravelle	10 m^2	N/C para DA
Avión de Caza	1 m^2	Blanco NATO

Proyectiles	RCS - "σ"	Observaciones
155 mm	3000 cm^2	RAM
120 mm	1400 cm^2	RAM
105 mm	600 cm^2	RAM
40 mm	10 cm^2	
20 mm	0,5 cm^2	

Las nuevas amenazas

En puntos anteriores se han descripto diferentes tácticas de ataque convencionales de aeronaves, incluso se mencionaron las tres fases de aproximación, ataque y escape, y también los misiles cruceros fueron mencionados.

Dentro de la defensa antiaérea aparece un nuevo concepto llamado Rocket – Artillery – Mortar (RAM), estos cohetes, artillería y mortero son considerados nuevos blancos que la defensa antiaérea debe entender y considerar. Tanto las Smart ammunitions (munición inteligente), las bombas guiadas como las RAM poseen una RCS muy pequeñas, según lo visto en el cuadro demostrativo del punto anterior que dificultan la posibilidad de vigilancia y adquisición. Para esto se debe considerar los medios de adquisición a emplear, aunque la tecnología en los sensores ha progresado.

Otra amenaza que está en desarrollo son los misiles hipersónicos, los cuales cubren largas distancias con velocidades muy superiores a las del sonido, hasta siete veces más, el "Zircon" es de origen ruso, y desde ya que Estados Unidos se encuentra abocado a sus desarrollos, con estas características hasta el momento se hace prácticamente imposible para los sistemas antimisiles, poder interceptarlos.

FIGURA 5: MISIL HIPERSÓNICO ZIRCON - RUSIA



Con el correr de los años evolucionaron los Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV – Unmanned Aerial Vehicles), alrededor de estos se desarrolló una verdadera industria, que ha perfeccionado la capacidad principal de reconocimiento y observación, con autonomía de vuelo verdaderamente sorprendentes y siendo plataformas portadoras de equipamiento de muy alta tecnología. Estos avances no se han detenido, y las experiencias obtenidas en combate se han visto capitalizadas, transformándolos en los UCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicles) sobre plataformas de gran envergadura, a obtener configuraciones que poseen distintos tipos de armamentos, pasando a ser amenazas con piloto que se instalan dentro de una cabina o un *shelter*, muy lejos de la zona de combate, sin ninguna posibilidad de riesgo para la vida humana, pero a la vez tan avezados como cualquier otro piloto, siendo una probada amenaza para la defensa antiaérea. Algunos de los más renombrados UCAV, son el "Taranis Drone" del Reino Unido, "Dassault Neuron" de Francia, "Northrop Grumman X-47B" de EEUU, "Anjian" (Dark Sword) de China, todos ellos utilizan la tecnología Stealth. El UACV "Taranis" desarrollado por la empresa BAE Systems del Reino Unido, posee 8 toneladas y 11 metros de largo, con una

envergadura de unos 9 metros, es un dron semiautónomo diseñado para llevar a cabo vuelos intercontinentales y ataques letales contra objetivos aéreos y terrestres; aunque el avión no tripulado posee la capacidad de auto-seleccionar objetivos y de activar su modo auto-kill, este tipo de modo, que muchos de estos UCAV lo poseen, aun es un tema que se encuentra en discusión y existen grandes polémicas para su implementación.

FIGURA 6: UCAV ANJIAN (DARK SWORD) - CHINA



FIGURA 7: UCAV TARANIS – REINO UNIDO



Un desprendimiento de los UAV, han sido los llamados genéricamente “drones” o “UAV multirrotores”, también son citados como LSS (Low Slow Small), con su característica específica de hacer vuelos estáticos, que varían en una gran cantidad de tipos, cada uno con su complejidad, sus precios cada vez más accesibles, como así también la tecnología que se puede conseguir para lograr un simple desarrollo, suficiente como para que porte un pequeño peso, como cámara o simplemente una carga explosiva. De esta manera se puede decir que este tipo de vehículos se encuentra al alcance de las manos de cualquier individuo u organización, siendo utilizadas por atacantes asimétricos o grupos terroristas.

Es así que los requisitos impuestos a la defensa antiaérea de baja cota se han vuelto mucho más complejos, y tanto en cantidad como en calidad, la amenaza aérea continúa mutando y multiplicándose, cada vez más se hace hincapié en los vehículos aéreos no tripulados y las municiones guiadas de precisión que son más pequeñas, más rápidas y más ágiles que nunca.

En la actualidad, no solo lo que se ha descripto como objetivos vitales, sino también pequeñas instalaciones en centros urbanos, medios de transportes como trenes, aviones e incluso individuos, pueden ser blancos de ataques terroristas, con la utilización de drones comerciales. Sus tácticas bien conocidas, de ocultamiento dentro de la población y grupos de pocas personas se caracterizan por atacar inesperadamente sobre blancos insospechados, siendo más difícil de contrarrestar este tipo de ataques asimétricos, los cuales han sido sufridos en los últimos años, incluso durante el tiempo de paz.

Sin dar descanso a la investigación y desarrollo, tanto desde el uso militar como civil, en la evolución de los drones, se ve con sorpresa la posibilidad de actuar en grandes cantidades en forma simultánea y coordinadamente.

La empresa “Intel” realizó en forma demostrativa, con los acordes de una orquesta al aire libre y al ritmo de la música puso en el cielo, 100 (cien) drones con luces volando organizadamente, no contenta con ello en febrero de 2017, en el mayor evento del fútbol americano y detrás de una famosa cantante, logró armonizar y coreografiar, 300 (trescientos) drones, que formaron en el aire distintas figuras, incluso la bandera norteamericana, pero apostando aún más, en junio del mismo año, aumentó el número a 500 (quinientos), lo que al momento se encuentra en el récord

Guinness. Para ello se usó un cuadricóptero llamado "Shooting Star": esta empresa demostró la integración de la computación, la comunicación, los sensores y la tecnología en la nube, en un espectáculo de luces nítidas de 500 drones. Para no ser menos, en China, en una versión terrestre más de 540 robots bailaron una coreografía y 29 drones iluminados volaban sobre el escenario bien formados, esto fue el show para celebrar el Año Nuevo Chino, la gran gala de esta celebración se realizó en la provincia de Guangdong y estuvo a cargo del canal chino CCTV, que deslumbró con su coordinación y su acción de control sobre los mismos.

FIGURA 8: ESPECTÁCULO DE 500 DRONES CON LUCES COORDINADOS EN EL AIRE - EMPRESA INTEL



De lo expuesto surge la inmediata pregunta: ¿se estará en las puertas de una nueva amenaza para la defensa antiaérea, con un ataque de "enjambre de drones"?; la respuesta se puede contestar casi de inmediato, no por un análisis profundo, sino con hechos; por lo que se tiene conocimiento, China ha estado realizando ejercitaciones militares de ataques con enjambre de drones y el Departamento de Defensa de Estados Unidos ha demostrado cómo usar un centenar de drones lanzados desde un caza. Según el Ministerio de Defensa, la prueba se realizó el pasado mes de octubre, en la que un caza F/A-18 Super Hornet lanzó 103 mini drones Perdix, capaces de comunicarse entre ellos y tomar decisiones dependiendo de la situación y adaptarse a formaciones de vuelo, esto es obra de ingenieros del Massachusetts Institute of Technology (MIT). No se dice para qué lo usarán, pero sí que se podrían usar en misiones en las que antes disponían de un UAV grande y caro; en comparación, estos drones son muy baratos y capaces de controlarse remotamente. En ataques selectivos en los que antes había un dron, ahora se pueden lanzar un enjambre; al ser tantos, la defensa antiaérea, podría derribar unos cuantos, quizá una veintena, pero todavía quedarían muchos para acabar la misión asignada.

Ahora bien, si pudiera suceder un ataque de enjambre de drones, conociendo el arte de la guerra, se buscaría defender con similares armas llevándolo al mismo terreno de combate, de forma tal que se podría contrarrestar el ataque, con un contraataque de otro enjambre de drones, mejor preparados y con tácticas e inteligencia superiores. Algo similar organizó DARPA, llevando a cabo un ejercicio de juego de guerra, entre los cadetes de los institutos militares, la Fuerza Aérea, el Ejército y la Marina, cada uno de los institutos contaba con su propio enjambre de un tipo y con tácticas diferentes que debían programar, curiosamente resultaron ganadores de los combates aéreos no tripulados, los cadetes de la marina. De esta manera, se aprecia cómo desde un organismo de investigación, se piensa en el futuro desde su formación.

LAS ARMAS ANTIAÉREAS

Misiles vs. Cañones

Es sabido que todos los sistemas de armas tienen sus ventajas y limitaciones, se puede compensar alguna de esas limitaciones de las prestaciones de un sistema de armas con las características superiores de otro sistema. Para la defensa antiaérea de baja y muy baja cota, la combinación de sistemas de misiles y de cañones ha venido siendo la solución más conveniente.

Se pueden mencionar algunas características de los sistemas de misiles tales como:

> Alta probabilidad de derribo de cada misil en forma individual

> Mayor alcance y alto nivel de precisión a larga distancia
> Gran probabilidad de derribo sobre blancos que efectúen maniobras evasivas

Con respecto a los cañones se mencionan como sus ventajas:

> Corto tiempo entre disparo y acierto en cada combate
> Gran cadencia de fuego
> Capacidad de efectuar fuego terrestre contra variedad de tipos de blancos
> Bajo costo por cada ráfaga de disparo, pese a los nuevos tipos de proyectiles

Los estudios realizados de los efectos que tiene la defensa antiaérea sobre el enemigo han venido determinando que un grupo reducido de unidades de fuego sería suficiente para producir un cierto efecto letal, teniendo que ser considerados e inaceptables para el agresor.

Las combinaciones de las armas deberían ser tales que proporcionen una defensa antiaérea de baja y muy baja cota, eficiente y totalmente versátil, a fin de explotar todas las características y ventajas.

La polémica que se produce a la hora de adquirir material de defensa antiaérea de cañones o misiles, como también qué tipos de misiles, si con puestos de tiro o Man-Portable Air Defense Systems (MANPADS), se encuentra totalmente descalificada y no existe posibilidad de discusión alguna. Un sistema de defensa aérea como ya se ha mencionado, debe ser concebido como un sistema mixto; si bien siempre existió ese pensamiento, en la práctica no siempre se ha visto plasmado así por contar con escasos recursos económicos que adopten una solución de compromiso en el momento de la decisión o disponer de diferentes sistemas de armas; generalmente, los objetivos a cubrir excede la cantidad de sistemas de armas con que se cuenta para realizar la correcta defensa de todos los objetivos que se pretenden defender.

Si se logra la mixtura de las armas de defensa antiaérea, una combinación de sistemas antiaéreos deberá constar de tales cantidades de números que la protección antiaérea total no pueda ser saturada por ninguna oleada de ataque, lo cual significa un alto umbral de saturación.

Esta mixtura de sistemas dificulta considerablemente la adaptación de las tácticas del enemigo, que incluyen las operaciones de perturbación.

Las operaciones con armas pueden optimizarse, dado que existen distintos sistemas antiaéreos, los cuales están diseñados para usar el mismo sistema de control tiro.

Las siguientes son las capacidades básicas que deben poseer la Defensa Antiaérea de baja cota:

> Capacidad para combatir blancos a corta distancia
> Capacidad para combatir varios blancos durante un corto período de tiempo
> Capacidad de reacción en un tiempo muy breve ante el ataque enemigo
> Capacidad para combatir las 24 horas horas del día, bajo condic iones climáticas adversas
> Capacidad de combatir blancos terrestres para autodefensa

Armas para las nuevas amenazas

Para poder hacer frente a estas nuevas amenazas, solo con sistemas integrados de defensa aérea y con los sistemas de armas de defensa antiaérea más sofisticados, se las puede detener; estos deben encontrarse en alerta permanente incluso en tiempo de paz.

Los sistemas de cañones continúan siendo utilizados para muy baja cota; actualmente se los identifica como Sistemas **CIWS** (Close-in Weapon System). Estos "Sistemas de Armamento de Proximidad", ya hace tiempo que han ido cambiando su concepción, buscando lograr "masa de fuego", en algunos casos lograda por la cadencia de fuego de los cañones y en otros casos lograda por características particulares de la munición.

El antiguo concepto de Ametralladora Gatling, diseñada por el estadounidense Richard J. Gatling en 1861, fue la primera arma de repetición que tuvo éxito, basada en el principio de eje rotativo y una cadencia de 200 dpm. Si bien no fue usada durante la Guerra de Secesión (1861-1865) por ser considerada por ambos bandos, un arma con consecuencias devastadoras, lo sería en otras guerras sin miramientos a sus resultados. Esta idea ha evolucionado y fue adoptada por varios fabricantes de armamentos, convirtiendo cañones rotativos con varios tubos, con munición de calibres entre 20mm y 30mm, con cadencias de disparos que van desde los 3.000 a 10.000 dpm y con distancias desde los 1.500 metros a los 4.000 metros de alcance. En principio, estos sistemas han sido desarrollados para ser utilizados por las Armadas de diferentes países, a fin de contrarrestar las amenazas aéreas o misiles cruceros que se aproximan a pocos metros sobre el mar. Estos sistemas CIWS, están siendo actualmente adoptados por los sistemas de armas de defensa antiaérea de los ejércitos, montados sobre camiones o blindados, no solo para poseer masa de fuego sino también movilidad. Estos siempre se encuentran asociados individualmente a sistemas de control tiro de gran precisión, amalgamándose en un sistema totalmente autónomo.

FIGURA 9: CIWS PHALANX – RAYTHEON - EEUU



FIGURA 10: CIWS PHALANX MONTADO EN VEHÍCULO "CENTURION"– RAYTHEON - EEUU



Otros tipos de cañones son los denominados Oerlikon Revolver Gun MK2 de 35mm (Oerlikon revolver: se menciona el desarrollado por Oerlikon Contraves, hoy perteneciente a Rheinmetall Defence, que reemplazó a los cañones Oerlikon bitubos GDF 35mm en sus distintas versiones (el Ejército Argentino posee la versión GDF-003, Fuerza Aérea Argentina el GDF-001); estos poseen una cadencia de disparo de 1000dpm, tienen la particularidad y ventaja de que utilizan la munición AHEAD (Advanced Hit Efficiency and Destruction), están equipados con tres bobinas, dos de ellas miden la velocidad exacta del proyectil, esta medición es usada para calcular la configuración de la espoleta a fin de lograr el tiempo de vuelo adecuado, así es que la tercera bobina le proporciona estos datos a la espoleta a través de un sistema de inducción eléctrica, la espoleta en sí es un temporizador de alta precisión que detona la carga a una distancia dada en frente del objetivo, expulsando 152 sub-municiones de tungsteno; si se efectúan 25 disparos a un blanco, se dispersarán 3.800 pequeños proyectiles y se conformará una gran nube de estos que proporcionarán una alta probabilidad de derribo. De esta manera, con la munición se logra la masa de fuego que, de otra forma, la

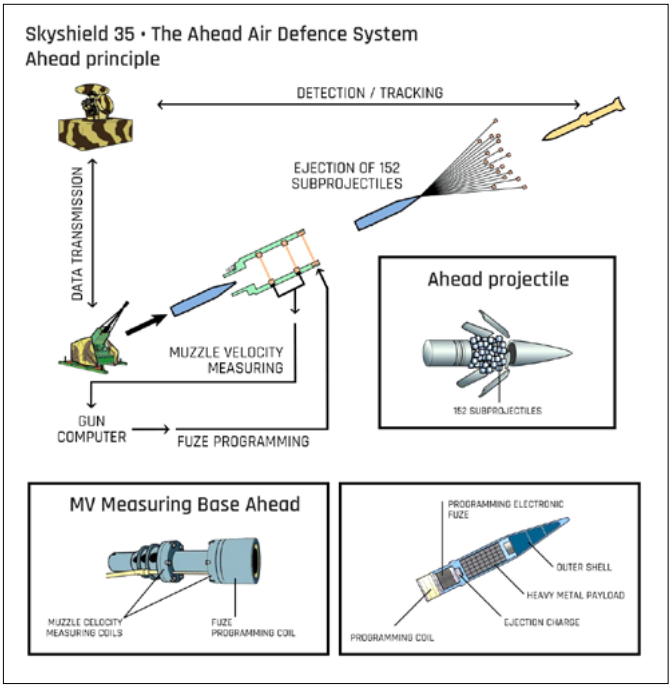
obtienen con varios cañones con una cadencia de fuego aún más alta. Este tipo de munición se asemeja a la desarrollada por Bofors, de 40mm llamada 3P (Prefragmented Programmabled Proximity Fuzed ammunition).

Si de sistemas de misiles debemos hablar, otro tema extenso para tratar, estos son uno de los sectores más complejos y amplios dentro de la industria de defensa. Estos se encuentran caracterizados por su tecnología de punta, tanto en sistemas de propulsión como en equipos de guiado y control, la restricción en la información y confidencialidad de las características en los nuevos desarrollos, a todo esto se le suma la variedad de armas de muy diversas prestaciones y utilidades, tales como misiles aire-aire, aire-superficie, superficie-superficie y superficie-aire. Estos últimos son los de interés, en particular, los que son utilizados para defensa antiaérea de baja cota. El mayor porcentaje de los desarrollos de misiles en las empresas de defensa del mundo es adjudicado a los misiles superficie-aire, lo que marca la trascendencia que conlleva en la búsqueda permanente de obtener nuevos productos para la defensa aérea ante las nuevas amenazas que surgen.

FIGURA 11- CAÑÓN REVOLVER OERLIKON SKYSHIELD 35MM- RHEINMETALL – SUIZA



FIGURA 12- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO MUNICIÓN AHEAD- RHEINMETALL – SUIZA



Dentro de la gran gama de misiles encontramos los llamados MANPADS (Man Portable Air Defense System), en este tipo se puede hallar una amplia variedad que va desde los más simples hasta los más complejos, en algunos de ellos la mayor tecnología se encuentra concentrada en el propio misil, estos son los denominados "tira y olvida", los cuales una vez lanzados el misil, poseen la inteligencia suficiente y necesaria para seguir al blanco según diferentes métodos de control y guiado. Tales son los casos del sistema "STINGER" (EEUU) y el "9K333 VERBA" (Rusia). Este último entró en servicio en las Fuerzas Armadas rusas en el año 2014 para reemplazar a su antecesor el "Igla S". El "Verba" es un sistema de misil de última generación contra aviones de ala fija, helicópteros, misiles cruceros, UAVs y objetivos de muy baja RCS. Posee un buscador de tres canales, con sensores en la frecuencia

del ultravioleta, infrarrojo cercano e infrarrojo medio, las entradas de los sensores se controlan de forma cruzada para determinar los objetivos contra los señuelos, mejorar así la precisión y evitar las contramedidas electrónicas. El buscador tiene la capacidad de detectar el calor emanado de las alas y el fuselaje, debido a la resistencia del aire, además de los métodos convencionales de búsqueda de temperatura del motor, lo que permite el enfoque frontal al objetivo y no solamente disparado luego de que pase el blanco en persecución y evitar los señuelos de bengalas traseras utilizadas por la mayoría de los aviones.

FIGURA 13- MANPADS VERBA - RUSIA



Otro sistema MANPADS, en el que, a diferencia de los anteriores, la mayor tecnología no se encuentra en el misil, sino en el lanzador, de reconocida actuación es el "RBS 70" de origen sueco de la empresa Bofors, el cual se encuentra operativo en una gran cantidad de países. Para su desarrollo, las Fuerzas Armadas suecas plantearon uno de los requisitos más rigurosos: "debía ser imperturbable"; es por ello que el control y guiado es efectuado por "línea de mira" (lanzador – misil - blanco) y "haz de rayo láser"; esto le proporciona la capacidad de ser lanzado frontalmente, combinada con su alta precisión a larga distancia e inmunidad a todo tipo de perturbaciones naturales o del enemigo. La restricción que hace que el operador, una vez lanzado el misil, deba continuar con el rayo láser dirigido al blanco, también lo convierte en una capacidad ya que este puede tomar la decisión de cambiar el blanco con el vector en vuelo o hasta puede destruir el misil antes que impacte si el operador lo considera necesario. La evolución del RBS-70 se centró en perfeccionar la tecnología de la mira en el puesto de tiro y las diferentes versiones de misiles cada vez con mejores prestaciones: MK 1, MK2 y NG.

Estos sistemas MANPADS, en su mayoría los más avanzados, tienen la posibilidad no solamente de poder ser lanzados por un hombre desde el hombro, sino que están concebidos como un sistema misilístico completo y tienen la versatilidad de ser instalados sobre vehículos a rueda o a orugas, en sus configuraciones simples o de varios lanzadores. También tienen el potencial de interactuar con sistema integrado de control, lo que les permite el uso de datos proporcionados desde radares de alerta temprana u otros sistemas de adquisición, dándoles así el tiempo necesario a los operadores para actuar. Como opcionales se les puede adosar sistemas de IFF (Identification Friend or Foe).

FIGURA 14- MANPADS RBS 70 MONTADO EN VEHÍCULO – BOFORS – SUECIA



Entre los diferentes tipos mencionados como aquellos que poseen un buscador IR de alta tecnología sobre el misil y aquellos con línea de mira por rayo láser, cada uno tiene sus ventajas y desventajas, que no es intención aquí mostrarlas, ya que cuando de argumentación se trata, sucede que la mitad de la biblioteca está a favor de un tipo y la otra mitad a favor del otro tipo.

Dejando de lado los sistemas portables, uno de los sistemas antiaéreos más afamados y apreciados de Israel, por su importancia y la seguridad que le proporciona a su población, es el que se encuentra actualmente en operaciones permanentes, principalmente en la zona de Gaza. La empresa RAFAEL Advanced Defense Systems (Raytheon se ha unido para la fabricación de los misiles Tamir), ha desarrollado un sistema de misiles que se ha dado en llamar "Iron Dome", o también haciendo la analogía, adjetivándola a una cúpula de hierro, como si esta fuera infranqueable y lograr así la confianza no solamente por su nombre sino, lo que es primordial, por sus resultados.

Este sistema se encuentra preparado para actuar en la capa más baja o última capa, posee la singular característica y única en su tipo, que es tener la posibilidad de actuar operativamente con doble propósito, pudiendo ser empleado como sistema misilístico de muy corto alcance (VSHORAD - Very Short Range Air Defence) contra objetivos aéreos tradicionales, tales como aviones, helicópteros, UAVs, o bien la otra misión que es la que le permite actuar contra amenazas asimétricas, como cohetes lanzados de corto alcance desde los cuatro kilómetros hasta los 70 kilómetros, artillería y morteros (C-RAM). Cuenta con el primer lanzador multi-misión en su tipo, diseñado para disparar diferentes misiles interceptores de acuerdo con el tipo de la amenaza. Otra capacidad de estos sistemas es que posibilitan discriminar entre amenazas dirigidas hacia un área poblada y aquellas que caerán al mar o campos abiertos, así se reducen los costos y limitan los lanzamientos innecesarios; es así que el radar, detectadas las amenazas, puede descomponer la trayectoria prediciendo el lugar donde va a caer y, habiendo delimitado la zona en donde se encuentra la población, podrá tomar la determinación de realizar la interceptación o no. Es una solución efectiva e innovadora, diseñada para detección rápida, discriminación e interceptación, con una cabeza de guerra especial que detona los objetivos en el aire, dentro de la capa baja del paraguas de defensa aérea de Israel. Una sola batería puede proteger una ciudad de tamaño mediano aproximadamente de 96 km2. Si bien proyectiles de muy bajo costo, los cuales son usados como amenazas asimétricas y en grandes cantidades, son interceptados por estos sistemas sofisticados, según la relación costo- beneficio, cuando se trata de vidas humanas, está totalmente justificado.

Ante el gran número de proyectiles y cohetes provenientes desde sus vecinos en la Franja de Gaza, la cantidad de interceptaciones realizadas, si bien no existe información oficial, se estima que el rango de efectividad obtenida es de aproximadamente del 90 por ciento, de allí su popularidad entre los habitantes.

De más está decir que este sistema no actúa en forma individual, sino dentro de un todo como es la defensa del Estado de Israel.

FIGURA 15- IRON DOME -RAFAEL - ISRAEL



Arma Láser

Las armas láser se hallan encuadradas en aquellas llamadas de Energía Directa, en las cuales también se encuentran las armas de pulso electromagnético, armas de haces de partículas, armas de microondas de alta potencia, entre otras.

El primer LASER (Light Amplification by Stimulated of Radiation – amplificación de luz por emisión estimulada de radiación), funcionó en mayo de 1960, construido por Theodore Maiman; a partir de su descubrimiento, los incesantes y continuos estudios en el mundo de la ciencia, relacionados con el Laser dieron varios premios Nobel, y un sinnúmero de aplicaciones que no se hicieron esperar en diferentes áreas, principalmente para la medicina, pero la industria de la defensa, si bien entre otras aplicaciones usaba telémetros e iluminadores, esta sentenciaba, que tarde o temprano llegaría el desarrollo para algún tipo de armamento. Como hecho curioso en el Boletín Técnico Nro 27, de fecha 9 de marzo de 1964, emitido por el "Centro de Instrucción de Artillería de Defensa Aérea" del Ejército Argentino, se mencionaba como novedad un arma de rayos láser, según un vocero de la Maser Optics Ind.[2], sin saber el entonces Director del Centro que esa noticia se iba a concretar cincuenta años después y que, entre las prestaciones, serían destinadas justamente a la defensa aérea.

Los estudiosos de Nikola Tesla (1856-1943) con más de 700 patentes y su elucubración del "rayo de la muerte", o los fervientes seguidores de la "guerra de las galaxias", con sus armas de energía dirigida, todos ellos pueden verse colmados y satisfechos , que lo que parecía solo ficción y fantasía, hoy es una realidad.

Mediante la Vigilancia Tecnológica, que se ha venido realizando en el Observatorio Tecnológico Militar del CEPTM "Grl Mosconi", esta temática se ha seguido muy de cerca con todas las noticias, y se ha podido advertir cómo los diferentes países junto a sus Fuerzas Armadas y las empresas para la defensa, se apresuran a informar por los distintos medios, de los logros obtenidos respecto de las armas de Energía Directa principalmente las HEL (Higth Energy Laser) o LaWS (Laser Weapon System), ya que estas se encuentran en un nivel de desarrollo sumamente aceptable e incluso algunos han dejado de ser demostradores o prototipos, para pasar a la producción y provisión de las Fuerzas Armadas, tal es el caso del anuncio del Viceministro de Defensa de Rusia. También Matthew Ketner[3], dijo lo propio: que el Ejército y la Armada de Estados Unidos, están incorporando cada vez más armas láser en diferentes plataformas y que la Marina estadounidense con su sistema LaWS de 30 KW, montado en un barco, fue capaz de destruir un UAVs, en vuelo medio; asimismo, dijo que sistemas más potentes se encuentran en desarrollo.

FIGURA 16 - HEL ARMA LASER DE 30 KW
RHEINMETALL - SUIZA



Dentro de los problemas que se debían sortear en estos desarrollos estaba el suministro de energía y la refrigeración de los sistemas involucrados, la transición de los láseres de estado gaseoso a los de estado sólido fue importante ya que aumentó la eficiencia entre la

2 De los archivos escritos como novedad, no se pudo determinar su veracidad por otros medios.

3 Chief of the High Energy Laser Controls and Integration Directorate at the Naval Surface Warfare Center Dahlgren Division, Virgin.

capacidad generada por la planta y la necesaria en potencia que debe entregar el láser, esa relación actualmente se encuentra 3 a 1, al mejorar estos inconvenientes, los avances fueron en crecimiento, una de las razones por las que fueron instalados en buques fue justamente el suministro de energía, pero actualmente las plataformas en donde se los coloca son variadas, en camiones, helicópteros y hasta se encuentran sobre UAVs.

Mientras que las armas antiaéreas y de defensa antimisiles tradicionales pueden disparar a los drones, eso se vuelve poco práctico cuando los enemigos pueden darse el lujo de lanzar cientos de ellos a la vez, los sistemas HEL son más eficientes para este tipo de amenazas y permiten cambiar rápidamente de una amenaza a otra.

Estas armas poseen características particulares y distintas, hasta las hoy conocidas:

- Extremadamente silenciosas e invisibles al ojo humano.
- No se producen retrocesos al momento del disparo por lo que puede ser instalado en un contenedor u otra plataforma, ya que no necesita dispositivos especiales que tengan que soportar el retroceso.
- Sumamente precisas por su trayectoria perfectamente recta y puntual. Es por ello que prescindirá de todo tipo de cálculo introduciendo las variables de la balística interior y exterior para su trayectoria y predicción del punto futuro de impacto (para blancos aéreos), como lo requieren las armas convencionales.
- Ilimitada cantidad de disparos y económicamente rentable. Dado que no utiliza munición y solo estará limitado por el suministro de la energía, la cual es necesaria en los niveles altos de potencia, solamente cuando se produce el disparo.
- Duración o permanencia del disparo. La falta de potencia de un láser para atacar un blanco, puede ser suplida eventualmente con el tiempo de exposición del haz sobre este, siempre y cuando se lo permita. A modo de ejemplo, un láser de 50KW durante seis minutos en forma constante, a una distancia de 1000 metros, puede deformar una viga T de acero de 15mm.
- Escalable en su potencia por el principio de superposición de haces. A similitud al punto anterior, es posible que disparen varias armas láseres al mismo blanco coordinadamente, o bien con similar criterio, más de un láser puede ser montado en el mismo sistema a fin conformar un arma láser de mayor potencia, empleando el principio de superposición de haces.
- Capacidad de neutralizar gran variedad de amenazas en conflictos convencionales y asimétricos.
- Efectividad para batir UAVs, misiles cruceros, RAM. Esto dependerán de la potencia entregada por el sistema.
- Bajo nivel de mantenimiento, bajo costo logístico y número reducido de operadores.

SISTEMAS DE ADQUISICIÓN

Como último tema a tratar se encuentra el de los sensores, indiscutiblemente el sensor por excelencia es el Radar, un tema importante para querer desarrollar, pero como esta no es la intención, sino enmarcarlo en un todo, como parte del sistema de defensa aérea de baja cota. Los radares se clasifican según diferentes concepciones, según el número de antenas empleadas, del tipo de blancos a detectar, los datos que proporciona, la finalidad que persigue, las formas de ondas empleadas, etc.

Los de interés para la defensa aérea son los de alerta temprana o vigilancia, de estos hay con diferentes alcances, serán los primeros en detectar al blanco y alertar a los radares de las armas, los de exploración para luego pasarlo al radar de seguimiento. Los que se utilizan en la capa más baja son los de exploración y seguimiento. Sin querer generalizar por la cantidad de sistemas de

radar que existen, en la actualidad los radares de las armas, son radares tácticos 3D (tridimensionales), que realizan las funciones de búsqueda, detección, adquisición, seguimiento, clasificación e identificación de objetivos aéreos de corto alcance. Algunos de ellos poseen dos tipos de antenas: una para exploración y otra para seguimiento, algunos con ambas frecuencias iguales y otros diferentes. La mayoría de este tipo de radares trabaja en banda X (5,2 -10,9 GHz); en la actualidad, estos radares se encuentran diseñados para lograr un alto rendimiento, contra el gran espectro de amenazas aéreas, desde objetivos convencionales, aviones de combate y helicópteros, hasta objetos de muy baja RSC, entre los que se encuentran los RAM, misiles cruceros, UCAVs, munición inteligente y los objetos furtivos LSS, todos ellos ya nombrados durante el trabajo.

Estos sistemas de control tiro poseen la capacidad de adquirir diferentes blancos en forma simultánea, asignándoselos a las distintas armas ya que tienen la versatilidad de ser configurados con distintos tipos de armamentos.

FIGURA 17: FIRE CONTROL UNIT (FCU) RADAR DE CONTROL TIRO SKYSHIELD CON SENSORES ELECTRÓPTICO INCORPORADO



Otro sistema empleado es un conjunto electróptico, llamado plataformas de sensores múltiples, compuesto por cámara CCD de visión diurna, una cámara de imagen térmica y un telemetro láser, estos conforman un sistema que puede ser adosado a los radares de control tiro (la mayoría los tiene), para trabajar en forma complementaria, o sobre un gimbal estabilizado y con movimiento en los 360°, lo que le permite operar como un sistema de solo vigilancia o integrando independientemente un sistema de control tiro, sin el uso de un radar.

Los sistemas acústicos también son una opción, existen aquellos que poseen varios micrófonos dispuestos en los 360°, y con la electrónica asociada, que realiza el correspondiente análisis de señales, pueden determinar la firma acústica de las armas que disparan y determinan cuál es el tipo de arma y desde qué dirección ha efectuado el disparo.

Los sensores vistos, radares, electrópticos y acústicos pueden ser montados en diferentes plataformas, pero hay que saber que, en los objetivos fijos a defender, la altura será importante, pudiendo ser colocados en mástiles elevados o sobre globos aerostáticos, los cuales son de gran utilidad. Desde ya, en estos objetivos o los objetivos MOOTW, no se deben descartar las tecnologías de video vigilancia, las cuales están bien desarrolladas, con cámaras con potentes objetivos diurnos y nocturnos, zoom variable, tecnología de sensores IR, procesamiento de imágenes, iluminación IR, grabación y reproducción de períodos de tiempo, etc.

Debido al uso indiscriminado de drones, estos se han convertido en amenazas permanentes e imprevisibles, es por ello que se han desarrollado sistemas que realizan una cobertura especialmente contra drones, tanto en el ámbito civil como militar. Estos son usados para aeropuertos ya que se han convertido en un verdadero problema para los aviones comerciales, para cubrir reuniones de autoridades VIP, estadios, etc. Estos consisten en sistemas de sensores integrados, similares a lo visto anteriormente, medios electrópticos, medios acústicos, radares de detección de baja RCS, medios de RF, sistemas CCTV, todos ellos trabajan coordinados y en conjunto. Cuando los sensores detectan alguna amenaza, se dispara una alarma que activa la emisión en forma automática de una señal de interferencia electrónica o jammer para un amplio espectro de frecuencias, la cual bloquea la transmisión y generalmente hace caer al objeto, siempre y cuando no

posea la opción de que, cortada la recepción, cambia automáticamente al modo "regreso a casa" en forma autónoma, algunos de estos pequeños UAV ya poseen ECCM (Electronic Counter Counter Measures). De acuerdo a las características del objetivo se conforma un mapa de distribución de sensores y antenas emisoras de interferencias. Otra capacidad que algunos sistemas poseen es poder determinar el lugar desde donde es operado a fin de capturar al individuo. Estos no destruyen la amenaza, sino que la misión es neutralizar el acceso a la zona de cobertura. Existe un número importante de empresas que comercializan este equipamiento y otras que brindan el servicio de cobertura de objetivos.

El mismo criterio de mixtura que se utiliza para las armas se debe emplear para los medios de adquisición, la combinación de estos proporciona un mayor porcentaje de seguridad, ya que, al existir cada vez más variedad de amenazas, no es posible adquirir todas ellas con un solo tipo de sensores.

FIGURA 18: SISTEMA COMBINADO DE MISILES, CAÑONES Y LASER - RHEINMETALL



Si bien no se ha mencionado como tema la "Guerra Electrónica" (EW – Electronic Warfare), esta se encuentra inmersa en todos los sistemas y tal es así que el personal que debe operar los sistemas antiaéreos es totalmente consciente de ello, de las ECM (Electronic Counter Mesures) activas y pasivas, las ECCM (Electronic Counter Counter Measures) también activas y pasivas, la SIGINT (Signal Intelligence) y ESM (Electronic Support Measure). Toda esta terminología compleja en su concepción y aún más en su aplicación, se amalgama en un todo con la defensa antiaérea, a fin de lograr el éxito de la misión.

CONCLUSIONES

- Se ha visto somera y conceptualmente un conjunto de temas disímiles unos con otros, pero que, a su vez, se encuentran íntimamente interrelacionados, a fin de demostrar y comprender la verdadera complejidad que presenta a la hora de realizar la defensa antiaérea de un objetivo vital. La defensa aérea no es privativa de ninguna Fuerza en particular, pero sí debe estar íntimamente coordinada y relacionada por un sistema C4I que las Fuerzas Armadas deben poseer, a fin de conformar un verdadero Sistema Integrado de Defensa Aérea.
- Las amenazas aéreas ya no se limitan a los aviones, helicópteros y misiles, que se conocían en las guerras convencionales, sino que cada vez aumentan en su tipo, algunas de ellas con las altas velocidades, con bajas RCS y quizás ataques en oleadas masivas, todo esto hace que la concepción de la toma de decisiones en el control tiro de los sistemas antiaéreos se orienta hacia la menor participación humana posible, sumado a los cambios de paradigmas que se debe resolver principalmente con los posibles ataques terroristas.
- Que una nación defina que no existe hipótesis de conflicto no quiere decir desde ningún punto de vista que no se encuentre preparado con sus Fuerzas Armadas para realizar su autodefensa, ya que la hipótesis de conflicto la define uno, no los otros, porque los otros pueden tener necesidades que uno no posea. Miyamoto Musashi, en su "libro de los cinco anillos", escrito en 1643, dentro de sus principios dice *"nunca se debe olvidar la posibilidad del desorden, en tiempos de orden"*. Se lo puede interpretar de muchas maneras, pero sabiendo que este fue un guerrero samurai nunca vencido, a hoy diríamos que en tiempos de paz no se debe descartar

la posibilidad de un conflicto, dado que se esperan ataques asimétricos, no convencionales y terroristas por debajo del umbral de la guerra; es por ello que se deben considerar requisitos especiales para el funcionamiento, el mando y el control de una defensa antiaérea.

> Se reiteró que la capa más baja o de cortas distancias es aquella que está más próxima a los objetivos vitales a defender; por ser la de mayor importancia, deberá ser la que respecto de la cual las Fuerzas Armadas realicen la organización y conformación de sus sistemas de armas, al momento de realizar una planificación para pretender conformar un Sistema Integrado de Defensa Aérea, ya que será el último recurso para la supervivencia ante las variadas amenazas de guerra convencional o asimétrica.

BIBLIOGRAFÍA

> Skolnik M. (1990), Radar Handbook – Mac Graw Hill - 2da edición.
> Glosario de Términos y Definiciones de la OTAN, (2013), Agencia de Normalización de la OTAN.
> Oerlikon Contraves Defence,(1999), Air Threat.
> Oerlikon Contraves Defence,(1999), Anti Aircraft Tactics.
> Oerlikon Contraves Defence, manuales 35mm /Skyguard
> Bofors missiles Manuales de material.
> Cocchetti D.(1992.) Apuntes radar.
> www.rafael.co.il
> www.saab.com
> www.raytheon.com
> www.rheinmetall-defence.com
> www.radartutorial.eu
> www.iacit.com.br
> www.ceptm.iue.edu.ar

(*) **José Alberto Guglielmone:** Coronel de Artillería (R); Ingeniero en Sistemas de Armas Electrónicas (Instituto Universitario del Ejército / Escuela Superior Técnica); Posgrado en Criptografía y Seguridad Teleinformática (Instituto Universitario del Ejército / Escuela Superior Técnica); Docente Investigador(Ministerio de Educación) Miembro COPITEC. Se desempeñó en la recepción de materiales y proyectos de Defensa Antiaérea con la fábrica Suiza Oerlikon; como Secretario de Investigación de la Escuela Superior Técnica; en el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa, como Jefe del Departamento de Control Guiado y Simulación, Gerente de Tecnología e Innovación y Director de Proyectos. Docente Universitario de la Facultad de Ingeniería del Ejército (Escuela Superior Técnica) y de la Universidad de Palermo. Participa en proyectos en el Centro de Investigación de Desarrollo de Software del Ejército y Analista del CEPTM "Grl MOSCONI".

5. QUÍMICA

5.1

Minerales no renovables

Cómo enfrentar el desafío de mantener o participar del crecimiento en un mundo cada vez más hambriento de recursos

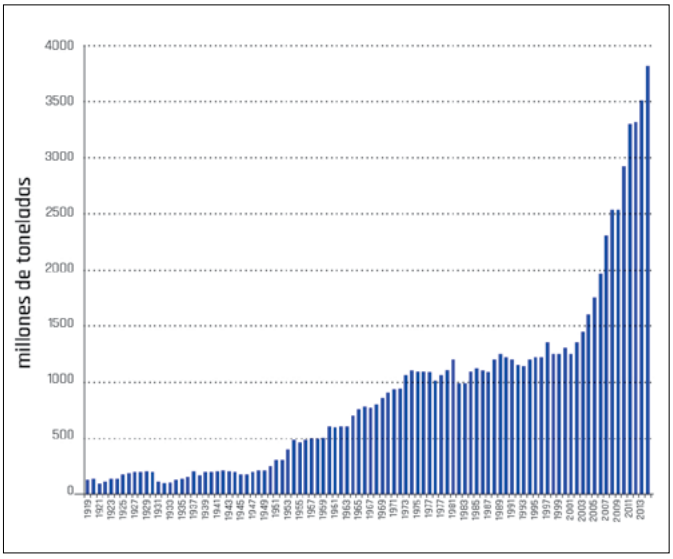
Por el Cnl A (RE) OIM Carlos Hugo Trentadue*

A veces, parecería que creemos que algunos recursos minerales que posee nuestro planeta son infinitos. Y los de nuestro país también. Cada vez que hablamos de recursos no renovables automáticamente pensamos en el petróleo, o a lo sumo en el gas, olvidándonos de que estos son sólo algunos de los materiales que desde la segunda revolución industrial se consumen de manera creciente en Argentina y el mundo.

Y este pensamiento se ha hecho particularmente más persistente en esta era postindustrial que nos toca vivir, en la que el crecimiento económico impulsado por el conocimiento se ha convertido en el factor central del progreso y, como consecuencia, parece que el valor de los recursos naturales ha disminuido, en especial al considerar que la tecnología proporciona nuevas formas de utilizar los recursos existentes de manera más eficiente e incluso sustitutos sintéticos de alguno de los recursos naturales no renovables.

Además de lo expresado en el párrafo anterior, la globalización del comercio ha reducido aún más la importancia relativa de estos recursos en cuanto a poseerlos en el territorio propio. La existencia de un sistema institucionalizado de comercio internacional implica que los países ya no estarían tan limitados por la relativa abundancia de sus recursos naturales en cuanto se refiere

ILUSTRACIÓN 1: PRODUCCIÓN MUNDIAL DE 14 MINERALES Y METALES ESENCIALES PARA LA ECONOMÍA GLOBAL 1919 – 2015- FUENTE USGS



a sus perspectivas de crecimiento y potencial nacional, si la situación entre el país demandante y el o los posibles proveedores no es de competencia.

Estos conceptos son hoy más vigentes dado que el número de materias primas críticas ha disminuido a partir de la especialización que cada país ha experimentado en cada rama de la industria, por lo que dependiendo de donde se encuentra en la cadena de producción de cada producto, se interesará más o menos en determinados minerales o sustancias.

A esto se agrega que son también muy pocas las materias primas que sólo tienen una fuente de suministro... en tiempos de paz. Esto es aplicable hoy incluso para los recursos naturales de alta prioridad como los vinculados con la energía.

Pero el progreso tecnológico y el incremento del estándar de vida de la población del planeta implica un mayor consumo de recursos de toda índole, entre ellos los minerales, como podemos ver en la Ilustración 1 que refleja la producción de catorce minerales y metales que se consideran esenciales para la economía global. Ellos son el aluminio, cobalto, cobre, cromo, el grupo del platino, manganeso, níquel, oro, plomo, zinc, y el mineral de hierro, y minerales como la roca fosfatada, la potasa, y la barita. La aparición de los BRIC, es decir Brasil, Rusia, India y China, como demandantes de recursos a partir de 2001 ha hecho que se triplicara la producción en un período de apenas 14 años.

Y es de esperar que, como consecuencia del crecimiento de la clase media[1] en el mundo, no sólo en los países enunciados, esta tendencia se mantenga o incluso se incremente.

ILUSTRACIÓN 2: MATERIALES COMPONENTES DE UNA TURBINA P&W F100 CON SUS PAÍSES DE ORIGEN

Material	Peso (Kg)	Precio total del metal a granel (u$s)	Fuentes de suministro
Titanio	2.485	32.305	EEUU, China, Japón, Rusia, Ucrania, Kazajistán, etc (esponja de titanio)
Níquel	2.085	22.174	Rusia, Canadá, EEUU, Indonesia, Brasil, etc
Cromo	697	7.574	Sudáfrica, Kazajustán, Rusia
Cobalto	402	11.598	Congo, Cuba, China, Canadá, Brasil, Rusia, etc
Aluminio	42	82	China, Rusia, India, Canadá, Brasil, EEUU, etc
Niobio	74	6.926	Brasil, Canadá
Tantalio	1,4	270	Brasil, Mozambique, Ruanda, Canadá

Factores que afectan la disponibilidad de recursos

Cualquiera sea el país considerado, varios factores pueden hacer que uno o varios de los materiales que le son críticos para que su industria funcione, vean afectada su cadena de suministros: la *escasez* física, por no ser accesibles o por agotamiento de las reservas; los altos costos, dados por la volatilidad de los precios o por desarrollos del mercado; y, finalmente, por aspectos *geopolíticos*[2], como el establecimiento de control de exportaciones, establecimiento de barreras, o conflictos armados o económicos. Estos factores están interrelacionados y pueden presentarse

1 En el 2000, de acuerdo al Banco Mundial, habían cerca de dos mil millones de personas en esa categoría en el mundo; en 2016, se catalogaban 3.200 millones. Para 2028 se estima que casi 5,2 mil millones estarán incluidos en ella. https://www.brookings.edu/research/the-unprecedented-expansion-of-the-global-middle-class-2/. Último acceso 23 Nov 2017.

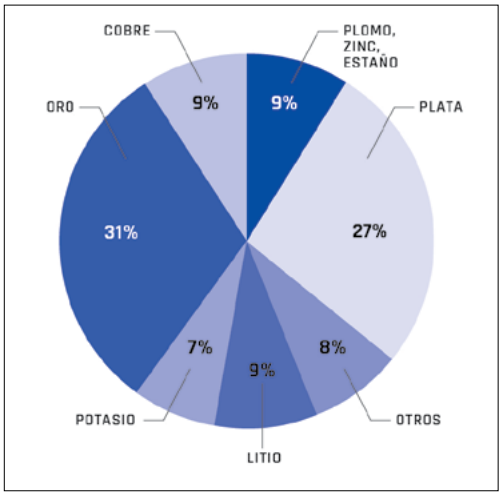
2 Westermann, A.: *Geology and World Politics: Mineral Resource Appraisals as Tools of Geopolitical Calculation, 1919-1939;* Historical Social Research; 2015. DOI: 10.12759/hsr.40.2015.2.151-173

aislados o en conjunto, teniendo a veces una acción sinérgica que incrementa el riesgo a la industria en cuestión.

Pese a lo que vimos respecto de la globalización y el flujo de materiales, ningún país del mundo es autosuficiente en todos los minerales que requiere su industria.

Estados Unidos, la Unión Europea, Rusia, China y Japón dependen de sus importaciones de ciertos, muchos o pocos, materiales para poder seguir manteniendo o acrecentando sus producciones. Se puede suponer que la palabra "dependencia" sugiere una vulnerabilidad, por lo que podría desearse que la remplazáramos con otros conceptos tales como "insuficiencia doméstica en las actuales condiciones del mercado" o "déficit de comercio exterior", pero cualquiera sea el criterio semántico que se le quiera dar a la expresión, permanece el problema de que todo país necesita de esos suministros para funcionar[3].

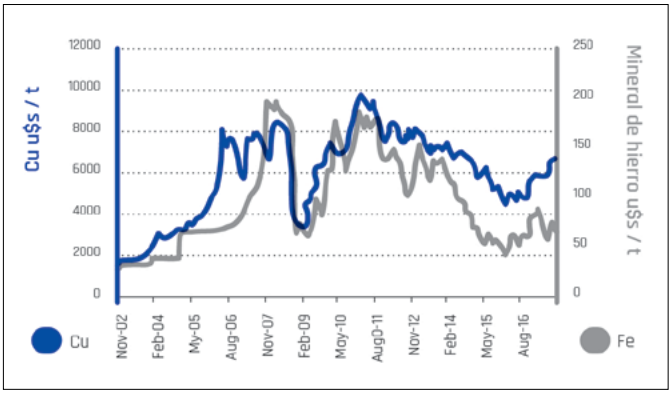
ILUSTRACIÓN 3: PROYECTOS MINEROS EN ARGENTINA 2016 - FUENTE CAEM



Podemos ver un ejemplo de esto en la Ilustración 2, en la que se encuentra una descripción de los materiales componentes de una turbina del tipo que forma parte del sistema de propulsión de un avión F15 y también del F16. Como se puede ver en la tabla, gran parte de dichos materiales proviene de países tradicionalmente no alineados detrás de Estados Unidos, fabricante de estas turbinas.

Nuestro país es dependiente de muchos productos importados, no sólo para la industria en general sino para la industria militar en particular. Desde el latón militar (la aleación de cobre y zinc que se usa para la producción de vainas de munición) hasta los aceros de blindaje, deben ser obtenidos en el mercado internacional, pese a que Argentina dispone de las materias primas para producir los materiales mencionados, pero no ha desarrollado o ha perdido las capacidades tecnológicas para obtenerlos localmente.

ILUSTRACIÓN 4: PRECIO DEL MINERAL DE HIERRO Y COBRE -2002-17 - FUENTE FMI



Los cambios producidos en países como China e India, con crecimientos notables de sus estándares de vida y niveles de

3 Este concepto es analizado aquí restringido a algunos minerales usados como ejemplos, pero en la industria globalizada actual, esto es aplicable a todas las producciones de un país, por ejemplo, la importación de ciertos conservantes para alimentos que permiten la fabricación de golosinas o de pan y que sin ellos no sería posible producir a escala internacional y exportar estos productos.

industrialización, incrementaron la demanda de hierro[4] y cobre[5], haciendo que estos cuadruplicaran y duplicaran, respectivamente sus precios entre 2002 y 2017, como puede verse en la Ilustración 4.

El precio del renio, que es usado en la fabricación de aleaciones que resisten muy altas temperaturas, como por ejemplo las requeridas para la fabricación de motores de aviación de alta eficiencia, alcanzó en 2008 los US$11.250 /kg, cerca de 12 veces su precio en 2006, cayendo luego hasta los US$2.300/kg a noviembre de 2017. Aún después de la caída sigue siendo una buena noticia para los países que poseen grandes reservas de este metal, como Chile y Kazakstán. Es interesante notar que este metal se encuentra compartiendo depósitos de cobre tipo pórfido, que la Argentina también dispone y que podrían ser evaluados para su extracción en nuestro país.

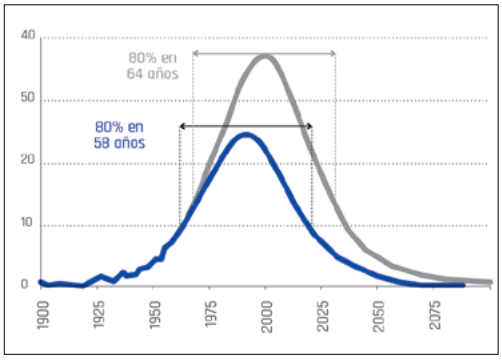
Las reservas mundiales de indio[6], usado para la producción de celdas colectoras de energía solar y paneles de cristal líquido (LCD), junto con las de hafnio[7], un componente esencial de chips de computadoras y barras de control en reactores nucleares, son realmente desconocidas. En un artículo en una publicación en 2007 se anunciaba que para 2017 no habría más reservas en el mundo[8]. Esto no ha sucedido. Esta afirmación tiene que ver con la confusión entre las definiciones de reservas y recursos. Reserva no significa "la cantidad de un elemento disponible para nosotros". Significa la cantidad que hemos examinado, perforado, probado, pesado, y que, fundamentalmente, puede extraerse a los precios actuales y con la tecnología actual... y todavía producir un beneficio al hacerlo.

Es lo que explica la diferencia entre las cifras de "recursos" y "reservas" de los diferentes metales. Hay una gran cantidad de recursos en el mundo, pero no ha habido interés en su búsqueda por no tener una utilización que los haga atractivos, o la ecuación económica no ha permitido convertirlos en reservas, porque su precio es bajo o porque la tecnología actual no nos permite alcanzarlos.

Esto es aplicable a casi todos los minerales de los cuales nuestra sociedad extrae los elementos que caracterizan a nuestra civilización, incluidos los energéticos.

Por ello, cuando hablamos de cuantos recursos disponemos debemos precisar cuáles son las reservas del mismo, y una forma de evaluar

ILUSTRACIÓN 5: PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE PETRÓLEO REALIZADA POR HUBBERT EN 1971 Y PUBLICADA EN SCIENTIFIC AMERICAN. LA CURVA SUPERIOR MUESTRA QUE, AUNQUE LAS RESERVAS FUESEN UNA VEZ Y MEDIA MAYORES, LA FECHA DEL PICO DE LA PRODUCCIÓN SOLO SE RETRASARÍA 8 AÑOS Y EL TIEMPO PARA CONSUMIR EL 80% DEL RECURSO SE RETRASARÍA SEIS AÑOS



4 Fuente Fondo Monetario Internacional, Mineral de hierro, 62% Fe spot (CFR Tianjin), Dólares norteamericanos por tonelada métrica seca. En marzo de 2008 el precio alcanzó los 197,12 dólares norteamericanos por tonelada, siendo este también el más alto los últimos 25 años. A octubre de 2017 se pagaba a US$61,66/ton.

5 A febrero de 2011, el precio del Cobre alcanzó los $9.867 por tonelada en el London Metal Exchange, siendo este el más alto de la historia. A octubre de 2017 se pagaba US$6.807/ton.

6 El indio se obtiene principalmente hoy a partir del procesamiento del mineral de zinc y tiene un precio FOB Rotterdam de 340 u$s/ kg. http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/indium/mcs-2017-indiu.pdf

7 También obtenido a partir del procesamiento del mineral de zinc. El precio ronda los 600 u$s/kg según la misma fuernte anterior.

8 D Cohen, New Scientist 2007, 194, 35.

por cuánto tiempo dispondremos de ellas es a través de la relación de la cantidad económicamente recuperable dividida por la tasa de uso presente del recurso.

La teoría económica clásica nos indica que a medida que esta relación, a la cual podríamos llamar "vida remanente" de la reserva, se hace menor, el precio del recurso se incrementará, siendo todos los otros factores que afectan la demanda, constantes. Este incremento hará que la demanda por esa reserva disminuya, al mismo tiempo que otras fuentes del mineral considerado, originalmente muy costosas, entren en el mercado. Este es el caso del aluminio. La fuente primaria de obtención de este metal es la bauxita, cuyas reservas conocidas se estiman suficientes para los próximos 70 años al ritmo de consumo presente. Pero el aluminio es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, por lo que, si consideramos fuentes alternativas, hoy no rentables, se cree que existe aluminio para más de 1000 años.

Como ya expresáramos, cada vez que analizamos recursos naturales, no sólo debemos poner en la ecuación la existencia o no de los depósitos sino la factibilidad técnica para extraerlos.

Mientras que algunos elementos son abundantes, el proceso por el cual pueden ser producidos para convertirlos en usables (es decir, el proceso de transformación de mineral, tal cual se encuentra en la naturaleza, hasta el metal como lo usa la industria) establece un límite en la rapidez en que una reserva determinada puede ser explotada. Un ejemplo de esto es el platino que es obtenido básicamente de dos minas en todo el mundo, una que suministra cerca del 80 por ciento de la oferta mundial, en el Bushveld Complex[9] en Sudáfrica, y cerca del 14 por ciento en Rusia, por la compañía Norilsk Nickel[10].

Uno de los usos más relevantes del platino es para la fabricación de celdas de combustible, lo que aparece como una opción eficiente para suministrar energía a vehículos. La oferta mundial de platino es del orden de las 200 toneladas por año[11], lo que es suficiente sólo para equipar unos 2 millones de automóviles[12], lo que representa menos del 0,3 por ciento de la flota mundial prevista para el 2028 de cerca de 700 millones. O, dado que se usan alrededor de cuatro gramos de este metal en el convertidor catalítico de automóviles, permitiría fabricar estos dispositivos para un siete por ciento de ellos.

Las cifras del párrafo anterior han sido determinadas suponiendo que todo el platino que entre al mercado será consumido en la producción de celdas de combustible o en convertidores catalíticos, sin ningún remanente para cubrir la demanda en catalizadores para la industria química mundial y la joyería, que hoy representan un 40 por ciento de la demanda. La tecnología actual para extraer el platino permite un rendimiento de unos tres gramos por tonelada de mineral procesado[13], no es un proceso sencillo y no se prevé ningún método alternativo que permita hacerlo más rápido.

El "pico" de un recurso

El sismólogo estadounidense Marion King Hubbert (1903-1989) postuló una teoría, que hoy lle-

---

9 Esta empresa posee el 90 por ciento de las reservas conocidas de este metal.

10 Si bien se estima que Rusia posee cerca del ocho por ciento de las reservas mundiales, no es posible precisarlo dado que el suministro de este origen proviene tanto de la producción de las minas de níquel, de cobre y de depósitos aluvionales como de reservas gubernamentales que nadie ha podido estimar.

11 USGS. http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/platinum/mcs-2016-plati.pdf

12 CJ Rhodes, Energy balance blog: ergobalance.blogspot.com

13 Esto representa que, para obtener un kilogramo de platino, deberé remover de la mina cerca de 330 toneladas de mineral, transportarlo hasta la planta de procesamiento, procesarlo y disponer del material de desechos.

va su nombre, referida al agotamiento de recursos naturales, en particular al petróleo pero que puede ser extendida a otros recursos no renovables. La teoría postula que, para una zona geográfica determinada, ya sea una región particular o el planeta en su conjunto, la tasa de producción del recurso en cuestión tiende a seguir una curva en forma de campana (Ilustración 5). Es una de las principales teorías sobre el llamado "pico" petrolero y se basa en la observación de que la cantidad de petróleo bajo tierra en cualquier región es finita y, por lo tanto, la tasa de extracción que inicialmente se incrementa en forma rápida debe alcanzar un máximo para luego declinar.

Esto implica la existencia de un pico en todos los procesos de obtención de recursos naturales, es decir, un punto en el tiempo donde la cantidad extraída del recurso en cuestión será máxima y caerá indefectiblemente luego.

El United States Geological Survey (USGS o Servicio Geológico de los Estados Unidos) publica anualmente estadísticas sobre 57 minerales, sobre los que se han aplicado este concepto[14], llegando a la conclusión de que hay 11 de ellos que ya han alcanzado su "pico" a nivel mundial. Bardi y Pagani han evaluado los datos del USGS buscando no sólo la presencia del pico de producción, sino también analizando la cantidad de mineral extraído hasta ahora y extrapolando las posibilidades futuras siguiendo el modelo de Hubbert.

En su forma básica, como vemos en la Ilustración 5, este modelo afirma que la curva de producción es simétrica, es decir, el pico de producción se produce cuando se ha extraído aproximadamente la mitad de los recursos extraíbles.

El concepto de "recurso extraíble" se define por el área bajo la curva de extracción al final del ciclo; lo extraíble es lo que realmente se extrae. Sin embargo, es posible calcular esta cantidad como los "Últimos Recursos Recuperables" (URR). La empresa British Petroleum (BP) en el caso del petróleo crudo lo define como "la estimación de la cantidad total de petróleo que será recuperado y extraído. Es una estimación subjetiva basada en información parcial".

Esta estimación es incluso más subjetiva en el caso de los minerales por varias razones. El primer factor es que el conocimiento de los recursos del mundo es mucho más incierto que en el caso del petróleo.

Otra dificultad puede ser la falta de datos confiables sobre consumo históricos, dado que los mercados de uso varían a medida que la tecnología cambia. Un claro ejemplo de esta situación puede verse en la fabricación de microprocesadores. De acuerdo a Intel, en 1980, para fabricar un chip de computadora se usaban 12 elementos de la tabla periódica; en 1990 se usaban 16 y hoy, para los chips de la generación tipo Intel® Core™ *i7*, se usan 60[15].

TABLA 1: METALES CUYO EMPLEO SE PREVÉ CRECIENTE POR DEMANDA TECNOLÓGICA

Mineral	Usos
Antimonio	Catalizadores e industria farmacéutica
Galio	Semiconductores, celdas solares y materiales de contraste para RMN
Hafnio	Chips de computadoras, barras de control nuclear
Indio	Celdas solares y paneles LCD
Plata	Catalizadores industriales, joyería
Platino	Catalizadores, joyería, celdas solares
Tantalio	Telefonía celular, lentes para cámaras fotográficas
Uranio	Combustible nuclear
Zinc	Galvanoplastia

14 Ugo Bardi and Marco Pagani: Peak minerals, http://www.theoildrum.com/node/3086

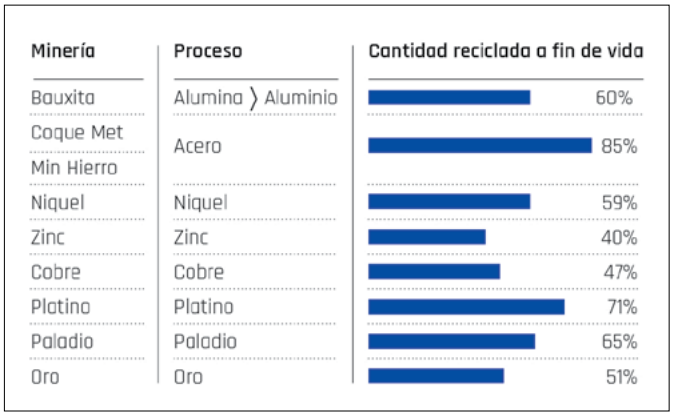
15 National research Council: *Minerals, Critical Minerals, and the U.S. Economy.* 2008. National Academy of Sciences. EEUU.

Por último, los minerales a menudo aparecen como recursos con "riquezas" variables, es decir, como depósitos de concentraciones diferentes. Esto impacta en el costo de extracción, siendo este inversamente proporcional a dicha concentración. A medida que la riqueza del mineral baja, el costo de obtenerlo sube.

Por lo tanto, es difícil determinar un punto límite de qué es exactamente extraíble y qué no.

Para varios metales, por ejemplo para el mercurio, se postula haber encontrado evidencia de que se ha alcanzado el pico de producción alrededor de 1962; para el zirconio en 1990 y para el selenio en 1994[16]. Cabe señalar que en el caso del primer elemento su demanda ha disminuido drásticamente a partir de su reemplazo en gran cantidad de aplicaciones por otras sustancias de menor toxicidad, de poco menos de 10.000 toneladas[17] a principios de los años 70 a unas 4.500 toneladas en 2016, por lo que es difícil precisar si realmente se alcanzó el pico de producción por agotamiento del recurso o por reducción de la demanda. También es discutible en los otros dos casos, dado que los recursos identificados de zirconio al presente alcanzan para casi 70 años de consumo al ritmo actual de demanda[18], mientras que los de selenio alcanzan, con las mismas consideraciones, a unos 50 años; esto es si no se descubren nuevos yacimientos o se tornan viables nuevos recursos.

ILUSTRACIÓN 6: ALGUNOS MINERALES PROCESADOS Y LA CANTIDAD DE ELLOS QUE SON RECICLADOS AL FIN DE SU CICLO DE USO



Caídas en la producción de telurio y selenio, que son usados por la industria de semiconductores, también pueden limitar el desarrollo de tecnologías que dependan de ellos, puesto que no hay materiales de sustitución con propiedades equivalentes. Ambos se obtienen de los barros de procesamiento del cobre.

El cobre, zinc, estaño, níquel y platino muestran un aumento casi exponencial en la producción. Sin embargo, las existencias de algunos metales pueden ser insuficientes para abastecer las demandas tecnológicas a largo plazo o incluso en un futuro próximo.

Las cifras anteriores se basan en la suposición de que los picos determinados representan máximos de producción global real. Reiteramos que, de hecho, podrían aparecer más reservas de todos los minerales si se encararan proyectos de prospección para su búsqueda[19].

Pero los factores que sustentan los costos de extracción, en términos tanto de financiación como sobre todo de la energía, pueden ser finalmente los elementos que determinen el pico real y la declinación de las reservas recuperables de minerales.

---

16 Ibidem Ugo Bardi and Marco Pagani.

17 http://acmg.seas.harvard.edu/publications/2014/Horowitz_2014_EST_HgProducts.pdf

18 USGS Zirconium and Hafnium. https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zirconium/mcs-2017-zirco.pdf. Último acceso 23 Nov 2017.

19 En 1916 el ingeniero Enrique Martín Hermitte, quien era director de la Dirección de Minas Geología e Hidrología de nuestro país, escribe en la memoria anual de ese organismo la necesidad de "…proceder a la confección del mapa geológico –económico de la República" para poder conocer cuáles eran los recursos con que el país podía contar para transformarlos en reservas.

La energía involucrada en la extracción de un metal, por ejemplo, cobre, no sólo depende de la energía necesaria para extraerlo del mineral y refinarlo. También depende de la energía necesaria para extraer petróleo (o carbón, gas o uranio) y convertir a éste en potencia y maquinaria útil para extraer el cobre. Dado que los combustibles fósiles son cada vez más difíciles de obtener, más energía se necesita para su producción y el resultado es un nuevo incremento en la energía necesaria para la extracción de cualquier mineral.

El sistema de extracción de todo el mundo está interconectado de este modo. Esta conexión puede explicar por qué se supuso que los picos de la mayoría de los productos minerales parecían estar agrupados en un período que va desde las últimas décadas del siglo XX hasta las primeras décadas del siglo XXI, el período cuando las dificultades en la producción de combustibles fósiles se estaban comenzando a sentir en todo el mundo y se hablaba de haber alcanzado el pico del petróleo[20], hasta que la aparición de tecnologías rentables de explotación de los yacimientos de energéticos en esquistos (shale) como reserva hizo que ese tema fuese postergado.

Por lo tanto, puede ser la escasez de energéticos lo que determine la cantidad real de todos los otros minerales que pueden extraerse y enviarse a los mercados del mundo.

La opción para disminuir el impacto: Reciclado

Frente al agotamiento de los recursos, la opción de reciclaje parece cada vez más atractiva. Esta idea no es novedosa y se emplea en la industria desde hace años, con porcentajes variables pero importantes según el metal, como se puede observar en la Ilustración 6, donde vemos que, por ejemplo, el 85 por ciento del acero es reciclado como chatarra en la producción de metal nuevo.

En una sociedad que ha desarrollado la cultura de tirar todo lo que dejamos de usar, quizás podría ser el momento de comenzar la "minería" de sus desechos.

Una evaluación desarrollada en Europa recientemente ha encontrado que la concentración de platino en el polvo de las banquinas de las principales autopistas es similar a la concentración de tres partes por millón en el mineral de platino de África del Sur. Esto sugiere que extraerlo de este polvo, que se origina en los convertidores catalíticos de los vehículos, podría resultar económicamente viable y ampliaría la cantidad de platino disponible.

Para varios metales tales como el hafnio, el indio, el galio, el telurio y el selenio, críticos de la industria electrónica, el reciclaje es la forma más sencilla de extender la duración de las reservas, dado que, aunque sea discutible que se hayan alcanzado sus picos de producción, es conveniente, por un lado, desde un punto de vista conservacionista y, por el otro, a menos que el país sea un productor de dichas sustancias, para evitar la salida innecesaria de divisas.

Una fuente interesante de desechos minerales reutilizables son los teléfonos celulares descartados. Las ventas mundiales sólo de teléfonos inteligentes en 2016, fueron poco más de 1,7 mil millones de unidades, de un total de más de 7,8 mil millones de suscripciones de telefonía celular[21]. Y en nuestro país, el 90 por ciento de la población dispone de una suscripción de telefonía móvil[22] al mismo tiempo que las estadísticas internacionales nos dan 50 millones de celulares[23]. En total, generamos en nuestro país alrededor de 290.000 toneladas de residuos

---

20 Como una aproximación cuantitativa, puede verse aplicando Google Ngram que en los libros que están registrados en ese sistema, se produjo un incremento del uso de la expresión oil peak de más del 1000 por ciento entre el 2000 y el 2008, último año registrado.

21 http://www.statista.com/statistics/262950/global-mobile-subscriptions-since-1993/

22 https://www.infobae.com/economia/2017/03/13/en-la-argentina-hay-mas-de-3-usuarios-de-celulares-por-cada-uno-con-cuenta-bancaria/

23 http://www.cronista.com/negocios/Efecto-smartphone-las-lineas-de-celulares-ya-superan-a-la-poblacion-mundial-20160307-0055.html

electrónicos, de las cuales, alrededor de 800 toneladas son teléfonos celulares[24], es decir unos 10 millones de aparatos.

Lo que no es muy conocido es que, para hacer posible la telefonía celular tal cual la conocemos hoy, necesitamos usar una amplia variedad de minerales. En un estudio realizado en 2015 por investigadores de la Yale University[25], estos encontraron que actualmente se usan 62 de los elementos de la tabla periódica para fabricar un celular, y en particular, de los 17 elementos categorizados como tierras raras(ETR), 16 son usados en este tipo de aparatos.

Dos componentes esenciales de la telefonía celular son los interruptores magnéticos cerámicos que contienen elementos de ETR e indio; y las estaciones de base para las redes, que también usan el elemento indio, así como tantalio. Cada uno de estos minerales tiene propiedades específicas importantes que hacen su sustitución difícil (al menos al presente), totalizando 12 elementos que se encuentran en la misma situación.

Los mercados de muchos de los productos minerales necesarios para la manufactura de los componentes de un teléfono celular son pequeños en cuanto el volumen necesario para satisfacerlo no es muy grande. Como consecuencia de ello, cualquier ampliación de la demanda global para el elemento puede hacer que los precios aumenten significativamente. El indio es un buen ejemplo. El óxido de estaño e indio (In_2O_5Sn), un ingrediente utilizado en la producción de la pantalla de cristal líquido para muchas aplicaciones, incluso teléfonos celulares, ha sido objeto de aumento de la demanda durante los últimos años y el precio del indio, como vimos anteriormente, aumentó desde aproximadamente 200-300 dólares por kilogramo en el decenio de 1990 a unos de 500 dólares por kilogramo en 2016. Un exceso de oferta actualmente ha hecho descender el precio a unos 340 dólares por kilogramo.

El tantalio y los ETR están sujetos a aumentos similares en demanda. El primero es esencial para los resonadores dieléctricos en estaciones de base de telefonía celular de 2,2 GHz. Aunque algunos sustitutos de tantalio existen, tienen pérdida de rendimiento y menor duración de las baterías. Las segundas son necesarias para interruptores magnéticos cerámicos en el teléfono móvil.

Los ETR, que son los 15 lantánidos, además del escandio e itrio, son vitales para la tecnología moderna, no sólo para la telefonía móvil, como ya vimos, sino también para manufactura de catalizadores, aplicaciones en metalurgia, cerámicas y vidrios especiales. China es el principal proveedor de estos elementos, con cerca del 83 por ciento de la producción mundial, seguido por Brasil con un 11 por ciento. La vulnerabilidad de las industrias tecnológicas que dependen de los ETR se hizo evidente cuando en 2010, China redujo los cupos de exportación en casi un 40 por ciento por razones medioambientales, haciendo que los precios subieran agudamente. Desde entonces, la situación parece haber mejorado, los precios han bajado y comienzan a aparecer fuentes alternativas de suministro, mientras se ha incrementado la exploración.

Uno de los mayores consumidores, sino el mayor, de ETR es la industria automotriz. Un auto eléctrico contiene cerca de 35 sustancias con ETR. Y en autos de motor de combustión interna, por ejemplo, se encuentran los sensores que miden y controlan el contenido de oxígeno en la mezcla combustible, estos contienen itrio, mientras los convertidores catalíticos y los parabrisas contienen cerio. En los híbridos, las baterías de níquel – metal hidruro contienen lantano, mientras los magnetos de los motores de tracción utilizan neodimio y disprosio. Y, en la manufactura de los combustibles usados para estos vehículos, desde hace muchos años se utilizan, en la etapa del

---

24 http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2015/11/gsma-unu-ewaste2015-eng.pdf

25 https://news.yale.edu/2015/03/23/metals-used-high-tech-products-face-future-supply-risks y https://www.pnas.org/content/early/2015/03/20/1500415112.abstract

craqueo catalítico (cracking), justamente como componentes de los catalizadores lantano, cerio y mezclas de minerales de tierras raras[26].

Mientras que el reciclaje de chatarra de metales comunes es una industria madura y que mueve en el orden de US$300 mil millones[27], tratar de recuperar y reciclar RE es algo mucho menos desarrollado. Sin embargo, a partir del alza notable de precios de algunos de ellos, como por ejemplo, el renio, hace que sea comercialmente atractiva la recuperación de este metal a partir de la chatarra de catalizadores bimetálicos utilizados en la industria del petróleo.

ILUSTRACIÓN 7: ALGUNO DE LOS ELEMENTOS PRESENTES EN UN TELÉFONO CELULAR TÍPICO



Los dos tipos de imanes de tierras raras, los imanes neodimio-hierro–boro y los de samario–cobalto son los responsables del consumo de aproximadamente una quinta parte de las RE que se producen anualmente y representan más de un tercio del mercado de ellas, haciéndolos muy interesantes para implementar su reciclaje. Los imanes de neodimio conforman la mayor parte del mercado y pueden encontrarse en discos duros de computadora, los coches eléctricos e híbridos, bicicletas eléctricas y turbinas eólicas.

Investigadores de varias instituciones de los Países Bajos y de la Universidad de Birmingham[28], evaluaron el impacto ambiental de producir un kilogramo de imanes de neodimio a partir de reciclar imanes de discos duros de computadora, en relación con hacerlo a partir de minerales obtenidos por explotación minera. Según este trabajo, el reciclaje consume un 88 por ciento menos de energía y es alrededor de un 98 por ciento menos riesgoso desde el punto de vista de la toxicidad humana. El proceso de reciclaje fue desarrollado por uno de los autores del estudio, Allan Walton y su grupo en la escuela de metalurgia y materiales en la Universidad de Birmingham, Reino Unido.

Conclusiones

¿De quién es la responsabilidad de asegurar el suministro de materiales críticos para la economía de un país? ¿De quién es la responsabilidad de asegurar los materiales críticos para su defensa? ¿Quién define cuáles son esos materiales críticos? ¿Cuál es el inventario disponible de estos? Preguntas que deberíamos formularnos como país y cuya respuesta requiere un profundo y consensuado análisis.

Se podría argumentar que nunca nos quedaremos sin metales debido a que sus átomos permanecen intactos durante todas las transformaciones químicas a las que los sometemos para su uso; pero con cada transformación y con la dilución de los concentrados minerales a los productos finales, cada vez será más difícil y, asimismo, requerirá un uso más intensivo de energía para poder recuperar esos metales de manera económicamente viable.

---

26 https://grace.com/catalysts-and-fuels/en-us/Documents/108-The%20Role%20of%20the%20Rare%20Earth%20Elements%20in%20Fluid%20Catalytic%20Cracking.pdf

27 https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/metal-recycling.asp

28 Environmental Science & Technology, doi: 10.1021/es404596q

Vemos que el reaprovechamiento de materiales es una opción para reducir su escasez. El desafío hoy está en buscar y encontrar fuentes más ricas para reciclar o, teniendo en cuenta el ciclo de vida de los productos, diseñarlos de tal manera que sea más fácil el reciclaje de los materiales que nos interesan.

Existe en nuestro país un amplio espacio para pensar en iniciativas sobre este tema. Es cierto que el universo de obtención aún es pequeño, pues son pocos los artefactos como teléfonos, computadoras, televisores de plasma, etcétera, que son descartados por nuestra sociedad. Pero eso mismo nos podría permitir comenzar a diseñar el sistema antes de que la necesidad haga que no nos quede más remedio que hacerlo.

En definitiva, el reciclaje de materiales no renovables debe estar deliberadamente pensado para ser incorporado en un paradigma integrado de extracción, uso y reutilización, en lugar de tratarlo como una consecuencia no planificada. Esto implica el desarrollo de una conciencia en quienes desarrollan productos, por un lado, en quienes planifican y legislan sobre su uso y disposición final por otro, y en quienes controlan a todos los anteriores. Como en la mayoría de las actividades humanas, el punto crucial termina siendo la capacitación de los recursos humanos que participan en el ciclo.

(*) **Carlos Hugo Trentádue:** es ingeniero militar de la especialidad química y oficial retirado del Ejército Argentino, donde alcanzó el grado de coronel de Artillería. Fue director de dos plantas de materiales energéticos y miembro de la Organización para lo prohibición de Armas Químicas.

Es docente e investigador universitario. Autor de numerosos artículos y presentaciones. Es miembro activo de la Sociedad de la Industria Química del Reino Unido, de la Sociedad para la Historia de la Tecnología de los Estados Unidos. También es integrante del Área de Prospectiva en Energía Eléctrica de la UTN-FRGP, y del Grupo de Interés en Energías del Mar Argentino.

6. AUTOMOTORES

6.1

Estudio de vigilancia tecnológica sobre blindaje multicapa en vehículos y personal

Por los señores Norman Uriel Serra, Pablo Ignacio Mari Thomsen y Facundo Carlo Pattarone*

ABSTRACT

El presente artículo presenta un estudio sobre el blindaje multicapa, principalmente los materiales cerámicos y poliméricos que lo componen. Debido al amplio espectro que abarca, este artículo se enfoca en su aplicación a vehículos terrestres y su aplicación a uso personal.

Se busca el interés del lector en una temática vigente acerca de blindajes multicapa y sus diversas aplicaciones, explicitando las características técnicas y criterios de utilización. Asimismo, poder ampliar los conocimientos en tecnologías vanguardistas y diferentes tipos de configuraciones de este tipo de blindajes. Por último, se informa acerca de los países y empresas que dominan este mercado, además de las empresas y el estado de la tecnología en nuestro país.

INTRODUCCIÓN

El blindaje multicapa no es una tecnología reciente. En la década del 50, el US Army llevaba a cabo el proyecto T-95. El mismo consistía en un tanque mediano con la particularidad de un blindaje multicapa compuesto por placas de acero y láminas con carburo de silicio. La cantidad de energía cinética que absorbía este nuevo blindaje excedía a los de acero laminado convencional, incluso en espesores menores. El T-95 nunca entró en producción; sin embargo, la primera variante T95E2 se comenzó a producir en el año 1957.

La primera aplicación en serie del blindaje multicapa fue en 1963: el tanque soviético T-64[1]. El casco de este tanque estaba compuesto por un blindaje conocido como Combinación K que consistía en placas de acero y, en las caras exterior e interior de las mismas, tenía capas de vidrio reforzado con polímeros. En los modelos posteriores al T-64 las placas de vidrio reforzadas fueron sustituidas por carburo de boro, una cerámica mucho más dura y conveniente que el vidrio,

1 Directorate of Intelligence, CIA https://www.cia.gov/library/readingroom/docs/DOC_0000498140.pdf

aunque en esa época era difícil de conseguir y muchas veces utilizaban como relleno el vidrio, y otras veces dejaban el espacio vacío entre placas de acero.

Aunque el blindaje multicapa más reconocido y hasta el día de hoy utilizado es el blindaje Chobham, este blindaje compuesto fue desarrollado en la década del 60 por los británicos. Compuesto por capas de cerámica entre dos placas de acero laminado, este blindaje lograba reducir notablemente el impacto de las cabezas HEAT. Las capas de cerámica estaban dispuestas en lozas hexagonales formando una matriz, las cuales podían ser reemplazadas luego de un impacto sin cambiar la pieza o flanco entero del tanque.

TECNOLOGÍA

Actualmente, los desarrollos del *composite*[2] constan principalmente de materiales cerámicos y poliméricos. Generalmente se utiliza un material cerámico en la primera placa para fragmentar y absorber toda la energía posible del proyectil, después de esta placa se utiliza un material para absorber la energía remanente y retener los fragmentos posibles del cerámico. Existe una nueva tendencia a construir esta placa secundaria o posterior de un material cerámico poroso, como carburo de silicio con una porosidad de 10 a 20 poros por pulgada. A esta placa cerámica construida con intención de aumentar su porosidad, se le coloca un polímero líquido que fluye y filtra a través de la placa, por lo que se tiene la primera placa de impacto puramente cerámica y otra placa posterior cerámica compuesta de un polímero; el polímero generalmente utilizado es poliuretano.

Blindaje Multicapa

La composición de este tipo de blindaje es muy diversa, todo depende del tipo de utilización que se le va a dar. A lo que se quiere llegar es a que no es lo mismo un *composite* de un blindaje de un tanque al de un chaleco de protección personal, cambian desde el material a los espesores en cada caso.

Así y todo, existen configuraciones modelo vistas desde el punto de vista físico de cómo tiene que estar dispuesto un blindaje multicapa:

> **Capa frontal (cover):** Tiene por objeto principalmente retener las esquirlas producidas por la fractura de la cerámica durante el impacto y evitar su proyección al exterior, y al mismo tiempo limitar la fractura de la cerámica y aumentar su rendimiento.

> **Loseta de cerámica (ceramics):** Constituye el principal componente del blindaje. Su alta dureza destruye la punta y la ojiva del proyectil por efecto de la erosión que se produce e impide así su penetración. Además, la presión producida por el impacto no se transmite en forma puntual sobre la base sino sobre toda la superficie de la loseta impactada según el cono formado.

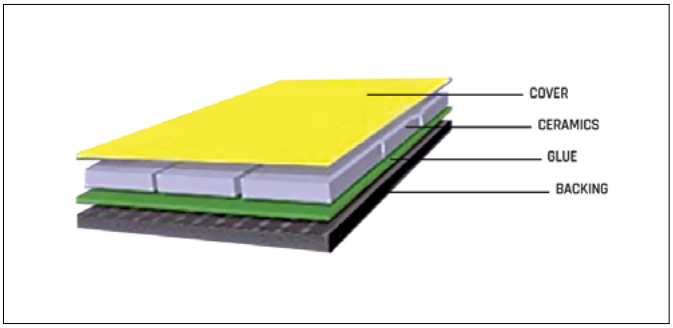
> **Capa trasera (backing):** Tiene por objeto absorber la energía residual del impacto por efecto de la deformación que puede experimentar y disminuir así el trabajo de flexión de la cerámica.

> **Adhesivo (glue):** Tiene por objeto unir fuertemente las capas del cover y el backing con la cerámica. Permite mantener en posición las losetas adyacentes cuando se pro-

2 Materiales sintéticos mezclados heterogéneamente formando un compuesto

duce el impacto. Durante el impacto, el espesor del adhesivo debe ser fino para permitir una transmisión de la onda de choque hacia la capa trasera que es generalmente un polímero (un espesor excesivo haría trabajar a la cerámica en flexión, lo cual daría origen a su ruptura).

FIGURA 1: ESQUEMA DE UN SISTEMA CERÁMICA- MATERIAL COMPOSITE[3]



Materiales

Cerámicos:

Partiendo desde el principio básico de que es una cerámica; la cerámica es una unión entre un elemento metálico y un elemento no metálico. La unión entre estos elementos son enlaces covalentes e iónicos, no entraremos en detalle sobre qué implica cada uno, solo diremos que son del tipo de enlaces intermoleculares más fuertes, lo que le da a la cerámica sus características más remarcables. Tienen una elevada dureza, del orden de varias veces la del acero, son elementos muy rígidos. La contraparte es la perdida de ductilidad, y que son susceptibles a propagar fisuras.

Las cerámicas se clasifican en diversos grupos, según los elementos que lo compongan. El grupo de interés para el estudio es la familia de los denominados "nuevos materiales cerámicos". Estos cerámicos surgen en los últimos tiempos con las técnicas avanzadas de refinamiento y producción.

Estos "nuevos materiales cerámicos", a veces llamados cerámicos de avanzada, tienen un proceso de fabricación totalmente distinto a las cerámicas tradicionales. Estas utilizan agua para moldear los materiales, que, al ser expuesta al calor de un horno, se evapora y la cerámica queda formada de manera irreversible. Por el contrario, las avanzadas tienen un proceso de compactación con la forma deseada y luego un proceso de sinterizado[4] que se encarga de darle las propiedades finales a la loseta.

Son químicamente sencillos en comparación con los demás y se clasifican en diferentes categorías según la composición química: óxidos, carburos y nitruros.

Óxidos:

El material más importante y que forma parte de nuestro estudio de blindajes es la alúmina. Esta es el óxido de aluminio basado en la fórmula química Al_2O_3, el material se obtiene a partir de la bauxita mediante el Proceso Bayer para refinamiento y posterior sinterizado para obtener la loseta de alúmina final. Este elemento vio aplicación en los blindajes debido a un peso mucho menor que el acero que se utilizaba comúnmente y un buen desempeño balístico.

3 https://www.ceramtec.com/ballistic-protection/ Fecha de consulta 15/08/17

4 El sinterizado es un tratamiento térmico que involucra difusión de átomos o moléculas con una posterior recristalización. De forma simplificada "une" las moléculas de material.

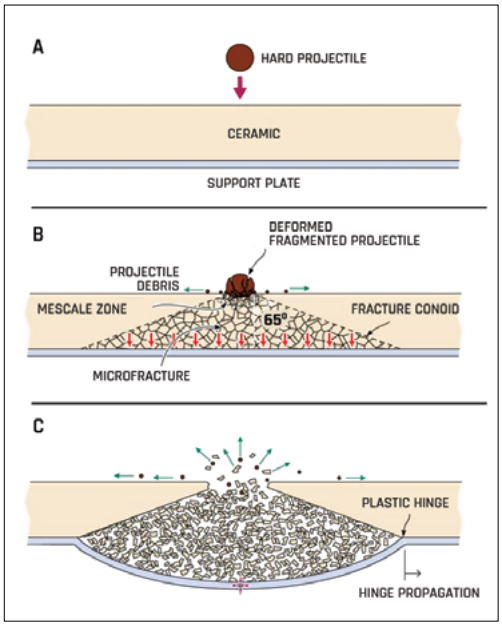
Carburos:
Los carburos son cerámicos que incluyen carbono en su estructura química, algunos de los exponentes son el carburo de silicio SiC (también utilizado en blindaje), carburo de tungsteno WC (utilizado en munición perforante), entre otros. En comparación con la alúmina, el carburo de silicio tiene mejores propiedades en cuanto a peso, dureza y desempeño balístico, aunque esto se ve opacado por el hecho de ser más caro que la alúmina, haciéndola viable en situaciones en las que el peso y la movilidad sean claves.

Nitruros:
Los nitruros son elementos cerámicos a base de nitrógeno, si bien tienen propiedades interesantes y varias aplicaciones, no son generalmente utilizados en la industria del blindaje por lo que no entraremos en detalle sobre ellos.

Boruros:
Los boruros, como su nombre indica, tienen como componente el Boro; algunos de los cerámicos más remarcables de esta familia son el boruro de titanio (TiB_2) y el boruro de zirconio (ZrB_2).

Las cerámicas han visto un crecimiento en la aplicación de blindaje, algo en su momento impensado debido a su fragilidad. Sin embargo, sus otras propiedades y el desarrollo de municiones modernas capaces de perforar hasta los blindajes de acero más gruesos, hicieron que una nueva alternativa fuese requerida. Entre otros enfoques, el blindaje cerámico fue una solución. La elevada dureza del material le concede la propiedad de frente a un impacto de otro material duro, como puede ser un proyectil enemigo, deformar y finalmente romper el proyectil y evitar una penetración exitosa. Esto viene al costo de la fracturación de la cerámica.[5]

FIGURA 2: MECANISMO DE FUNCIONAMIENTO DEL BLINDAJE CERÁMICO[5]



Polímero:
Los polímeros poseen un rol clave a lo que respecta al composite. Están formados por largas cadenas de hidrocarburos, a su vez un polímero está compuesto por monómeros, que es la molécula que se repite a lo largo de las cadenas.

Las fibras de polímeros son las más utilizadas, ya que en su gran mayoría poseen una alta resistencia y un alto módulo de Young, a su vez son resistentes a las fuerzas de tracción solo en la dirección de la fibra y no así a las fuerzas de compresión. La densidad es relativamente más baja que otras fibras que no sean polímeros, por lo que una de las ventajas es el peso total del

5 http://www.virginia.edu/ms/research/wadley/ballistic-impact.html Consultado 12/10/2017

composite. Como se mencionó, las fibras son resistentes a la tracción, por lo que generalmente se utilizan tejidos de fibras intercalados con un desfasaje de dirección, puede ser de 45 o 90 grados según la conveniencia. Las fibras son fabricadas por un proceso de hilado y extrusión.

Algunas de las fibras más utilizadas en el composite son las de aramida y yute. Las fibras de aramida fueron desarrolladas por DuPont a finales de 1960; existen por lo menos tres variantes de estas fibras en el mercado: Klevar49-DuPont, HM50-Teijin y Twaron-Teijin:

FIGURA 3: TABLA DE ESPECIFICACIONES DE LAS 3 FIBRAS DE ARAMIDA[6]

Type (1)	Diameter [10^{-6} in. (10^{-6} mm)] (2)	Specific Gravity (3)	Tensile Strength [ksi (Mpa)] (4)	Elastic Modulus [10^3 ksi (Gpa)] (5)	Percent Elongation (6)
Kevlar 49	0.39(10)	1,45	383 (2,640)	18.5 (127.5)	2.4
HM-50	0,49(12,4)	1,39	441 (3,040)	10.9 (75.5)	4.2
Twaron	N/A	1,45	406 (2,800)	18.1 (125)	2.0

Simulación

Siendo difícil obtener una ecuación que represente un blindaje del tipo cerámico, los pocos modelados que hay son empíricos con lo cual se opta por simulaciones numéricas.

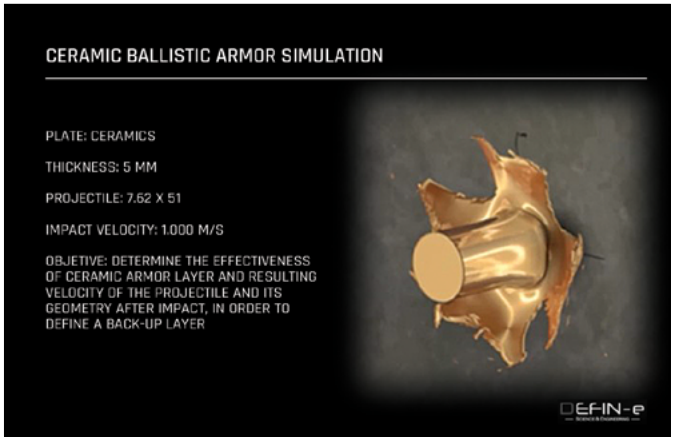
Ya que se debe obtener una idea de los espesores antes de la realización de un ensayo, las simulaciones numéricas dan una noción de las dimensiones y cuán factibles son los blindajes del tipo composite.

Para realizar las simulaciones se necesita mucho tiempo, con lo cual se utilizan máquinas con alta capacidad de procesamiento.

La siguiente simulación que se mostrará a continuación fue realizada por la empresa DEFIN-e -Science&Engineering-.

Lo que se busca con la simulación es poder observar la absorción de energía de la placa cerámica, así como los esfuerzos que sufre.

FIGURA 4: DATOS CON LOS CUALES SE REALIZÓ LA SIMULACIÓN[7]

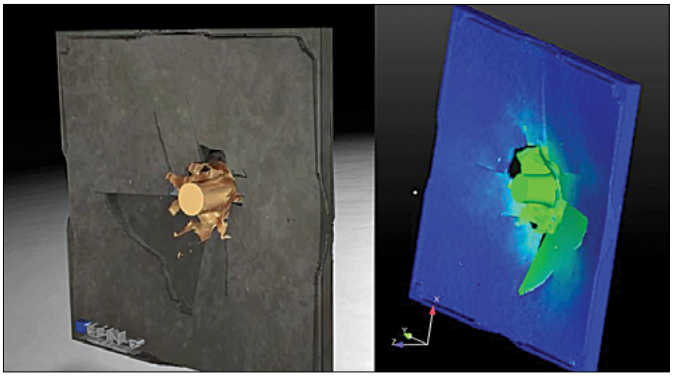


6 https://es.slideshare.net/machicc/hormigon-con-fibras-de-aramida-alberto-moral por Alberto Moral Borque

7 https://www.youtube.com/watch?v=FMFKtXvwa00, DEFIN-e -Science & Engineering-.

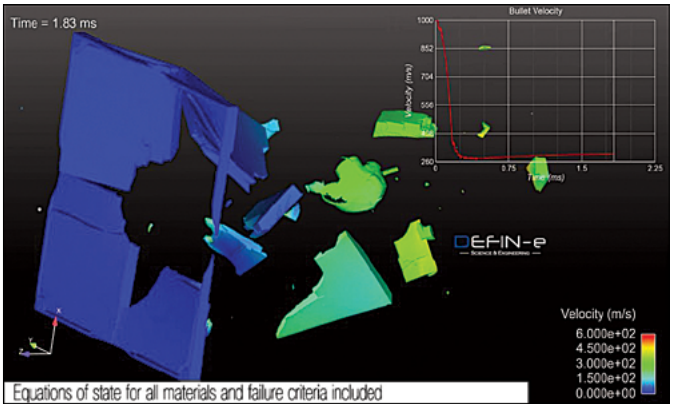
Es muy importante entender que la cerámica ante el impacto se fractura ya que son por lo general materiales muy frágiles pero estos materiales poseen un módulo de rigidez específica muy elevado, lo cual es bueno para protecciones contra municiones penetrantes.

FIGURA 5: SIMULACIÓN DE LA FRACTURA ÚNICAMENTE CERÁMICA[7]



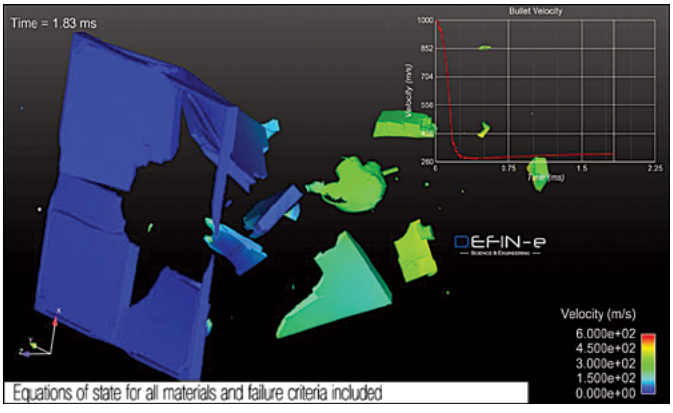
En las siguientes figuras se puede observar cómo disminuye la velocidad del proyectil al impactar con la cerámica. Asímismo, se debe tener en cuenta que parte de la cerámica fragmentada y el proyectil quedan con una velocidad remanente.

FIGURA 6: IMPACTO DEL PROYECTIL DESPUÉS DE 1,83MS[7]



Esto refleja la importancia que tiene el recubrimiento posterior a la cerámica de un material dúctil y tenaz que permita contener el material cerámico fracturado tras el impacto.

FIGURA 7: IMPACTO DEL PROYECTIL DESDE OTRO ÁNGULO DESPUÉS DE 1,83MS[7]



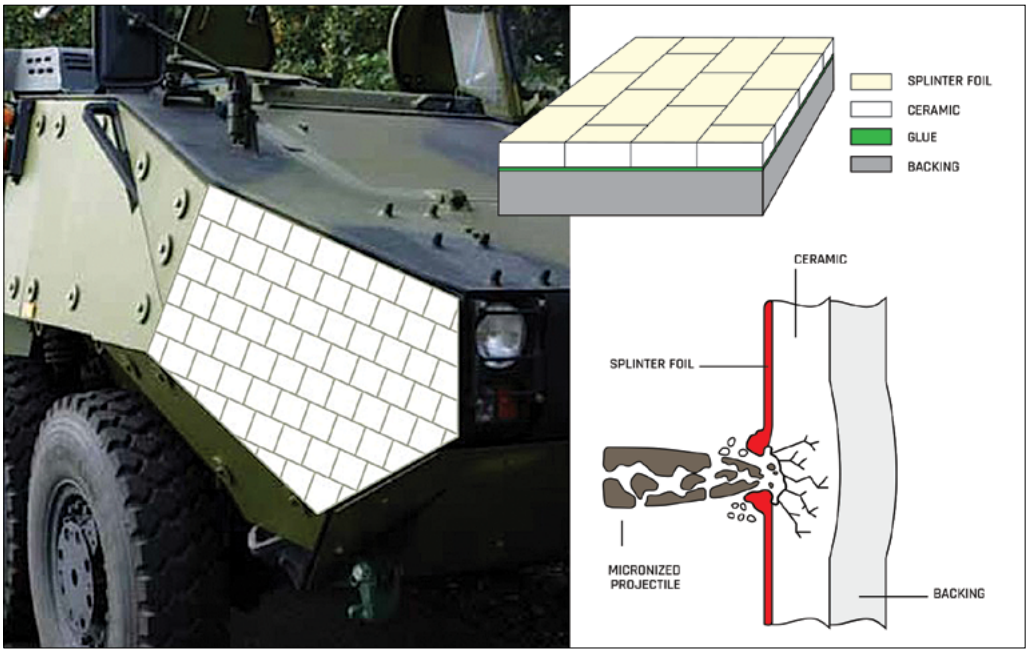
ESTADO DEL ARTE

Blindaje Multicapa en Vehículos

El blindaje utilizado en vehículos, por lo general, consiste en planchas de metal que interponen material cerámico y es este el sentido de composite o blindaje no homogéneo, en los vehículos de combate. Por lo general, el cerámico va en pequeñas celdas o losetas, que pueden ir en disposición hexagonal o rectangular, las cuales van prensadas o pegadas para que no existan espacios entre ellas.

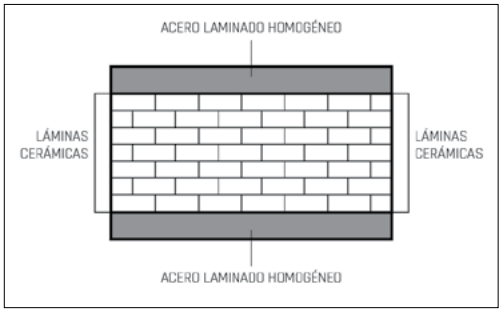
Al ser la cerámica extremadamente frágil, al ser impactada una vez, esta se rompe quedando inutilizada para un segundo impacto. Por esto, es necesaria la utilización de losetas pequeñas que, tras el impacto, solo una parte quede inservible.

FIGURA 8: ESQUEMA DE UN BLINDAJE CERÁMICO EN UN VEHÍCULO DE COMBATE[8]



El material de la cerámica puede variar mucho en lo que respecta al blindaje vehicular, ya que depende frente a qué calibre se requiera protección. Algunas losetas pueden ser de carburo de tungsteno con el fin de mejorar la protección contra proyectiles cinéticos (APFSDS).

FIG 9: EJEMPLO DE UN COMPOSITE CON LÁMINAS DE ACERO[9]



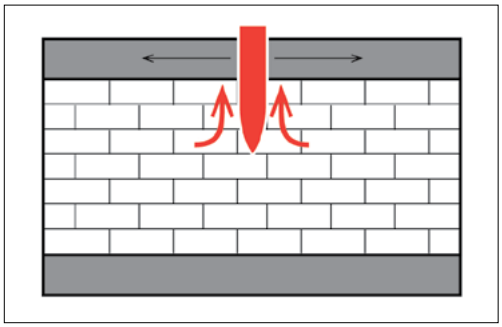
8 Ceramic Materials for light-weight CeramicPolymer Armor Systems www.ceramtec.com/files/et_armor_systems.pdf

Protección contra Proyectiles Cinéticos

Dado que el blindaje se encuentra encapsulado entre láminas de metal, en el momento en que impacta el proyectil, este no se expande como lo hará el acero, sino que como se ha dicho anteriormente se agrieta en pequeños trozos. Como estos trozos no pueden expandirse, solo tienen una vía de escape y es a través del orificio de entrada del proyectil.

Al tocar el proyectil a la cerámica se produce un gran rozamiento entre las partes, es allí cuando se produce la reducción de velocidad. El proyectil se deforma al igual que sucede con las piedras de un río que terminan con los bordes redondeados. Existe también una reducción de las ondas de impacto al ser absorbidas en parte por la fractura de la cerámica.

FIGURA 10: REACCIONES PROVOCADAS POR EL PROYECTIL[9]



Protección contra Proyectiles HEAT

Estos tipos de proyectiles proyectan un chorro de metal fundido a altas velocidades (~8000m/s). Para este tipo de proyectiles, por lo general, lo que se realiza como método de blindaje es la variación de velocidad a través de espacios. Esto provoca que el chorro se desvíe de su punto inicial y pierda la eficiencia en sí del chorro de metal fundido.

El proyectil impacta en el acero exterior y penetra uniformemente al presentar la misma densidad, expandiéndose para dar paso al metal fundido. Cuando llega a las losetas cerámicas, estas se rompen y la única salida es por el orificio de entrada.

Todo esto provoca que parte del chorro sea impactado por parte del fragmento de la cerámica y se reduzca así su efectividad. Así y todo, el mayor factor de protección en este caso es la fragmentación en sí, ya que provoca pequeños huecos por donde el chorro de metal se cuela; esto provoca micro aleaciones que disipan el chorro en varias dimensiones.

FIGURA 11: REACCIÓN DE UN BLINDAJE CERÁMICO A UN PROYECTIL HEAT[9]

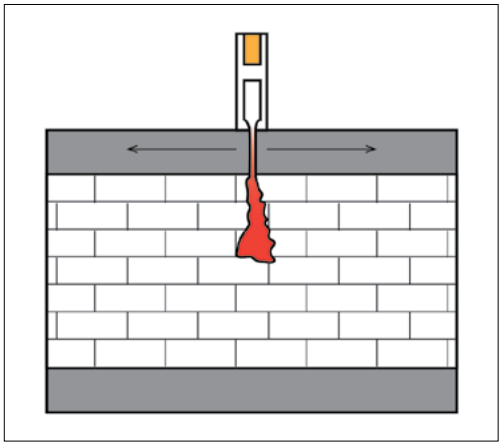
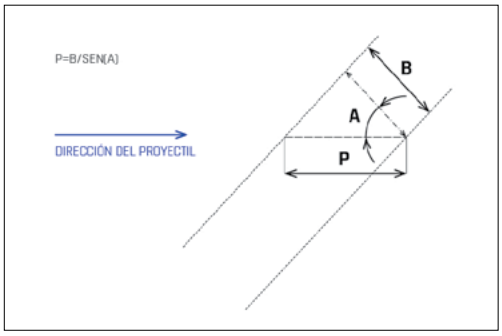


FIGURA 12: ESQUEMA BÁSICO DE LA INCLINACIÓN DE UN BLINDAJE[10]



Inclinación del Blindaje Cerámico

Si se hace un contraste con los blindajes en los cuales se usan metales, la inclinación de este siempre proporciona una mayor protección, ya que aumenta el espesor.

Esto implica que el proyectil tiene que estar un mayor tiempo enfrentándose a la densidad del material.

Los blindajes cerámicos no se basan en la densidad del material, ya que no se está tratando con un material homogéneo. Pruebas reales sobre alúmina (oxido de aluminio) demostraron que al inclinar un blindaje del tipo pétreo o cerámico se pierde protección. Esto se debe a que el ángulo de incidencia influye en el rozamiento de producción por las micro roturas a la hora en la que el material sale por el orificio de entrada.

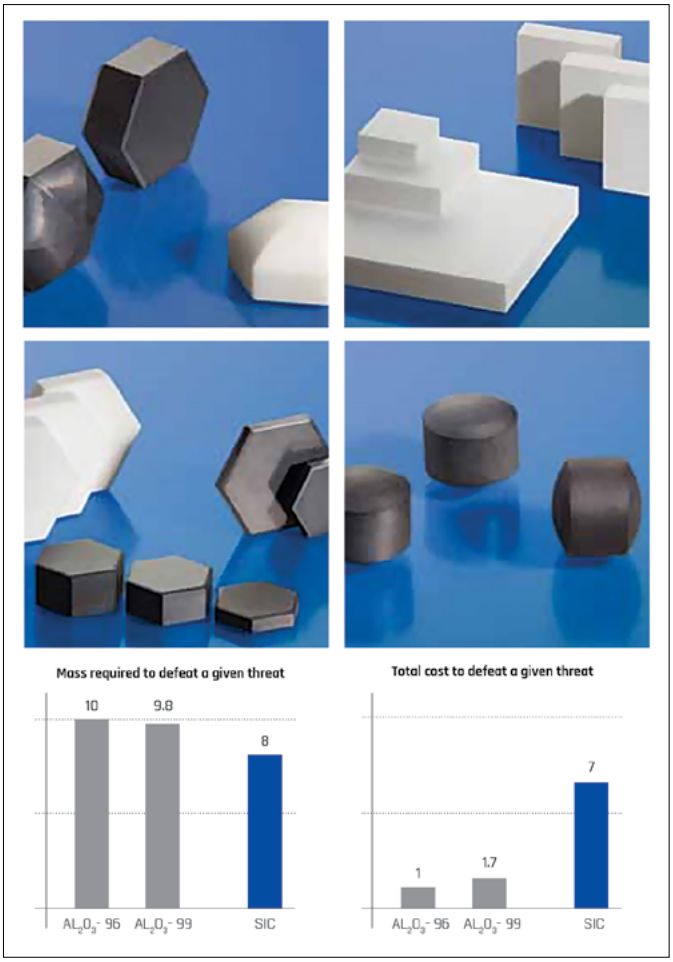
Blindaje Multicapa en uso Personal

El blindaje cerámico ofrece una posibilidad de protección elevada a un peso mucho menor a comparación de las alternativas convencionales. En consecuencia, mundialmente está la necesidad de desarrollar sistemas basados en estos materiales con un buen desempeño balístico, que sean funcionales, fiables y que además se puedan producir de forma masiva.

El blindaje convencional es de acero tratado térmicamente para mejorar sus propiedades. Si bien provee una protección razonable, esto viene acarreado de un peso elevado a comparación. Los cerámicos no comparten este defecto que a la hora del uso personal, una protección tosca y pesada se hace molesta para el usuario.

Las cerámicas, al contar con una elevada fragilidad y cantidad de micro fisuras debido a su estructura como antes mencionamos, tienen una tendencia a propagar fisuras al momento de romperse, una analogía se puede ver en los vidrios que generan una fisu-

FIGURA 13: SE OBSERVA LA FORMA DE LAS LOSETAS, CUADRAS, HEXAGONALES, HASTA CILINDROS. TAMBIÉN UNA TABLA COMPARATIVA ENTRE LA ALÚMINA Y EL CARBURO DE SILICIO. NÓTESE SU MENOR PESO DE APROXIMADAMENTE 20% MENOS, PERO A COSTA DE UN PRECIO 7 VECES MAYOR PARA LA MISMA AMENAZA.[12]



9 https://sites.google.com/site/worldofarmor/blindaje/la-carrera-de-la-proteccion-contra-la-potencia-de-fuego

10 Ilustración hecha por el autor para una mejor comprensión

ra de gran longitud por el impacto de una piedra. Lo mismo sucede en los cerámicos, un impacto propagará fisuras que afectan un área apreciable y disminuyen la calidad de protección del blindaje en general.

Como solución las placas cerámicas nunca son monolíticas[11] sino que constan de varias losetas más pequeñas acomodadas sobre una capa de material de soporte. Estas placas pueden adoptar muchas formas, las más comunes son de forma cuadrada y hexagonal. La razón de ser es que, si bien las losetas están una continua a la otra, no son la misma pieza; esto para una fisura significa que no podrá seguir progresando y, por ende, no seguirá creciendo, limitando su efecto a una sola loseta, que en muchos casos no llega a deshabilitar la totalidad de esta.[12]

PATENTES Y PROPIEDAD INTELECTUAL

Patentes de blindaje multicapa

Actualmente, Estados Unidos posee la mayor cantidad de patentes referidas a blindaje multicapa, aproximadamente 4450 llegando a un 66,7% del total. En el siguiente gráfico se puede observar el ranking de jurisdicciones que publican referido al tema de interés:

Siendo US (Estados Unidos), WO (WorldIntellectualPropertyOrganization), AU (Australia), EP (EuropeanPatent).

En cuanto a las publicaciones a lo largo del tiempo, podemos observar en el siguiente gráfico que a partir del 2000 ha crecido notablemente se puede ver que se ha convertido en un tema de interés en el que todos quieren participar:

Se observa que cada punto de la curva corresponde a la cantidad de publicaciones en ese año y se observa que en 2016 se publicaron aproximadamente 556 patentes referidas a blindaje multicapa.

FIGURA 14: RANKING DE PATENTES REFERIDAS A BLINDAJE MULTICAPA[13]

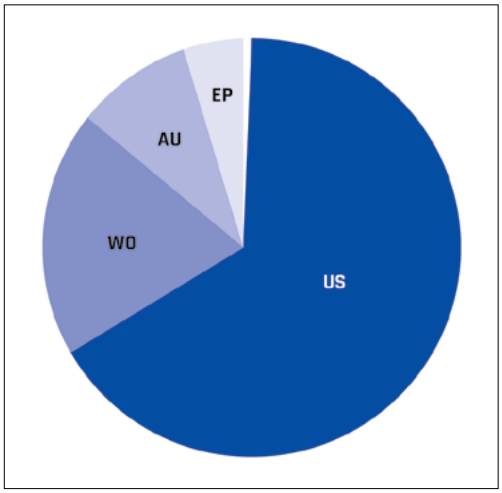
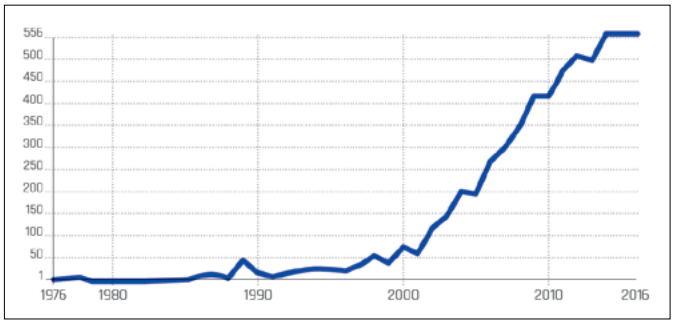


FIGURA 15: GRÁFICO DE PUBLICACIONES ANUALIZADAS[14]



11 De una sola pieza

12 CeramicMaterialsfor light-weightCeramicPolymerArmorSystems

13 www.lens.org/lens/search?p=0&q=composite+ballistic+shield&v=analysis

14 www.lens.org/lens/search?p=0&q=composite+ballistic+shield&v=analysis

Dueños y aplicantes de las patentes

Una de las más reconocidas empresas americanas, Honeywell, es la que tiene el liderazgo en aplicantes y dueños de patentes referidas a blindaje multicapa, seguida de TokyoElectron LTD. En los siguientes gráficos se observa el ranking de aplicantes y dueños de estas patentes:

FIGURA 16: RANKING DE APLICANTES[15]

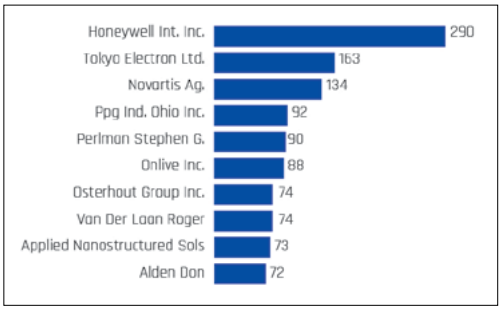
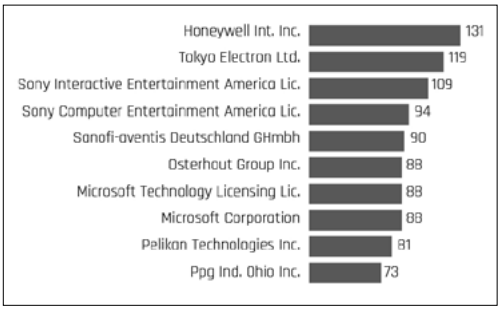
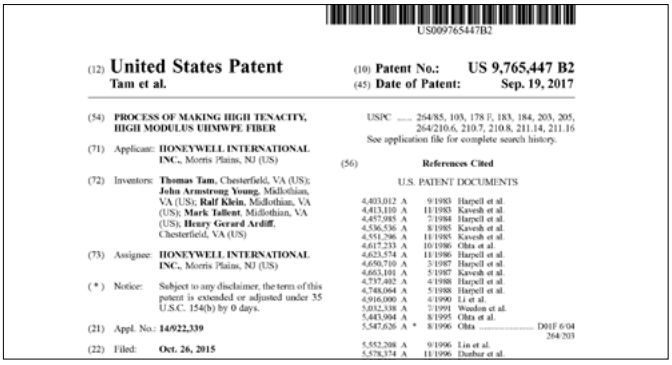


FIGURA 17: RANKING DE DUEÑOS[16]



A continuación, se destaca una patente concedida de Honeywell referida al proceso de fabricación de un filamento de polietileno con peso molecular ultra elevado[17]:

> US 9765447 B2



US009765447B2

(12) **United States Patent**
Tam et al.

(10) **Patent No.: US 9,765,447 B2**
(45) **Date of Patent: Sep. 19, 2017**

(54) **PROCESS OF MAKING HIGH TENACITY, HIGH MODULUS UHMWPE FIBER**

(71) Applicant: **HONEYWELL INTERNATIONAL INC.**, Morris Plains, NJ (US)

(72) Inventors: **Thomas Tam**, Chesterfield, VA (US); **John Armstrong Young**, Midlothian, VA (US); **Ralf Klein**, Midlothian, VA (US); **Mark Tallent**, Midlothian, VA (US); **Henry Gerard Ardiff**, Chesterfield, VA (US)

(73) Assignee: **HONEYWELL INTERNATIONAL INC.**, Morris Plains, NJ (US)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 0 days.

(21) Appl. No.: **14/922,339**

(22) Filed: **Oct. 26, 2015**

USPC ..... 264/85, 103, 178 F, 183, 184, 203, 205, 264/210.6, 210.7, 210.8, 211.14, 211.16
See application file for complete search history.

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

4,403,012	A	9/1983	Harpell et al.
4,413,110	A	11/1983	Kavesh et al.
4,457,985	A	7/1984	Harpell et al.
4,536,536	A	8/1985	Kavesh et al.
4,551,296	A	11/1985	Kavesh et al.
4,617,233	A	10/1986	Ohta et al.
4,623,574	A	11/1986	Harpell et al.
4,650,710	A	3/1987	Harpell et al.
4,663,101	A	5/1987	Kavesh et al.
4,737,402	A	4/1988	Harpell et al.
4,748,064	A	5/1988	Harpell et al.
4,916,000	A	4/1990	Li et al.
5,032,338	A	7/1991	Weedon et al.
5,443,904	A	8/1995	Ohta et al.
5,547,626	A *	8/1996	Ohta D01F 6/04 264/203
5,552,208	A	9/1996	Lin et al.
5,578,374	A	11/1996	Dunbar et al.

La siguiente consiste en la descripción del composite, su dueño es Daw Technologies Llc, patente de aplicación[18]:

> US 2017/0254625 A1



US 20170254625A1

(19) **United States**
(12) **Patent Application Publication**
Spransy et al.

(10) **Pub. No.: US 2017/0254625 A1**
(43) **Pub. Date: Sep. 7, 2017**

(54) **COMPOSITE BALLISTIC ARMOR**

(71) Applicants: **Peter J. Spransy**, Salt Lake City, UT (US); **Kamm Kartchner**, Midway, UT (US)

(72) Inventors: **Peter J. Spransy**, Salt Lake City, UT (US); **Kamm Kartchner**, Midway, UT (US)

(73) Assignee: **DAW Technologies, LLC**, Salt Lake City, UT (US)

(21) Appl. No.: **15/450,242**

(22) Filed: **Mar. 6, 2017**

Related U.S. Application Data

(60) Provisional application No. 62/304,828, filed on Mar. 7, 2016.

Publication Classification

(52) **U.S. Cl.**
CPC ***F41H 5/0464*** (2013.01); ***B32B 3/04*** (2013.01); ***B32B 3/12*** (2013.01); ***B32B 5/024*** (2013.01); ***B32B 5/18*** (2013.01); ***B32B 5/245*** (2013.01); ***B32B 15/046*** (2013.01); ***B32B 15/09*** (2013.01); ***B32B 15/06*** (2013.01); ***B32B 25/10*** (2013.01); ***B32B 27/12*** (2013.01); ***B32B 27/36*** (2013.01); ***B32B 3/08*** (2013.01); ***B32B 37/146*** (2013.01); ***B32B 37/142*** (2013.01); ***B32B 38/0004*** (2013.01); *B32B 2255/10* (2013.01); *B32B 2255/26* (2013.01); *B32B 2260/021* (2013.01); *B32B 2260/046* (2013.01); *B32B 2262/101* (2013.01); *B32B 2266/08* (2013.01); *B32B 2307/555* (2013.01); *B32B 2305/022* (2013.01); *B32B 2305/024* (2013.01); *B32B 2305/076* (2013.01); *B32B 2305/08* (2013.01); *B32B 2307/7246* (2013.01); *B32B 2307/71* (2013.01); *B32B 2311/30* (2013.01); *B32B 2367/00* (2013.01); *B32B 2311/00* (2013.01); *B32B 2315/085* (2013.01); *B32B 2571/02* (2013.01)

(57) **ABSTRACT**

15 www.lens.org/lens/search?p=0&q=composite+ballistic+shield&v=analysis

16 www.lens.org/lens/search?p=0&q=composite+ballistic+shield&v=analysis

17 www.lens.org/lens/patent/US_9765447_B2

18 www.lens.org/lens/patent/US_2017_0254625_A1

Mercado Nacional de blindaje multicapa

Actualmente existen numerosas empresas que aplican blindaje multicapa en nuestro país, aunque todos tienen en común sus proveedores de material balístico.

Los proveedores más licitados son DuPont (Estados Unidos), DSM Dyneema (Países Bajos) y ProSystems Italia (Italia). Estas empresas desarrollan nuevas tecnologías en tejidos y polietilenos continuamente.

Algunas de las empresas que brindan servicio y aplicación de blindajes son las siguientes:

> America Blindajes (Inscripta 1997)
> Visentini SA (Inscripta 1901)
> ProglassBlind: sus productos URBAN y GLADIATOR no se encuentran bajo normas IRAM.
> Brista SA (Inscripta en 1999)
> BulletProof SA (Inscripta en 2015)
> Interservit (Inscripta 2001)

Cabe destacar que Interservit actualmente realiza los blindajes y carrocerías para vehículos de caudales en nuestro país. Todas estas empresas ofrecen una protección mínima RB3 hasta RB5, además de blindaje para cristales translúcidos.

Mercado Internacional de blindaje multicapa

El mercado internacional de las fibras de aramida está liderado por DuPont, empresa americana que provee sus productos Kevlar y Nomex a numerosos países. Otra competencia a su nivel es la empresa japonesa Teijin Group, con los productos Twaron y Technora. Otros competidores en el mercado internacional menos importantes son Hyosung Corporation, Kolon Industries Inc, Yantai Tayho y SRO Aramid.

El mercado de la fibra de aramida logró alcanzar 2.5 billones de dólares en 2015 y se estima un crecimiento del 5% en el período 2016-2024. Este mercado está compuesto por industrias de equipamiento para seguridad, aeronáutica, aviación, automotriz, adhesivos y pegamentos.

CONCLUSIÓN

Los resultados muestran que los blindajes cerámicos multicapa absorben aproximadamente el 60-70% del total de energía cinética del proyectil de manera efectiva y se detienen ambos tipos de proyectiles con menor profundidad de la penetración y la deformación de la placa posterior. Aun así, es sumamente necesaria la aplicación de fibras en el composite, teniendo en cuenta el continuo desarrollo e investigación sobre ellas.

Es importante como país comenzar a desarrollar esta nueva tecnología para sumergirse en este mercado silencioso que crece año tras año, mercado que llega a todos los sectores de distintas industrias. Queda mucho por descubrir y mejorar con respecto a la aplicación de las fibras; sin embargo, las mismas están reemplazando poco a poco los blindajes de acero laminado. Cabe destacar que la aplicación en el sector armamentístico es solo una pequeña porción, aún más importante es el sector aeronáutica y automotriz.

Con lo que respecta al blindaje multicapa, se puede observar en los nuevos vehículos militares medianos y pesados la implementación del mismo, junto a un blindaje reactivo y activo logran una defensa cuasi perfecta.

Por último, es de vital importancia comenzar a desarrollar y competir lo antes posible, evitando una monopolización de este mercado por parte de empresas que manejan más del 50% hoy día.

BIBLIOGRAFÍA

> Directorate of Intelligence, CIA https://www.cia.gov/library/readingroom/docs/DOC_0000498140.pdf
> Materiales sintéticos mezclados heterogéneamente formando un compuesto
> https://www.ceramtec.com/ballistic-protection/ Fecha de consulta 15/08/17
> http://www.virginia.edu/ms/research/wadley/ballistic-impact.html Consultado 12/10/2017
> https://es.slideshare.net/machicc/hormigon-con-fibras-de-aramida-alberto-moral por Alberto Moral Borque
> https://www.youtube.com/watch?v=FMFKtXvwa00, DEFIN-e -Science & Engineering-.
> Ceramic Materials for light-weight CeramicPolymer Armor Systems/ www.ceramtec.com/files/et_armor_systems.pdf
> https://sites.google.com/site/worldofarmor/blindaje/la-carrera-de-la-proteccion-contra-la-potencia-de-fuego
> CeramicMaterialsfor light-weightCeramicPolymerArmorSystems
> www.lens.org/lens/search?p=0&q=composite+ballistic+shield&v=analysis
> www.lens.org/lens/search?p=0&q=composite+ballistic+shield&v=analysis
> www.lens.org/lens/patent/US_9765447_B2
> www.lens.org/lens/patent/US_2017_0254625_A1

(*) **Serra Norman Uriel** es Técnico Electromecánico. Actualmente se encuentra cursando el último año de la Carrera de Ingeniería Mecánica en Automotores en la Escuela Superior Técnica "Gral de Div. M. N. Savio". Se desempeña como Becario del Proyecto PIDEFF: *"Estudio y Desarrollo de Blindajes Multicapas de Bajo Peso y Alta Resistencia Mecánica en Base a Cerámicas"*.

(*) **Pablo Ignacio Mari Thomsen** es alumno de cuarto año Ingeniería Mecánica en Armamentos, EST. Bachiller en Economía. Nivel avanzado de inglés. Manejo de software Solid Edge, MATLAB, programación en C. Manejo de torno y fresadora.

(*) **Facundo Carlo Pattarone** es Técnico en Automotores. Ex mecánico de Peugeot-Citroën SVA SACIFI, curso de tornería y fresado, software MATLAB, idiomas inglés medio y alemán básico. Actualmente, se encuentra cursando cuarto año de Ingeniería Mecánica en Automotores en la Escuela Superior Técnica. Se desempeña como Observador Tecnológico del CEPTM "Gral MOSCONI".

7. GEOCIENCIAS

7.1

Drones. La siguiente guerra

Por el Teniente Coronel de Artillería Ing. Mil. Walter Allende*

INTRODUCCIÓN

Los vehículos aéreos no tripulados son identificados por sus siglas en español como VANT, o en inglés como RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*), e identificado popularmente como dron.

Estos artefactos se caracterizan: por no contar con un piloto humano a bordo, ser controlados por medios inalámbricos y estar conectados a un dispositivo en tiempo real. No necesitan mucho terreno para poder levantar vuelo ni para su aterrizaje, siendo casi invisibles en la inmensidad del espacio como para poder ser captado o capturado y así poder ser dirigidos, a distancia, hacia objetivos militares vitales, principalmente más allá de las líneas enemigas.

Las ventajas de no tener un piloto humano son que prácticamente no le son necesarios los accesorios que requiere el avión, como cabina, blindaje, asiento eyectable, controles de vuelo sofisticados, controles ambientales de presión y oxígeno, etc.

Todo ello permite reducir el peso y el tamaño del dispositivo, favoreciendo con ello, la maniobrabilidad, el alcance, la autonomía y una variedad de prestaciones.

Estos dispositivos potencian la capacidad de llevar a cabo los relevamientos del terreno, que permita realizar estudios preliminares del ambiente geográfico, actualización de la situación territorial y realizar topografía en zonas de difícil acceso.

De esta manera se pueden obtener distintos productos que incrementan y facilitan la maniobra militar, tales como mapeo de trazados de caminos, curvas de nivel, cálculos volumétricos, modelos digitales de elevación, ortomosaicos, nubes de puntos y distintos tipos de cartas temáticas, especialmente la carta militar.

El empleo de estos módulos genera una cantidad mayor de datos al comparar sus resultados con los levantamientos topográficos tradicionales y en un tiempo mucho más reducido.

Todas estas características de esta herramienta moderna y eficaz son aprovechadas en el ámbito militar, siendo la Artillería uno de sus potenciales usuarios, debido a la necesidad de contar con información geoespacial precisa, actualizada y en tiempo real.

ETIMOLOGÍA DE LA PALABRA DRON

Etimológicamente el término dron deriva de la palabra “drone”, que en inglés significa zumbido.

Este zumbido que realiza el dispositivo es similar al sonido característico de las abejas, de allí que se lo asocia con ese nombre.

El origen de "dron" proviene del ámbito militar. En la década del 40, los ingleses habían logrado desarrollar los primeros UCAV (*Unmanned Combat Aerial Vehicle*) al cual llamaron "Killerbee" (abeja asesina). Posteriormente cuando se creó una unidad de observación y no de combate, se lo denominó "Drone", que tiene también su acepción como zángano, manteniendo un juego de palabras con el nombre anterior.

Hace un tiempo atrás, en el ambiente militar estos módulos se conocían con el nombre de UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), nombre que actualmente está en desuso, intentando que se utilice el término RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*).

> Dron: denominación popular de las aeronaves tripuladas. Proviene del ámbito militar durante los años 40. Término aplicado a los aviones espía utilizados en las campañas bélicas.
> UA (*Unmanned Aircraft*): término genérico para referirse a las aeronaves no tripuladas, sin tener en cuenta si son autónomas o tripuladas por control remoto.
> UAS (*Unmanned Aerial System*): término genérico referido al sistema de aeronaves tripuladas. A diferencia del UA, el sistema integra el dispositivo, el enlace de comunicaciones y la estación de tierra.
> UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*): concepto en desuso, de ámbito militar, para referirse literalmente a los vehículos aéreos no tripulados.
> RPA (*Remotely Piloted Aircraft*): término para denominar a las aeronaves no tripuladas que son operadas mediante control remoto. Aplicada principalmente a dispositivos de uso comercial.
> RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*): término para denominar al sistema completo (aeronave, enlace de comunicaciones y estación de tierra) de aeronaves no tripuladas, y operadas mediante control remoto.
> Aeronaves autónomas: son aparatos capaces de desarrollar una función de forma completamente independiente, sin intervención humana de ningún tipo.

HISTORIA

El actual avión militar no tripulado fue ideado por el físico John Stuart Foster Jr, un aficionado al aeromodelismo, quien pensó que esta afinidad podría ser aplicada al diseño de armas. Se elaboraron los planos y en 1973, DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) construyó dos prototipos denominados "Praeire" y "Calere", ambos accionados por un motor modificado de una cortadora de césped que podía permanecer en el aire por dos horas y llevar una carga de hasta trece (13) kilos.

La idea de J S Foster Jr logró convertirse en un arma real, que incluye estos dispositivos como elementos bélicos en el marco de la nueva doctrina de defensa de la época.

En 1980, IRAN, durante la guerra con IRAK, desplegó un dron militar armado con seis misiles RPG-7, siendo la primera vez que se empleaba un dispositivo no tripulado de combate durante una guerra.

ISRAEL, en 1987, empleó drones para probar el concepto de superagilidad en simulaciones de vuelo de combate, basada en la tecnología *stealth*.

Durante la invasión de IRAK, en 2003, las tropas aliadas, encabezadas por Estados Unidos se encontraron en un primer momento con los insurgentes y luego con una guerra civil sectaria. A partir de esta situación fue que los comandantes estadounidenses solicitaron el apoyo de los aviones no tripulados, como el Predator. La cámara de estos aviones no tripulados era tan sofis-

ticada que permitía observar a un insurgente enterrando bombas y seguirlo hasta el lugar en donde se ocultaba.

El empleo de estos dispositivos generó rechazo en algunos sectores de las fuerzas armadas de Estados Unidos y encontró la principal resistencia en las autoridades de máximo nivel de la Fuerza Aérea, debido a que pensaban en función de su cultura profesional y así daban prioridad al empleo de cazas tripulados de ataque rápido, de gran éxito en guerras pasadas. También rechazaron o ignoraron los requerimientos del Ejército y la Marina para que se emplearan drones en apoyo de sus soldados, argumentando que estos dispositivos, como efecto colateral, terminaban matando a civiles.

Tiempo más tarde, debido al incremento de la demanda y mayores presiones políticas, dieron prioridad al envío de aviones no tripulados a las tropas en IRAK, y durante los siguientes años, dentro de la Fuerza Aérea, convirtieron a los pilotos de este tipo de aviones en una élite, marcando con ello, no solo el comienzo de una nueva era en tecnología aplicada al armamento, sino una nueva forma de hacer y entender la guerra.

Durante los últimos años, los Estados Unidos, como parte de la Guerra contra el Terrorismo, han incrementado el empleo de vehículos aéreos no tripulados, especialmente en PAKISTÁN, contra células terroristas como Al Qaeda y realizado numerosos ataques con una gran efectividad en sus objetivos. La primera muerte causada por drones que se conoce se produjo en noviembre de 2001, cuando un Predator disparó contra Mohammed Atef, uno de los principales jefes de Al Qaeda, en AFGANISTÁN.

Estos dispositivos no han pasado desapercibidos para el resto de los países del mundo que valoran las ventajas que representa contar en sus filas con varios de ellos. Existen 80 países declarados, que poseen drones de algún tipo en sus arsenales. Hasta el momento se conoce que solo dos países además de Estados Unidos han matado personas con drones: el REINO UNIDO en AFGANISTAN, e ISRAEL en la ciudad de GAZA.

Para algunos países, por diferentes razones, tener drones no les rinde los beneficios esperados, debido a que son de corto alcance o vulnerables a las condiciones meteorológicas y dependientes de la tecnología, y por otro lado también, a la escasa disponibilidad de satélites propios para la transmisión de video en tiempo real o su posible guiado a través de ellos.

Actualmente los soldados de infantería norteamericanos emplean drones rebatibles con un peso de 2,5 kilos que entran perfectamente en una mochila y tienen capacidad para realizar tareas de Vigilancia, Reconocimiento e Inteligencia.

Las Fuerzas de Operaciones Especiales, junto con la Marina de Estados Unidos, han desarrollado un helicóptero uni- plaza no tripulado, denominado K-Max, cuyo vuelo se realiza de forma autónoma, a través de una programación preestablecida, que permite transportar cargas de suministros en el exterior de este, suspendido bajo el aparato y así permitir reducir el número de bajas por ataques enemigos.

ACTUALIDAD

En 2010, la Universidad de Rutgers lanzó un dron “planeador” submarino que cruzó el Océano Atlántico sin reabastecimiento. Ese mismo año la Armada de Estados Unidos lanzó un planeador submarino que extrae energía a partir de la termoclina del océano, y según sus cálculos, operaría durante 5 años sin necesidad de reabastecimiento.

CHINA ha puesto en funcionamiento el vehículo no tripulado HARPY, desarrollado inicialmente en ISRAEL, en 1990, como un sistema anti-radar.

La versión china tiene un alcance de 500 kilómetros y una capacidad de ojiva de 32 kilos, con varios tipos de cabezas buscadoras. Otra versión china reúne 18 Harpies en lanzadores mon-

tados en la caja de un solo vehículo. En consecuencia, estos aviones no tripulados son capaces de saturar los sistemas defensivos de cualquier país.

Hoy en día ISRAEL ha mejorado la versión, agregándole un sensor electro-óptico para atacar objetivos no emisores y a un rango extendido de 1000 kilómetros.

UAV HARPY



En una entrevista para Reuters, el vicepresidente del área militar para Lockheed, Marcos Valerio, expresó: "En la próxima década, vamos a cambiar completamente la forma de diseñar y construir un satélite y un dron. Los vamos a imprimir". Valerio sugiere que estos impresos costarán un 40 por ciento menos que los modelos actuales, poniendo en evidencia que la disminución de costos para estos artefactos será la norma.

UAV SLOCUM GLIDER



La Armada de Estados Unidos produce, de manera comercial, un vehículo de investigación, submarino y autónomo, que permite patrullar durante semanas, siguiendo las instrucciones iniciales, saliendo a la superficie en forma periódica para informar y recibir nuevas instrucciones. Estos tipos de drones se pueden transformar en torpedos autónomos de largo alcance o en vehículo de reparto de minas. Los reducidos costos y las habilidades necesarias para construir y emplear estos modelos de planeadores son mucho menores que las necesarias para un submarino nuclear.

TENDENCIAS/PROSPECCIÓN

Durante la década de 1970, y debido a la superioridad numérica en armamento que presentaba la ex Unión Soviética, el Departamento de Defensa de Estados Unidos decidió compensar esa diferencia centrándose en plataformas de alta tecnología. Surgieron, de esta manera, equipos más sofisticados como los aviones F-15; F-16, F-18, tanques Abrams y los vehículos de combate Bradley. De esta manera, los Estados Unidos hacían hincapié en la búsqueda de tecnología de punta, pero llevaban con ello, un alto incremento en sus costos, que no era bien aceptado en otros Ministerios.

El análisis de estos procesos de cambio orientados a recuperar capacidades perdidas ante la ex Unión Soviética, dio como resultado la necesidad de modificar el patrón esencial, es decir, reducida cantidad de plataformas, mucha tecnología, costos muy elevados. Para décadas pasadas fue una ventaja y fue una decisión correcta, pero hoy en día las mejoras sustanciales en el campo

de la robótica, la inteligencia artificial, la automatización, los nano-materiales, el software, hardware, etc, están cambiando el cálculo costo/efectividad en favor de lo "mucho y simple" versus "poco y complejo", dando paso a la llamada "*Guerra Low Cost*".

Las nuevas tecnologías, disminución de costos basados en la producción estandarizada, mayor precisión, más alcance y más poder destructivo, han trazado una nueva tendencia orientada al desarrollo de sistemas pequeños, en cantidad e inteligentes, perfilándose como los principales cambios en la guerra moderna.

La tendencia actual en los países del primer mundo no es invertir en costosas plataformas y reducida cantidad, sino, muy por el contrario, se encuentran en proceso de invertir en dispositivos que se ajusten al concepto de lo pequeño, inteligente y en gran cantidad, y así aprovechar disponer de la ventaja tecnológica.

En este campo, también hay que tener en cuenta que no solamente las Fuerzas Armadas se beneficiarían con estos módulos, sino también aquellos actores no-estatales o los estados menos éticos, que estén dispuestos a poner en práctica estos sistemas.

Debido a que estos módulos son pequeños y pueden volar a baja altura, resultan difíciles de detectar, pudiendo atacar los costosos Sistemas de Defensa Aérea, que quedarían anulados ante la imposibilidad de advertir un ataque.

La Cúpula de Hierro de Israel (Sistema móvil de misiles para Defensa Aérea) diseñado para interceptar y destruir cohetes de corto alcance y proyectiles de Artillería, ve comprometida su funcionalidad debido a que no solamente debe tener la capacidad de detectar hasta el más pequeño dispositivo no tripulado, capacidad que al día de hoy se encuentra en estudio de desarrollo, sino que, en caso de detectarlo y poner en práctica el lanzamiento de un misil para contrarrestarlo, el costo/beneficio de esta acción, resulta sumamente desventajosa y económicamente perjudicial, potenciando esta debilidad si es atacado por un enjambre de drones, donde es más probable que la Defensa Aérea se quede sin misiles antes que el atacante se quede sin aviones no tripulados. Aquí se asienta de forma bien marcada el costo/beneficio entre drones económicos y armas defensivas relativamente caras.



EEUU derribó un drone de 200 dólares con un misil Patriot de US$ 3 millones

Un general del ejército estadounidense confirmó que un aliado utilizó el sistema de defensa frente a un modelo comercial de un vehículo aéreo no tripulado que se consigue en una tienda on line

JUEVES 16 DE MARZO DE 2017 • 17:04

Es decir, ahora es posible confeccionar plataformas más pequeñas, económicas e inteligentes que tengan capacidad de alcance y de combate suficientes para cumplir con la misión.

Desde otro punto de vista, los drones autónomos favorecerán inicialmente a los actores menos avanzados en materia tecnológica, ya que un actor no estatal que no posea materiales bélicos de guerra, como lo es, el conocido grupo terrorista ISIS, puede fácilmente disponer de estos artefactos, capaces de transportar cargas explosivas significativas, y atacar cualquier vehículo, personal o aeronave estacionada, aplicando la sorpresa táctica como principio para las operaciones.

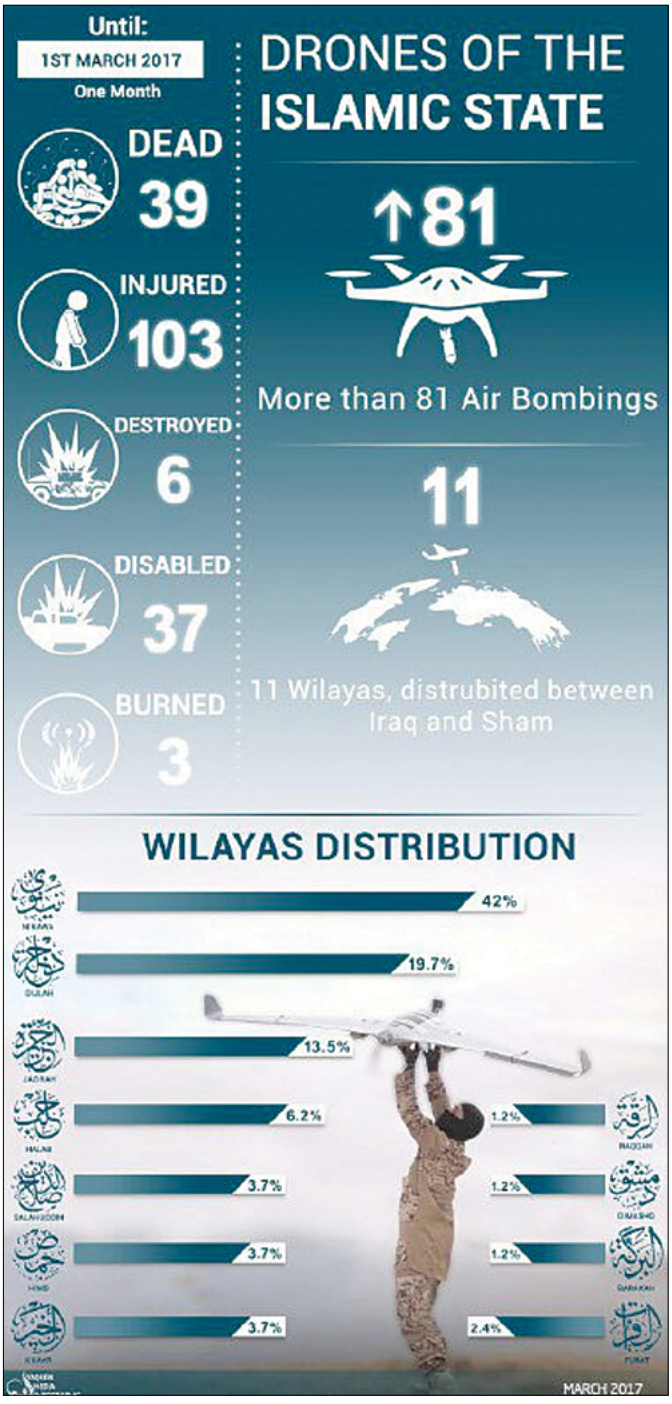











Until:
1ST MARCH 2017
One Month
DRONES OF THE ISLAMIC STATE
DEAD
39
INJURED
103
DESTROYED
6
DISABLED
37
BURNED
3
↑81
More than 81 Air Bombings
11
11 Wilayas, distrubited between Iraq and Sham
WILAYAS DISTRIBUTION
42%
19.7%
13.5%
6.2%
3.7%
3.7%
3.7%
1.2%
1.2%
1.2%
2.4%
MARCH 2017

DRONES MILITARES

Los vehículos aéreos no tripulados militares también se pueden clasificar en función del tipo de operación que realiza: vigilancia, reconocimiento, relevamiento topográfico, adquisición de blancos, etc.

Se pretende a futuro crear una aeronave inteligente que ya no requiera ni necesite el factor humano o minimice al máximo su participación. Las Fuerzas Aéreas de todo el mundo se preparan para una nueva era de combates en el aire, en la que tienen una gran participación aeronaves no tripuladas, totalmente autónomas.

El ejército estadounidense dispone de drones de diversos tamaños y pesos, desde el Wasp (460 gramos) o el Raven (1.800 gramos), hasta el Global Hawk, un avión grande no tripulado de un peso total de 15 toneladas.

El empleo de drones con fines militares está en la lista de prioridades de la mayoría de los ejércitos del mundo. Al menos 60 países han desarrollado, según la Corporación Rand, en los tres últimos años programas de uso militar de aeronaves no tripuladas de forma remota. La mayoría lo emplea como inteligencia, para recopilar información de reconocimiento y vigilancia, pero con la capacidad de disparar misiles.

La figura del piloto puede estar en peligro debido a la evolución de los drones, y a su intención autónoma de vuelo.

La aparición de los drones en el mercado ha abierto las puertas a un ambicioso negocio del sector de Defensa. Según el sector, que ha presionado para que el Gobierno de Estados Unidos permita la exportación de drones de combate, generarán 82.000 millones de dólares en benefi-



cios económicos y crearan hasta 100.000 nuevos puestos de trabajo de aquí al 2025. Actualmente el Ejército estadounidense posee unos 10.000 drones y en el 2017 espera poder operar en unas 110 bases de 39 países.

DRONES. OTROS EMPLEOS

Si bien la mayor parte de la producción de estos dispositivos se centró en drones de alta gama, orientados a combatir el terrorismo; otras naciones han desarrollado estos artefactos con una visión diferente a la del empleo en los sistemas de ataque.

Otros empleos de estos dispositivos, lo encontramos en áreas como la investigación geológica, la ingeniería civil, la vigilancia del medio ambiente, pero especialmente en agrimensura y agricultura de precisión. Hoy en día existe una industria en rápido crecimiento basada en el vuelo autónomo, con vistas a los beneficios que pueden acarrear estos sistemas en las distintas temáticas.

Los drones pueden marcar una gran diferencia en sus resultados, si son aplicados en emergencias y catástrofes y aportan una mayor rapidez y mejor calidad en los datos que puede proporcionar a la carta de situación, lo que permite optimizar la toma de decisiones del personal a cargo. Estos dispositivos pueden volar sobre la zona de un terremoto, accidente nuclear o explosión de una bomba y capturar imágenes o video en tiempo real y en alta resolución para ayudar a los equipos en tierra a brindar una rápida respuesta ante la emergencia.

Estos módulos han despertado en el mundo un gran interés, principalmente por su costo reducido, disminución de riesgos, facilidad de manipulación y múltiples aplicaciones civiles.

Aplicaciones más comunes:

> Cartografía – Topografía.
> Control de calidad de aire.
> Prospección y explotación de Recursos minerales.
> Aplicaciones Hidrológicas
> Aplicaciones en Agricultura
> Aplicación en controles de Obra y evaluación de Impactos
> Aplicación en Gestión del Patrimonio y herencia Cultural
> Seguridad al control de Fronteras.
> Aplicación al mantenimiento de líneas Eléctricas
> Aplicación a control de Represas de agua.
> Aplicaciones Urbanísticas.
> Aplicaciones a la acción Eléctrica de Distribución.

Aplicaciones orientadas a la topografía y geodesia:

> Planificación de proyectos
> Fotografía aérea (fotogrametría)
> Triangulación aérea
> Modelado Virtual de Elevaciones y Superficie
> Detección de cambios de superficie
> Obtención de Datos Planimétricos
> Ortofotografía
> Volumetría
> Video Aéreo
> Control de avances y mantenimiento en obras
> Panorámicas Reales en 360°
> Catastro

Un dron puede monitorear por sí solo varias hectáreas de forma precisa, pudiendo evaluar, acorde a los sensores incorporados, las condiciones del terreno, relevando datos sobre hidratación, temperatura, ritmo de crecimiento de los cultivos, etc. Una característica importante es que pueden localizar de forma prematura las enfermedades de la vegetación, pudiendo de ésta manera evitar plagas que puedan arruinar la cosecha.

Toda esta información permite realizar un ahorro en los costos bastante significativos para los agricultores, dado que al evitar las plagas, también se contribuye a la reducción de los productos químicos que se deberían emplear en los cultivos. Las cosechas crecerían de forma natural, sin herbicidas ni pesticidas que puedan afectarlas, pero en caso de tener que emplearlos, el mismo dron puede servir para aplicar los fertilizantes.



TOPOGRAFÍA CONVENCIONAL VS TOPOGRAFÍA CON DRONES

En un levantamiento topográfico convencional, se conoce desde un principio, cuáles son las características más importantes del terreno y las actividades a realizar, como mediciones de distancias, áreas, alturas, ángulos, etc.

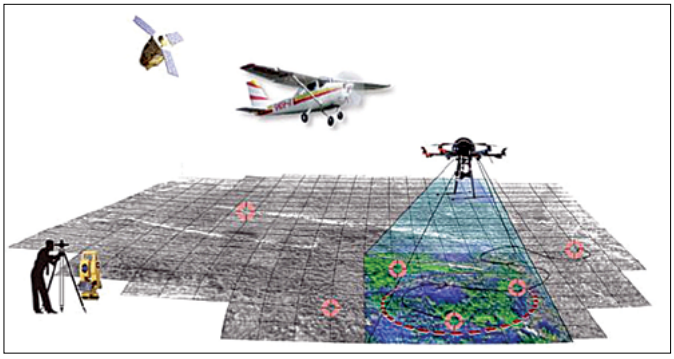


Para poder realizar estas mediciones, se debe contar con equipos topográficos, tales como estaciones totales, navegadores tipo GPS RTK, de manera que se pueda ir tomando las coordenadas de los puntos, a medida que se va avanzando.

Cuando se emplean drones para hacer un relevamiento, se está cambiando la forma y el método de hacer la topografía clásica.

Con estos dispositivos, ya no es necesario definir los puntos a medir, ni la medición de ángulos horizontales y/o verticales, sino que se modela de una sola vez, toda la zona de trabajo y posteriormente, una vez procesadas las imágenes, se miden los puntos necesarios, las veces que se precise.

Esta forma de hacer topografía permite eliminar los riesgos de volver a repetir las mediciones en el terreno por errores ocurridos en la medición o por necesidad de medición de nuevos puntos.



En pocos años, los drones no solo mejorarán sus prestaciones, tanto audiovisuales, como de geoposicionamiento, sino también su costo, permitiendo mayor accesibilidad a estos productos, de manera que cualquier profesional o aficionado pueda tener acceso a esta tecnología y logre obtener todo tipo de recursos geomáticos, como el modelado 3D del terre-

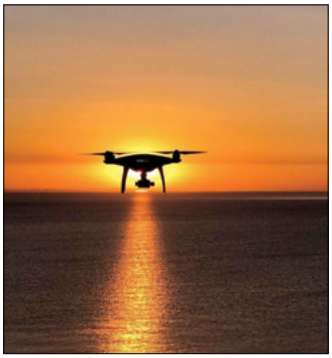
no, ortomosaicos, cálculo de volúmenes, curvas de nivel, etc. Actualmente, existen drones que no necesitan los apoyos GPS del terreno, es decir que no necesitan de ningún apoyo terrestre para efectuar los relevamientos, debido a su alta precisión en el que obtiene las coordenadas.

Un caso práctico y actual del empleo de drones, se presenta en el sector minero, en el cual se acumulan una serie de materiales junto al mineral extraído. Ante la necesidad de calcular el volumen del material acumulado, el equipo topográfico realiza una serie de mediciones y cálculos matemáticos que pueden presentar importantes errores y una gran carga horaria. Con los drones y el marcado previo de una serie de puntos de control, denominados PAF (Puntos de Apoyo Fotogramétricos), se pueden obtener cálculos precisos del volumen exacto y en un tiempo relativamente breve.

Estos drones permiten hacer en una mañana el trabajo que harían varios técnicos durante una semana o más; es capaz de cubrir en un día 100 hectáreas de terreno, y con drones más avanzados llegar al orden de las 500 hectáreas. La ventaja de trabajar con estos dispositivos es que reduce los riesgos laborales y, en este caso, es mayor debido al trabajo con materiales tóxicos.

Un dron permite realizar relevamientos en lugares remotos, especialmente en zonas en donde al hombre le resulte imposible relevar con métodos tradicionales, como precipicios, zona boscosa, ríos embravecidos, entre otros.

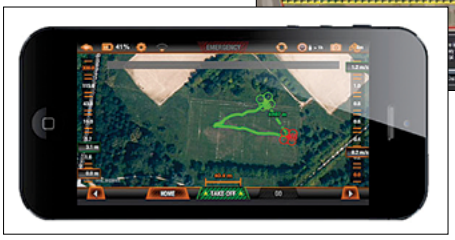




PROCESAMIENTOS

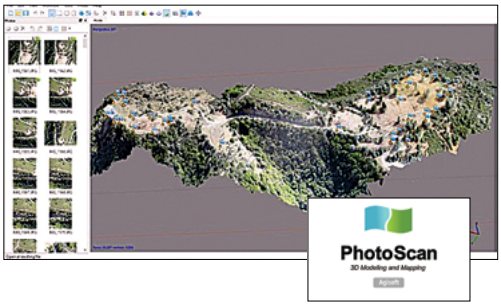
La actividad del equipo topográfico del grupo adquisición de blancos comienza con una planificación y posterior ejecución del trabajo topográfico que, apoyado con una detallada programación en la ruta de vuelo del dron, cerciorando que permita cubrir completamente la zona de interés, de manera de poder capturar las imágenes georreferenciadas en el lugar de vuelo indicado, obtendrá como resultado un producto de alto nivel y muy completo.

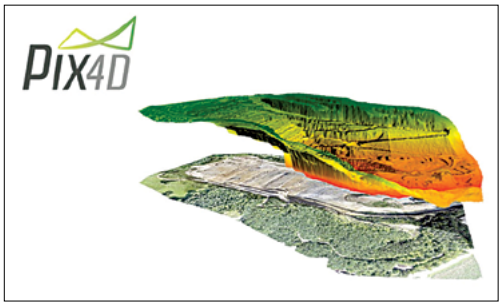




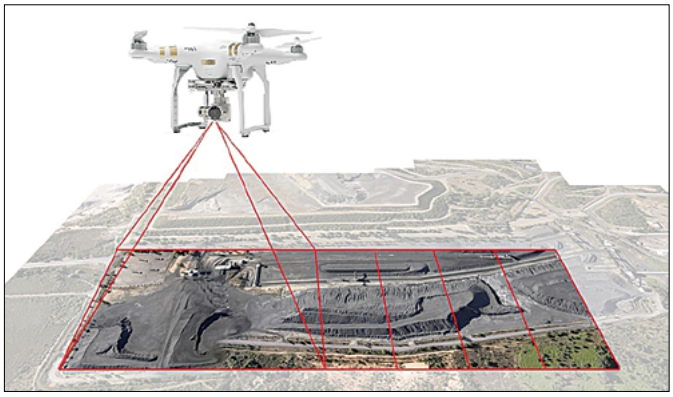
Posteriormente, estas imágenes son procesadas usando programas específicos para la obtención de modelos 3D, MDT (Modelos Digitales del Terreno), MDE (Modelos Digitales de Elevación), MDS (Modelos Digitales de Superficie) y Ortomosaicos.

Con este tipo de programas comerciales, como Pix4D ó Agisoft PhotoScan, es posible lograr una precisión de hasta 1 cm en planimetría, debido a los puntos de apoyo tomados por GNSS topográfico.



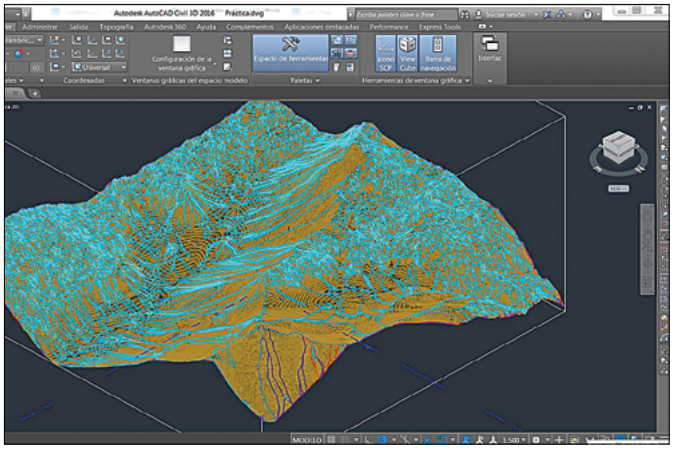


Los ortomosaicos que se obtienen alcanzan el orden de hasta 1 cm de GSD (*Ground Sample Distance*), es decir, un pixel de la imagen que se genera con el programa, representa un cuadrado de 1 cm de lado en la realidad, logrando una precisión prodigiosa.



Mediante herramientas como los SIG (Sistemas de Información Geográfica) es posible manipular estas imágenes, pudiendo obtener coordenadas, medir distancias, áreas, volúmenes, leer curvas de nivel, trazar perfiles y presentar MDE.

Los datos obtenidos y conocidos como nube de puntos pueden tratarse con programas CAD, como Autocad Civil 3D, en los cuales también se puede modelizar el terreno, como se muestra en la siguiente figura:



Existe también un programa llamado DroneDeploy, este es un programa comercial para drones; permite realizar dos funciones bien definidas:

1) Planificación del vuelo, sumado a la aplicación del vuelo con drone.

2) Procesamiento de las imágenes obtenidas del vuelo, creando el mapa o modelo que se necesite.

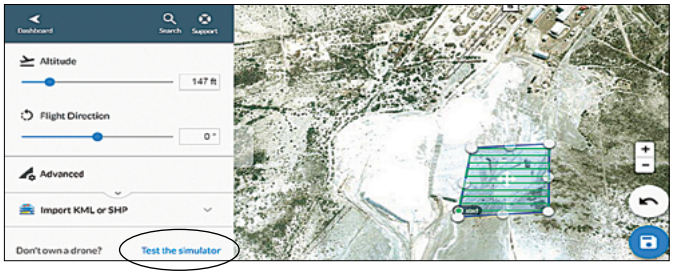




Realizando la planificación del vuelo, según las necesidades de cobertura en las mediciones a realizar, el programa presenta un simulador, que realiza una demostración virtual (sin el dron), "Test the simulator", que permite comprobar el planeamiento realizado, brindando información virtual sobre la cantidad de imágenes que tomará ese vuelo, cantidad de baterías necesarias, tiempo de vuelo, y recorrido virtual.

De esta manera se logra la optimización en el planeamiento y la seguridad previa al vuelo en la zona de interés.

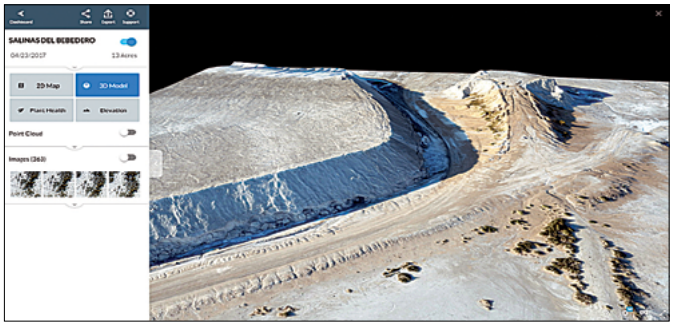
El resultado del Test, me permite comprobar si el vuelo tendrá alguna dificultad para poder corregirlo, o me permite realizarlo.



Una vez superada la prueba del test, dispongo volar el dron vinculado a este plan de vuelo.

Finalizado el vuelo, las imágenes grabadas en la tarjeta SIM que se encuentra en el dron, son bajadas a la PC, para posteriormente trabajar con ellas desde el software, el cual nos entregará un producto procesado, como se puede ver en las siguientes imágenes.

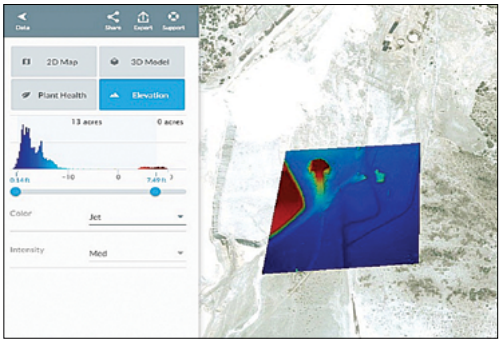


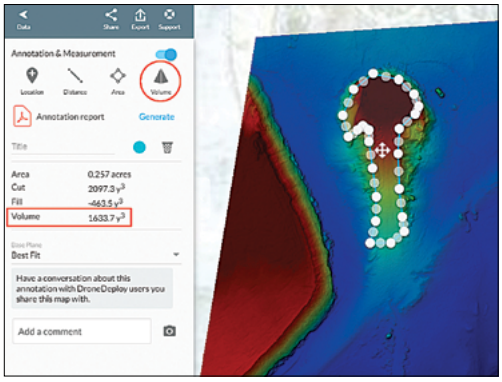


Este programa presenta una opción (PlantHealth), que permite conocer la salud vegetal de la zona relevada. El objetivo de esta herramienta es explorar los datos de la vegetación y suelos en forma más profunda. Configurando los niveles o rangos de la imagen, nos permite cuantificar el daño ocasionado por algún evento meteorológico o predecir los rendimientos de los suelos.



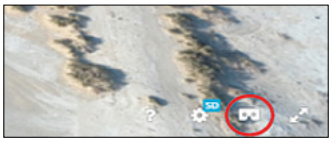
Otra opción que se presenta es el menú Elevation, que muestra los datos de altura o elevación, medidas en pies o en metros de las distintas geografías de la zona relevada.





Con esta herramienta se puede editar el contorno de un sector seleccionado, del cual se pretenda conocer su volumen.

El programa presenta además una interesante herramienta que se muestra en la parte inferior de la ventana, un ícono en forma de lentes, que lo vincula a una página (Sketchfab), donde puede exportar este modelo y visualizarlo por medio de unos lentes para Realidad Virtual.

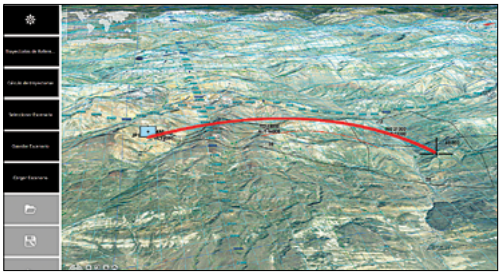






La División Geomática del CIDESO (Centro de Investigación y Desarrollo de Sistemas Operacionales), dependiente de la DIGID, se encuentra realizando estos productos geográficos con drones particulares, cuyos desarrollos alimentan la base cartográfica de los sistemas que allí se realizan, como SITEA (Sistema Integrado Táctico del Ejército Argentino) y SATAC (Sistema Automatizado de Tiro de Artillería de Campaña), de manera que cuentan con imágenes actualizadas y con precisión de hasta 1 cm.

SATAC



SITEA





Ventajas que presenta el dron:

1. **Seguridad.** Permite disminuir el riesgo en el personal, especialmente cuando el terreno se presenta accidentado o con la incertidumbre de que exista algún contaminante tóxico. No es necesario que el topógrafo lleve personalmente la estación o su instrumento de medición, a lugares que implican un riesgo poder representarlo, como por ejemplo la cota más alta de un talud de gran pendiente con la posibilidad de resbalar y caer.
2. **Bajo costo:** estos dispositivos resultan más económicos en comparación con los equipos de topografía convencional, y se obtiene una mayor gama de posibilidades en su relevamiento y procesos.
3. **Mayor cobertura:** algunos puntos resultan inaccesibles para las personas, como un saliente en medio de un acantilado, o un claro rodeado de árboles, los que no representarían un problema para el dron. Al tener una mayor cantidad de datos se asegura que el área de interés fue cubierta por el vuelo. Esto permite que se pueda elegir y desestimar datos si se considera necesario.
4. **Eficiencia:** en un relevamiento topográfico se consigue determinar una serie de puntos que sirven para crear un plano preciso. El levantamiento topográfico de un dron captura a la vez millones de puntos, añadiéndole la información de color de las fotografías, con lo que consigue nubes de puntos de alta resolución que muestran la apariencia real del terreno.
5. **Valor visual:** se puede disponer de un documento gráfico en contraposición con un histórico, en el que se puede apreciar detalles y diferencias en el terreno de la que ha variado, y de esta forma actualizar las bases de datos.
6. **Reducción de tiempo:** con estos dispositivos y los programas afines, permiten reducir el tiempo de procesado. Los vuelos fotogramétricos mediante aviones dan plazos de entrega

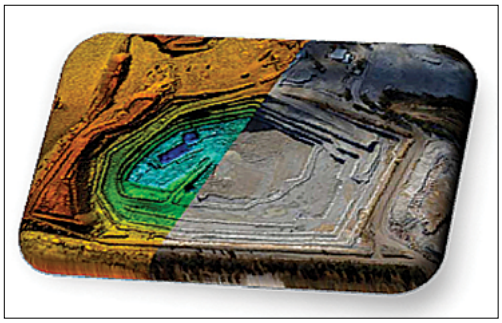
de aproximadamente un mes para estos trabajos. Mediante el vuelo de un dron y la toma de puntos de apoyo, estos tiempos se reducen a unos pocos días.

7. **Silencioso y veloz:** estos dispositivos poseen gran velocidad a la hora de ejecutar un vuelo planificado; sumado a lo silencioso en su vuelo, se convierte en una herramienta importante en nuestras filas.
8. **Vuelo estacionario (tipos cuadricópteros):** presenta la ventaja de realizar un vuelo estacionario estabilizado a baja altura, lo que permite que se mantenga estático en un punto y poder capturar fotografías y videos de alta resolución y gran calidad.

Las desventajas, aunque mínimas, son:

1. **La batería:** es la desventaja más importante. Suelen dar un tiempo de vuelo limitado, en algunos drones, como el Phantom 4, la duración de la batería se estima hasta 30 minutos. La solución encontrada es incluir un par de baterías de repuesto, con las que permitiría realizar varios vuelos, retomando desde el lugar donde dejó para realizar el recambio.
2. **La meteorología:** el dron se encuentra condicionado por la situación climática reinante, tanto para las grandes lluvias, como los fuertes vientos imperantes en algunos lugares.
3. **La conexión:** el enlace puede ser hackeado o alterado, y de esta forma romper el canal de comunicaciones e interceptar sus datos.
4. **La acreditación:** toda aquella persona que manipule estos dispositivos debe contar con la licencia y la certificación otorgada por ANAC (Asociación Nacional de Aviación Civil).





TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El avance de la tecnología en lo que refiere a la informática y las tecnologías de la información y comunicación ha tomado todos los ámbitos de la ciencia, incluido las geociencias, en el que se han generado enormes adelantos en todas las fases del ciclo de vida de los datos geográficos, desde su adquisición o captura mediante distintos instrumentos, como los drones, hasta su posterior análisis y procesamiento.

Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) es una nueva disciplina incorporada al análisis de datos geográficos devenidos de las Tecnologías de la Información y Comunicación y de la Geomática. Permiten asociar a la representación gráfica de cualquier región todos los datos de interés, de forma que permita analizar diferentes parámetros o estudiar distintos aspectos sobre los objetos, fenómenos o acontecimientos que tienen lugar en el territorio.

Las ventajas de esta nueva disciplina se ven reflejadas en la obtención de un conocimiento más preciso y completo de los datos geográficos que permite aumentar la eficacia en la gestión

de una región, de sus recursos y de las actividades que en ella se puedan desarrollar.

Las TIG engloban diversas disciplinas geográficas como la Cartografía, la Geoestadística, los Sistemas de Información Geográfica, Sistemas de Posicionamiento Global y Teledetección.

Es en esta última disciplina donde toma un lugar importante la captura de la información geográfica realizada con drones de relevamiento geográfico. Estos módulos no solo permiten la captura de imagen en tiempo real, sino además, con su monitoreo continuo de la zona de responsabilidad y el aporte de datos geoespaciales, influye transcendentalmente en la aceleración del proceso de toma de decisiones.

Esta tecnología permite realizar las siguientes actividades:

> Elaboración de bases de datos geoespaciales.
> Elaboración de cartografía multidisciplinarias
> Gestión de metadatos
> Modelización de la realidad mediante capas de información
> Integración de datos geoespaciales
> Interoperabilidad entre sistemas
> Servidores de mapas

EL ÉXITO EN LA ELABORACION DE MAPAS

La calidad de los mapas depende de muchos factores, principalmente por la precisión de los datos, la escala con la cual se trabaja y actualmente por la calidad de las imágenes obtenidas del terreno relevado.

En este último tema es donde toma gran importancia la captura de imágenes y los dispositivos con los cuales se lleva a cabo esta actividad. El uso de drones provistos de cámaras digitales, combinado con un sistema de tratamiento de imágenes se ha convertido en un potente escalón que brindan estas nuevas tecnologías en los sistemas de medición del terreno.

En el caso específico del proceso de captura de imágenes con drones, hay que tener en cuenta varios puntos, como la cobertura total de la zona de interés, la alta calidad de los datos, la configuración para evitar las cámaras desenfocadas, el ángulo focal de la cámara, la altura de vuelo, la luz del día con que se capturan las imágenes, la trayectoria del vuelo, el clima, la suficiente superposición de imágenes, etc.

Todos estos detalles a tener en cuenta permitirán proporcionarle mayor calidad al producto, como también una actualización casi de forma inmediata del terreno, todo ello en función de prestar el necesario y suficiente apoyo para la mejor toma de decisiones. Con todo ello se puede decir que la cartografía del futuro ya ha comenzado.

ADQUISICION DE BLANCOS CON DRONES

Otra característica que reviste importancia con estos módulos, es la capacidad de localizar, detectar e identificar blancos que pueden ser abatidos posteriormente, teniendo en cuenta las dificultades que presenta la búsqueda de blancos.

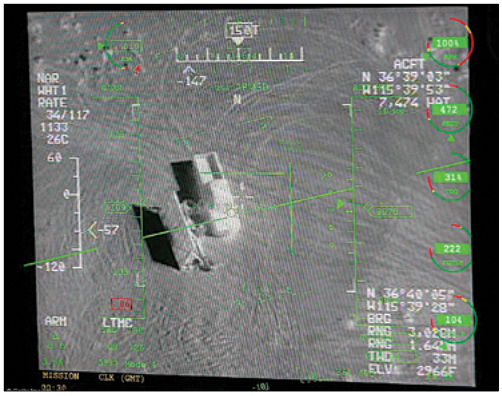
Esta fase de adquisición de blancos queda a cargo de los observadores adelantados, quienes tienen responsabilidad en la zona de blancos y emplean diversos instrumentos y sensores, capaces de realizar la observación bajo cualquier condición meteorológica y de visibilidad, siendo ésta una importante herramienta de búsqueda, detección y localización de manera rápida y precisa, especialmente para blancos de oportunidad.

Con las nuevas tecnologías de sistemas autónomos e Inteligencia Artificial, no es difícil suministrar a estas aeronaves no tripuladas una potencial capacidad de identificación y magnitud de

un posible blanco, puesto al análisis de personal de Inteligencia para ser batido por cualquier agencia de fuego.

Todo ello permite al Centro de Dirección de Fuegos contar con un elemento más para determinar por las distintas agencias, el fuego preciso y oportuno sobre blancos que dificulten o quieran impedir el cumplimiento de la misión.





El Ejército de Brasil cuenta para esta función con una aeronave remotamente pilotada denominada Horus FT 100, quien presta funciones de reconocimiento y vigilancia, y ha tenido participación durante los Juegos Olímpicos de Río de Janeiro.



El Horus FT 100 puede ser lanzado con la mano, tiene 2,7 metros de envergadura, 1,9 metros de largo y pesa solo 8 kilos. Es un sistema versátil diseñado para poder operar a cualquier hora del día y puede realizar un monitoreo de hasta 4.000 hectáreas por vuelo.

Posee características muy similares a su homólogo, el AeroVironment RQ-11 Raven, cuya misión incluye reconocimiento, vigilancia remota y búsqueda de objetivos, con un alcance de hasta 10 kilómetros, una autonomía de 90 minutos, una envergadura de 1.4 metros y una velocidad de 20 a 57 km/h.





ATRAPADRONES

Como resultado de los inconvenientes, y potenciales accidentes causados por drones, se ha generado una serie de medidas y dispositivos para poder atrapar a estos artefactos, de manera de prevenir cualquier dificultad.



La Policía de Tokio, después de la sorpresa que se llevó el Primer Ministro japonés al encontrar un dron en el techo de su oficina, que portaba una pequeña cantidad de arena radioactiva, presentó una flota de drones destinados a controlar y frenar el vuelo de otros drones sospechosos o que estén realizando actividades ilegales. Esto se ha logrado empleando una red que cuelga del drone, de unos 2 metros de ancho por 3 de largo, logrando así capturarlo entre sus redes.



También la policía holandesa ha reaccionado contra estos potenciales peligros, tomando algunas precauciones, pero en este caso mediante el empleo y entrenamiento de águilas, convertidas en cazadoras de estas aeronaves no tripuladas. Para las aves, estos artefactos son como una presa, que una vez capturada, son llevadas a un lugar seguro.

El proyecto forma parte del plan elaborado por el Coordinador Nacional de Lucha Antiterrorista y Seguridad para desarmar drones peligrosos.

Existe también otro dispositivo que se encarga de atrapar drones, llamado SkyWall100, es una bazooka tierra-aire, que tiene unos proyectiles especiales, debido a que no dispara munición, sino que lanza una red para su captura y trata de hacer el mínimo daño posible al dispositivo, en el cual, en su etapa final, se despliega un paracaídas para sustentar su caída a gran altura.

SKY WALL 100



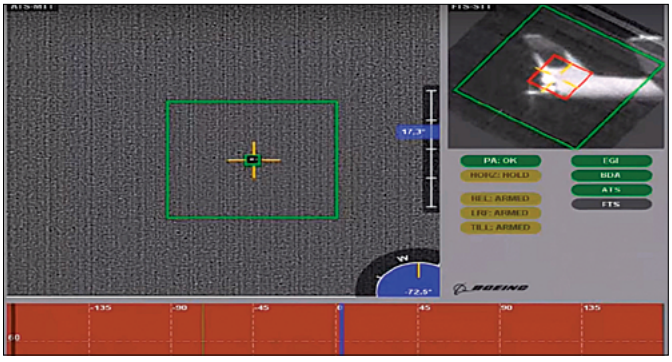
China también ha desarrollado recientemente una tecnología basada en láser, que permite derribar drones de tamaño pequeño, con un alcance de hasta dos kilómetros y con una excelente precisión. Cuando el artefacto localiza drones o aviones pequeños, en tan solo cinco segundos puede derrumbarlos.

En pruebas preliminares, realizadas con un equipo de 30 drones en vuelo, el sistema logró derribar a todos ellos de forma precisa. Este sistema tiene previsto ir montado en vehículos móviles con la función de reforzar la seguridad en importantes eventos.

Este proyecto responde al riesgo que estos drones de bajo presupuesto representan y que pueden ser empleados por elementos terroristas amenazando de esta manera la seguridad pública.







CONCLUSIONES

El empleo cada vez más frecuente de los drones en muchos ámbitos de nuestra sociedad, permite marcar que existe una tendencia a ser aprovechados e incorporados como una importante herramienta de trabajo, y en múltiples temáticas, además del ámbito militar, especialmente en las situaciones de emergencias y catástrofes, ya que son extensas las ventajas y posibilidades que estos dispositivos tienen para ofrecer.

Estos módulos también tienen un peso creciente en diferentes ejércitos del mundo y apuntan a ser el armamento no tripulado del futuro y se destaca que al no estar cargado con todo el equipo que requiere un piloto, estas aeronaves son livianas, rápidas y maniobrables.

Los drones pueden ser una eficaz herramienta para que tanto las Fuerzas de Seguridad como las Fuerzas Armadas puedan mejorar sus capacidades.

Son múltiples las funciones que pueden realizar y muy variados y precisos los recursos que pueden entregar, teniendo en cuenta que en la actualidad, todos estos ingenios artificiales se pueden encontrar en el mercado, de forma más económica, más pequeños, más rápidos, más letales y sobre todo más autónomos, aportando antecedentes a la denomina *"Guerra Low Cost"*.

Estas Nuevas Tecnologías han revolucionado el campo geomático, teniendo un potencial uso en la agrimensura y en la topografía, desarrollando en el campo militar una optimización de los productos por ellos obtenidos.

Estos vectores nos proveen de productos geográficos actualizados con una mayor cantidad de información en diferentes formatos, fotos en colores, puntos de coordenadas muy precisas, Modelos de Elevación en 3D, ortomosaicos, etc, que transforman la manera de ver hoy a la topografía y al terreno, de forma sencilla y económica.

La adquisición de estos dispositivos para el Grupo Topográfico, resulta de bajo costo en referencia a los equipos que usualmente emplea, de fácil obtención en el mercado y de manejo simple; teniendo como resultado productos de alta calidad cartográfica. También resultan rentables estos módulos para el Grupo Adquisición de Blancos, que le permite no solo localizar blancos e identificarlos, sino sobrevolar grandes espacios vacíos localizando en ellos las amenazas existentes.

La implementación de esta tecnología permite obtener datos geográficos actualizados, interoperabilidad geográfica, cartografía y ortomosaicos dinámicos.

Estos vectores resultan ser multiplicadores del poder de combate, ofreciendo nuevas posibilidades antes inexistentes, y obteniendo diversas ventajas sobre el enemigo, de las que se destaca la captura de datos geográficos y la superioridad de la información.

Por la forma de obtener la información geográfica, la situación real de la zona de responsabilidad, los reducidos tiempos que emplea para realizarlos, y los tiempos de respuesta que puede brindar la información, se puede decir que ha llegado:

LA HORA DE LOS DRONES

7.2

Estudio de vigilancia tecnológica sobre Light Detection and Ranging. Lidar

Por el Capitán de Ingenieros Víctor Julián Díaz *

"Los que no puedan mantener el ritmo de la revolución tecnológica, se encontrarán con que ellos mismos se han vuelto obsoletos."
Neville Katherine, "Riesgo Calculado", 1992.

ABSTRACT

La adquisición de información remota o "teledetección", de objetos y fenómenos por medio de equipos o instrumentos específicos ha evolucionado de manera exponencial en estas últimas décadas. En mayor medida, el avance de la electrónica y la notable reducción y simplificación de sus componentes permitieron que este tipo de equipos fuera transportable y fácil de utilizar, por lo que se comenzó a equipar masivamente toda clase de vehículos y estructuras con diferentes tipos de aparatos, capaces de medir lo que necesitemos con un cierto grado de certeza. Aviones, satélites, naves espaciales, boyas, barcos e incluso drones, autos y personas son algunos de los medios utilizados, y en cuanto a estructuras, las que nos imaginemos.

Tengamos en cuenta que los sensores remotos pueden detectar varios tipos de energía pero el más común para la obtención de datos de la superficie terrestre u objetos es la de la distribución de energía dentro del "Espectro electromagnético" (EEM). La luz visible, los rayos X, los rayos ultravioleta, y los infrarrojos son algunas de las formas de la "radiación electromagnética" (REM) cuya comprensión de cómo se generan, modifican y propagan a lo largo de un camino, nos permite entender el principio de funcionamiento de los sensores remotos.

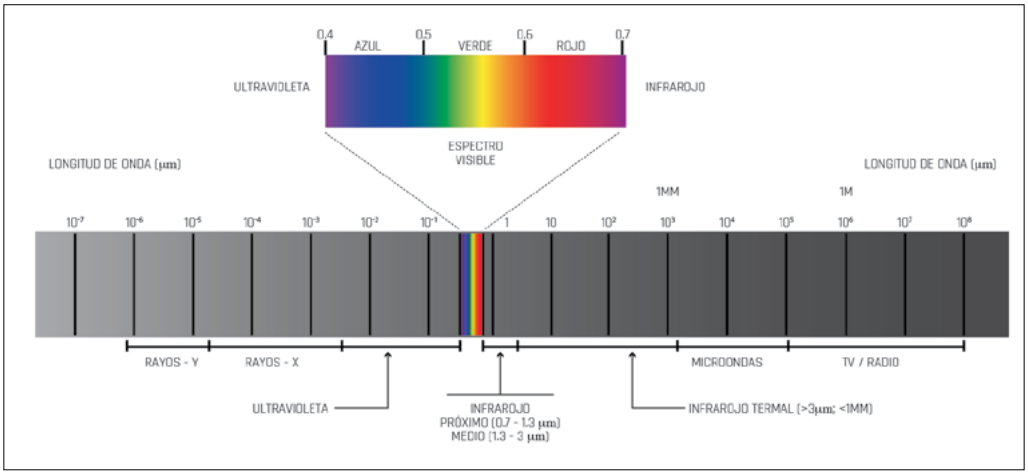
El espectro electromagnético (EEM)[1] es la distribución de radiación electromagnética según la energía. En otras palabras, recordemos que esa REM se traslada en forma de onda electromagnética y, por ende, el EEM es el rango que cubre todas esas longitudes de onda. (Fig. 1 "Espectro Electromagnético").

En este artículo trataremos con un sensor remoto en particular, el LiDAR, el cual opera en longitudes de onda visible e infrarroja cercana y cuyo potencial tecnológico no parece alcanzar un desarrollo definitivo, en el corto plazo. Sus posibles aplicaciones son de carácter multidis-

1 Perez, Daniel J. "Introducción a los sensores remotos – Aplicaciones en Geologia.", UBA, 2007. Disponible en http://aviris.gl.fcen.uba.ar/Curso_SR/Guia_Curso_sr_2007.pdf

ciplinario y modifican levemente la estructura constructiva pero mantienen la simpleza de su principio de funcionamiento.

FIGURA 1: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO (EEM)



FUENTE: HTTP://AVIRIS.GL.FCEN.UBA.AR/CURSO_SR/ GUIA_CURSO_SR_2007.PDF

ESTADO DEL ARTE

El origen del LiDAR comienza mucho antes de la invención misma del láser. Durante la década de 1930, Edward Hutchinson SYNGE[2], físico irlandés, propuso medir los perfiles de densidad de aire en la atmósfera superior y determinar la intensidad de dispersión de los haces de un reflector. Escaneando el campo receptor de visión desde un telescopio distante a varios kilómetros, a lo largo del haz de luz se podía obtener (medir) su altura. Los perfiles de luz en altitud se grababan en películas fotográficas. Esto se definió como configuración bi-estática. En 1938 se utilizaron pulsos de luz para medir la altura de la base de la nube. Al cambiar la tecnología de generación de haces de luz, por chispas eléctricas y lámparas flash, se permitió que el sistema biestático sea reemplazado por un sistema monoestatico donde el transmisor y el receptor se encontraban juntos y permitían determinar la altura a través de una deducción activa de la medición de ida y de vuelta entre la emisión del pulso de luz y la señal de detección.

En la década de 1950 *los refinamientos en la técnica y mejora del instrumental se llevaron a cabo al incluir grabado electrónico de la luz retroesparcida, lo que permitió medir perfiles de densidad atmosférica arriba de altitudes de 67 km*[3]. En 1953, William Edgar Knowles MIDDLETON (Científico), y Athelstan Frederick SPILHAUS (Geofísico y Oceonógrafo)[4], introdujeron el acrónimo de LiDAR. De esta manera, con el avance de los años, en 1963, se publicaron observaciones atmosféricas con un láser de rubí[5] cuyos autores fueron el Dr. Giorgio FIOCCO (Físico) y el Profesor

2 Synge, E. H. (1930). "A method of investigating the higher atmosphere". *Philosophical Magazine.* Series 7. 9 (60): 1014. ISSN 1941-5982

3 E. R. Lara, Y. E. B. García, J. A. D. Pintle, M. R. Marín, 2017. " Monitoreo ambiental a través de luz láser: radar óptico", http://saberesyciencias.com.mx/2017/06/04/monitoreo-ambiental-a-traves-de-luz-laser-radar-optico/

4 W.E.K. Middleton, A.F. Spilhaus. (1953). Meteorological Instruments. Toronto: University of Toronto Press,

5 Woodbury, E. J.; Congleton, R. S.; Morse, J. H.; Stitch, M. L. (1961). "Design and operation of an experimental Colidar". IRE WESCON *Convention, August.*

Louis D. SMULLIN (Licenciado en Ingeniería Eléctrica). El nuevo dispositivo, llamado CoLiDAR (Detección y Alcance Coherente de la Luz) fue utilizado para detectar ecos de la luna[6]. (Fig 2. "Proyecto Luna See")

FIG. 2: "PROYECTO LUNA SEE". DE IZQUIERDA A DERECHA. PROFESOR LOUIS D. SMULLIN, DR. STANLEY KASS Y EL DR. GIORGIO FIOCCO. PRIMERA VEZ QUE EL ESPACIO ES ATRAVESADO POR UNA LUZ LÁSER. EL EXPERIMENTO ES LLEVADO A CABO EN LEXINGTON, MASSACHUSETTS, LOS DÍAS 9, 10 Y 11 DE MAYO DE 1962.



FUENTE: HTTP://WWW.K3PGP.ORG/LASEREME.HTM

Diez años más tarde el primer texto de LiDAR es publicado por E.D. HINKLEY[7], en el que se demostraron las técnicas de su implementación. El progreso en la tecnología óptica y electrónica devino con el éxito del potencial del LiDAR. El desarrollo del láser en su campo comercial y de investigación permitió evolucionar en sus usos teniendo en cuenta ciertas especificaciones para las cuales se lo quería concebir. Las diferentes características como potencia del láser, su longitud de onda, el ancho del pulso, forma del haz y su pureza espectral creaban una variada gama de opciones para fines específicos. Al mismo tiempo, avanzaron los detectores para una amplia región de longitudes de onda como también los sistemas de adquisición de datos y ordenadores que procesaban los volúmenes de información. La innovación tecnológica ha permitido mejorar la calidad en el uso del LiDAR y de la explotación misma de su información de una manera excepcional.

El mayor uso científico de LiDAR está en la medición de las propiedades de la atmósfera de la tierra, mientras que el mayor uso comercial de LiDAR está en topografía y la medición de profundidades en agua (batimetría)[8]. Ha sido utilizado enormemente en la determinación de los componentes de la atmósfera (Fig 3 y 4)[9], (principalmente gases de efecto invernadero), y a su vez, en

FIGURA 3: LIDAR ATMOSFÉRICOS

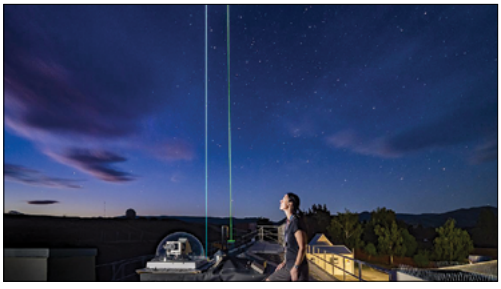


FOTO: DAVE ALLEN - FUENTE: HTTPS://WWW.ODT.CO.NZ/REGIONS/CENTRAL-OTAGO/LIGHTING-NIGHT-SKY

FIGURA 4: LIDAR ARGENTINO

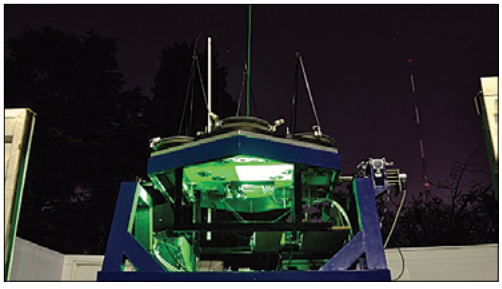


FOTO: CITEDEF - FUENTE: HTTP://MAQUINA-DE-COMBATE.COM/BLOG/?P=50031.

6 Smullin, Ld; Fiocco, G. (1962). "Optical Echoes from Moon". Nature. 194 (4835): 1267–. ISSN 0028-0836

7 E.D. Hinkley, ed., Laser Monitoring of the Atmosphere (Springer, Berlin 1976)

8 E. R. Lara, Y. E. B. García, J. A. D. Pintle, M. R. Marín, 2017. " Monitoreo ambiental a través de luz láser: radar óptico", Fuente: http://saberesyciencias.com.mx/2017/06/04/monitoreo-ambiental-a-traves-de-luz-laser-radar-optico/

9 "Lighting up the night sky", Otago Daily Times, 2016.Fuente: https://www.odt.co.nz/regions/central-otago/lighting-night-sky

la determinación de variables de estado atmosféricas como la presión, humedad, temperatura, viento, aerosoles y nubosidad. También, el estudio global del agotamiento estratosférico de la capa de ozono y la clasificación de nubes polares estratosféricas se deben en gran medida a la técnica LiDAR. Con ella, se ha podido comprobar la existencia de capas de iones y átomos metálicos en la mesosfera.

En cuanto a lo topográfico, existe una gran cantidad de productos de los cuales sobresalen los modelos de elevación. Estos permiten conocer la superficie terrestre con una precisión elevada gracias a las bondades del sistema y al análisis de las características de los pulsos láser. No solo contamos con los datos de cantidad de pulsos, sino que ahora podemos analizar su intensidad, a diferentes ángulos y con la capacidad de contar con más de una reflexión por parte de un solo pulso. (hasta 5 retornos). De esta manera, combinando las distintas posibilidades, obtenemos modelos en los que se identifican fácilmente los sectores con vegetación alta y media, espejos de agua, zonas urbanas, caminos, techos, cableados, etc.

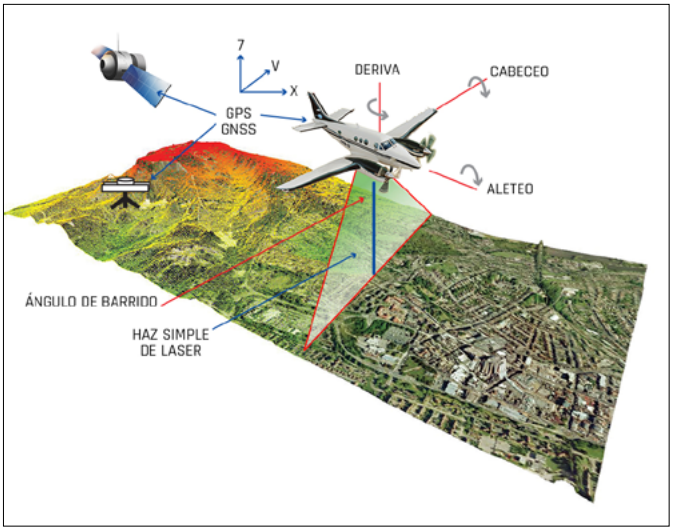
Existen muchas definiciones respecto de ¿Qué es la tecnología LiDAR?, ¿Cómo se utiliza?, ¿De qué forma se procesa la información? e incluso ¿Qué tipos de productos se obtienen? Lo importante de esta tecnología va más allá de lo que se esté realizando en la actualidad, su uso es multidisciplinario, y es ahí donde la fortaleza y versatilidad del sistema adquiere una relevancia muy importante por un simple detalle: los elementos que componen al sistema LiDAR evolucionan año tras año, no solo aumentan su precisión y disminuyen su tamaño físico, sino que agregan un mayor número de tareas posibles a la cantidad ya existente.

LIDAR. SISTEMAS

Es un ***sistema*** (Fig.5, 6,7) activo de detección remota que utiliza luz en forma de láser pulsado para medir distancias. Este sistema está formado por el sensor LiDAR, una Unidad de Medición Inercial (IMU/IRS), un GPS/GNSS, un ordenador de a bordo y dispositivos de almacenamiento.

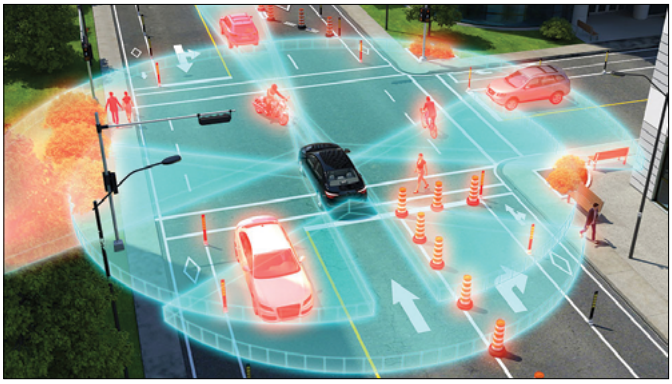
LiDAR es el acrónimo de ***Light Detection And Ranging*** traducido como "*Detección de luz y su alcance*". Asimismo, en el ámbito militar es conocido como LaDAR, ***Laser Detection And Ranging***, *"Detección de láser y su alcance"*. La tecnología de su implementación refiere a la teledetección, por medio de escáneres, de intensos haces de luz enfocados donde se calcula el tiempo de vuelo (TOF – Time Of Flight) de esas reflexiones. De esta manera, *"conociendo la velocidad del mismo, las características angulares con las que fue emitido, y la diferencia de tiempos entre el rayo emitido y el reflejado se puede determinar de manera sencilla la distancia a la que se encuentra*

FIGURA 5: SISTEMA AÉREO LIDAR



el obstáculo/objeto con el que el rayo impactó. (García, 2012, pág.6)"[10]. Esta tecnología es análoga a la utilizada en el Radar, excepto que se basa en pulsos discretos de luz láser.

FIGURA 6: LIDAR TERRESTRE MÓVIL (VEHÍCULO)



FUENTE: HTTP://WWW.SMART2ZERO.COM/NEWS/SOLID-STATE-LIDAR-VENDOR-PLANS-NEXT-GEN-ICS-AUTONOMOUS-CARS

FIGURA 7: LIDAR TERRESTRE MÓVIL (INDIVIDUO)



FUENTE: HTTP://WWW.INDOORREALITY.COM/PRODUCTS/

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

Componentes

Escáner/ dispositivo laser

El componente principal es el escáner láser (Laser Scanner), el cual se encarga del barrido/ escaneo con pulsos láser sobre una superficie determinada. Los sensores que dispone el escáner permiten detectar los rebotes de las emisiones hechas y, de esta manera, obtener la distancia a las superficies. Ese dispositivo es un fotodetector que lee y registra la señal que se devuelve al sistema.

Otro componente principal es un sistema de espejos que varía la dirección del láser de manera rápida y eficiente según el tipo de barrido a realizar. Estos espejos se mueven a gran velocidad.

Ambos componentes se encuentran dentro de una cápsula resistente con apertura frontal de donde son emitidos y recibidos los pulsos láser. (Fig. 8: Dispositivo láser[11]). En su lateral presentan las conexiones de alimentación y de comunicación.

FIGURA 8: DISPOSITIVO LÁSER



10 Jesus Sabchez García, "Sistema LiDAR integrado en un UAV para la generación de modelos digitales del terreno", Proyecto Fin de Carrera, 2012

11 Fig.8: Dispositivo Láser. Sánchez García Jesús,"SISTEMA LIDAR INTEGRADO EN UN UAV PARA LA GENERACIÓN DE MODELOS DIGITALES DEL TERRENO", Proyecto Fin de Carrera,2012.Pagina 23.

El láser es clasificado por su longitud de onda emitida y los más comunes, para propósitos no científicos, oscilan entre los 600-1000nm. La potencia se limita para una mayor seguridad dado que los láseres pueden ser enfocados y fácilmente absorbidos por el ojo. Aquellos con una longitud de onda de 1550nm son una alternativa común para niveles de potencia más altos y tenemos la seguridad de que son seguros para los ojos, su desventaja principal, a pesar de tener un mayor alcance, es la de tener una menor precisión. Sin embargo, esta longitud de onda no se muestra en los visores nocturnos, lo que nos otorga una ventaja para las aplicaciones militares.

Ordenador o Computadora

Este equipo procesa rápidamente la recepción de los pulsos de luz recibidos. Se necesita no solo contar con un Hardware apropiado, sino que el Software de trabajo debe de ser apto para operar según las especificaciones del equipo. Por lo general, los dispositivos LiDAR vienen con un programa predeterminado por las mismas empresas que lo desarrollan.

GNSS "Global Navigation Satellite Systems" diferencial

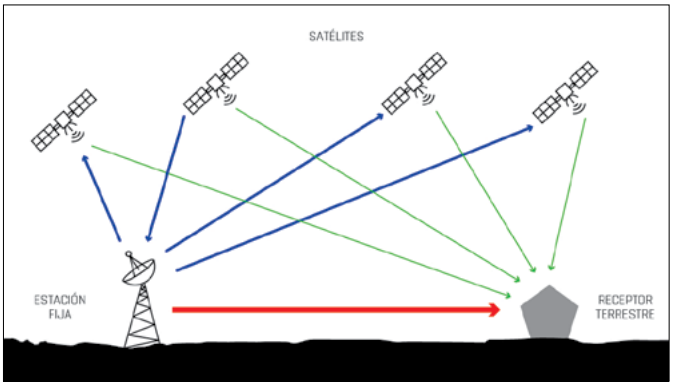
El GNSS es un sistema pasivo de navegación basado en satélites emisores de radiofrecuencias que proporcionan un marco de referencia espacio-temporal a nivel mundial. Este término engloba todas las técnicas de posicionamiento a través de satélites y los sistemas que conforman, (Sistema GPS, Sistema GLONAS, Sistema GALILEO), cuyas señales son compatibles entre sí. De esta manera, el equipo LiDAR cuenta con un equipo de georreferenciación.

Necesitamos cuatro satélites para determinar nuestra posición con relativa precisión. Tengamos en cuenta que los relojes de los satélites no están sincronizados, por lo general, con el receptor, por lo que las distancias medidas a un punto específico pueden convertirse en un pequeño volumen. El cuarto satélite proporciona al receptor una referencia de tiempos con respecto a los otros satélites y corregir esa diferencia otorgando una mayor precisión de la posición. Si tenemos más de cuatro satélites **"visibles"**, obtendremos una mejora de la precisión en el orden del metro de error.

Los GNSS diferenciales (Fig. 9 "GNSS Diferencial"), utilizan estaciones fijas cuya ubicación dispone de una precisión conocida muy elevada (calculada y compensada con distintos métodos). De esta manera, las estaciones fijas proporcionan correcciones que permiten determinar con mayor precisión la ubicación del receptor cuyo error se encuentra en el orden de los centímetros.

Una de las ventajas de los sistemas GNSS/GPS, es que no arrastran errores en sus mediciones porque constantemente realizan cálculos con datos nuevos según el tiempo establecido para tal fin.

FIGURA 9: GNSS DIFERENCIALES



Inertial Navegation System (INS) / Inertial Measurement Unity (IMU)

Sistema de Navegación Inercial (INS): Es una técnica de navegación autónoma en función a un punto de partida, orientación y velocidad conocida. La gran ventaja es que no requiere referencias externas para determinar su posición, orientación o velocidad una vez que se ha inicializado. Su desventaja es el arrastre de error de sus mediciones a lo largo de su trayecto y, por ende, de sus cálculos.

Este sistema que utiliza un ordenador, sensores de movimiento, como el acelerómetro, y sensores de rotación, como el giroscopio, para calcular de manera continua desde una posición origen de referencia, la velocidad, la posición y la orientación del momento sin necesidad de una referencia o señal externa.

Unidad de Medición Inercial (IMU): Es un dispositivo electrónico que mide y determina la fuerza específica de un cuerpo, la velocidad angular y, a veces, el campo magnético que rodea al cuerpo, usando una combinación de acelerómetros, giroscopios y magnetómetros. Se usan típicamente para maniobras de aviones, UAVs, misiles, submarinos, buques, naves espaciales, satélites y/o Landers.

"La IMU por sí sola no proporciona ningún tipo de solución de navegación (posición, velocidad, actitud). Sólo actúa como un sensor, en oposición al INS (Inertial Navigation System) que integra las mediciones de su IMU interno para proporcionar una solución de navegación."[12] Es decir, el (INS) usa una IMU para formar un sistema de navegación autónomo usando mediciones proporcionadas por la IMU para rastrear la posición, velocidad y orientación de un objeto con relación a un punto de partida, orientación y velocidad.

CLASIFICACIÓN

El sistema puede ser Terrestre o Aerotransportado.

Sistema Terrestre

Los podemos diferenciar en los sistemas estáticos o móviles.

Estático: El equipo se puede encontrar sobre una estructura de diferentes materiales. Puede ser un trípode (Fig. 10 "LiDAR Fijo sobre trípode"), una estructura de hormigón, aerogeneradores (Fig. 11 "Aerogenerador asistido por LiDAR"), torres de observación meteorológica u observatorios astronómicos.

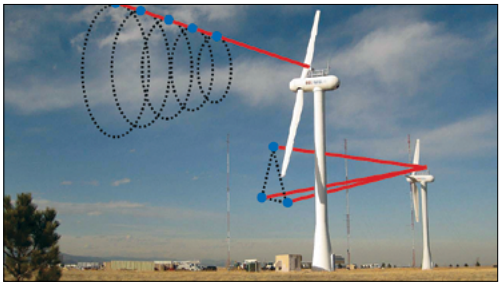
FIGURA 10: LIDAR FIJO SOBRE TRÍPODE



FUENTE:HTTP://WWW.MAPTEK.COM/PRODUCTS/I-SITE/I-SITE_8200.HTML.

12 © VectorNav Technologies, LLC, "Inertial Measurement Units and Inertial Navigation". Fuente: https://www.vectornav.com/support/library/imu-and-ins

FIGURA 11: "AEROGENERADOR ASISTIDO POR LIDAR"



FUENTE:HTTPS://WWW.IEAWINDTASK32.ORG/ABOUT/OBJECTIVES/LOADS-AND-CONTROL/

En los aerogeneradores, se utiliza para aumentar el rendimiento de energía y reducir las cargas estructurales producidas por el cambio de dirección del viento. Con el control asistido por LiDAR, la información de las perturbaciones entrantes (viento), puede ser anticipada.

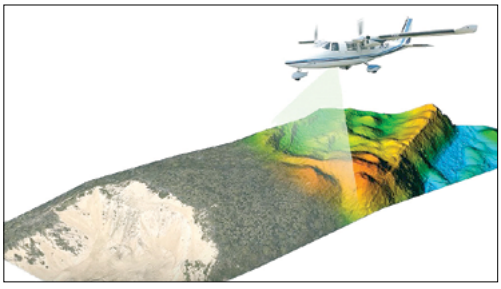
Móvil: El equipo se ubica sobre un medio de transporte según la finalidad de la tarea. Al ser terrestre, puede ser un auto/camioneta, vehículo militar, vehículos autónomos, etc., todo según la finalidad de los trabajos.

Por ejemplo, los vehículos terrestres autónomos, utilizan LiDAR, para ubicarse dentro de las calles y tener referencias respecto de otros vehículos, personas, objetos o estructuras y, de esta manera, no necesitar de un conductor que guíe al mismo. Respecto del campo de la Ingeniería civil, Arqueología, Ingeniería en Agrimensura, podemos utilizar equipos portátiles para determinar las características internas de una edificación, caverna o estructura.

Sistema Aerotransportado

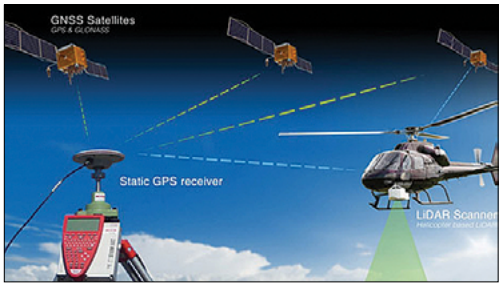
Puede ser un avión/ helicóptero, (Fig. 12 "LiDAR sobre avión", Fig.13 "LiDAR sobre helicóptero") o drones, para mediciones sobre la superficie de la tierra o para determinar composiciones de las sustancias atmosféricas.

FIGURA 12: "LIDAR SOBRE AVIÓN"



FUENTE: HTTPS://WWW.ATLASS.COM.AU/

FIGURA 13: "LIDAR SOBRE HELICÓPTERO"



FUENTE: HTTPS://WWW.YAABOT.COM/23639/LIDAR-UNVEILED-EXISTENCE-ENTIRE-CAMBODIAN-CITY/

Por lo general, estos sistemas LiDAR se diferencian por ser topográficos o batimétricos.

Topográfico

Es un instrumento aéreo que dispara una gran cantidad de pulsos de láser al suelo y registra la señal de retorno que se refleja en la superficie. Tiene la capacidad única de penetrar en la vegetación y capturar el suelo bajo los árboles de los bosques. Midiendo la demora entre el

pulso saliente y el pulso entrante, obtenemos la distancia al suelo. Al conocer la posición y la orientación de la aeronave al mismo tiempo, es posible determinar las coordenadas espaciales de cada punto registrado y proporcionar una nube de puntos topográficos.

La mayoría opera en el rango de longitudes de onda del infrarrojo cercano (780 a 1400 nm.) y la frecuencia de emisión de pulsos es de 300000 Hz. (1 pulso por Hz) Necesita de una fuente de energía normal para operar.

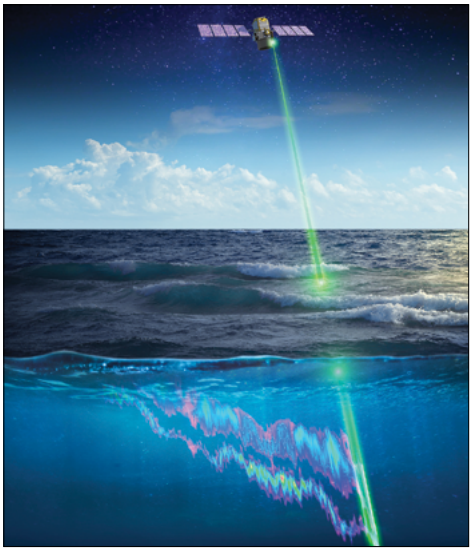
Batimétrico

Hace más de 50 años que el sistema LIDAR Hidrográfico Aerotransportado (ALH) ha estado en desarrollo. Uno de los más avanzados hoy en día es el "Scanning Hydrographic Operational Airborne Lidar Survey", o sistema **SHOALS**, el cual, ha sido descripto como uno de los más versátiles y es propiedad del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos.

Utiliza dos pulsos láser, uno en longitudes de onda del infrarrojo (780 a 10000 nm.) que es reflejado por la superficie del agua y el otro pulso láser en la longitud de onda del azul (470 nm) o verde (500 a 550 nm), el cual penetra la superficie del agua y es reflejado desde el fondo. La diferencia de tiempo de ambos pulsos permite el cálculo de profundidad. La frecuencia de emisión de pulsos es baja, aproximadamente 400 Hz. y necesita una gran fuente de energía para poder penetrar el agua. (aproximadamente 50 m.)

También, la disposición de sistemas LiDAR sobre satélites (Fig.14 "Sistema LiDAR con Polarización Ortogonal"), ha sido de gran ayuda para comprender distintos fenómenos atmosféricos, el comportamiento de las masas de aire en la atmósfera y sus desplazamientos, la composición de la atmósfera y sus proporciones, estudios gravimétricos de la tierra, anomalías del campo de gravedad de la tierra, estudios batimétricos sobre espejos de agua, estudios de los ciclos del fitoplancton en los océanos y más.

FIGURA 14: "SISTEMA LIDAR CON POLARIZACIÓN ORTOGONAL (CALIOP)"



FUENTE:HTTPS://WWW.IEAWINDTASK32.ORG/ABOUT/OBJECTIVES/LOADS-AND-CONTROL/

"El sistema LiDAR de la NASA, montado sobre un satélite de órbita polar permite medir las concentraciones de plancton en los océanos y mares.

La dificultad de comprender el comportamiento del ciclo de producción del plancton en zonas polares hizo necesaria la implementación de un sistema LiDAR con Polarización ortogonal (CALIOP), con un sensor infrarrojo de observación (CALIPSO).

El problema principal de las zonas polares es la poca reflexión de la luz solar incidente y la constante presencia de nubes que evitan la reflexión. El sistema LiDAR emite su propia luz y permite trabajar tanto de día como de noche, e incluso atravesar las nubes que se posan sobre superficies por encima del agua.

Precisiones

El sistema LiDAR está determinado por varios componentes. Cada uno de ellos con un error propio de sus limitaciones. El GPS/GNSS, la IMU/INS o el láser tienen errores conocidos y pueden ser determinados. Otras variables como el planeamiento del vuelo, las condiciones del vuelo, los efectos atmosféricos, la forma (ondulaciones) del terreno y la vegetación que lo cubre deben ser tenidas muy en cuenta al momento de realizar un trabajo.

Para sistemas topográficos[13], las exactitudes típicas son las siguientes.

EXACTITUD	MEDIDA	CARACTERISTICA
VERTICAL	+/- 0.15 metros	superficies firmes y terreno abierto
	+/- 0.25 metros	superficies blandas o con vegetación, terreno llano
	+/-0.30 a 0.50 metros	superficies blandas o con vegetación, terreno de colinas
HORIZONTAL	+/- 0.50 a 0.75 metros	------

Asimismo, hay que tener en cuenta otros factores como la altura del vuelo y la divergencia de los rayos.

Para sistemas SHOALS[13], las exactitudes típicas son las siguientes.

EXACTITUD	MEDIDA	CARACTERISTICA
VERTICAL	+/- 0.15 metros	Depende de la turbidez del agua
HORIZONTAL	+/- 3.0 a 15 metros	------

Los niveles de calidad[14] que a continuación se muestran son los establecidos por la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS), adoptados por Estados Unidos y gran cantidad de países de Europa.

NIVEL DE CALIDAD (QL)	ESPACIADO DE PULSO NOMINAL AGREGADO (ANPS) (m)	DENSIDAD DE PULSO NOMINAL AGREGADO (ANPD) (pls/m^2)
QL 0	≤0.35	≥8.0
QL 1	≤0.35	≥8.0
QL 2	≤0.71	≥2.0
QL 3	≤1.41	≥0.5

13 Tabla 1- Fuente. "El Sistema Lidar" y Tabla 2 – "Precisiones del sistema SHOLAS", Facultad de Ingenieria, Universidad de la República del Uruguay,2003. Fuente: https://eva.fing.edu.uy/.../IA_DeptGeom_TCI24_20_El%20Sistema%20LIDAR.pdf?

14 Heidemann Hans, Tabla 3 , "LiDAR Base Specification", USGS, 2014. Fuente: https://drive.google.com/drive/folders/0Bx7B6e9CIQTmNHl4bmU5eEVKZDQ

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Principio de Funcionamiento

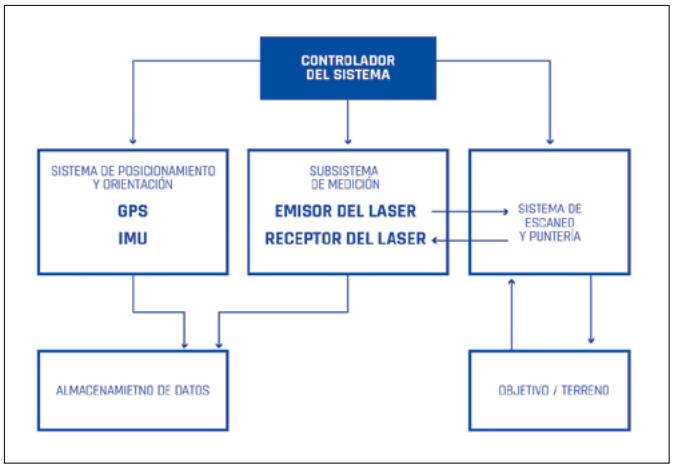
Un dispositivo láser escanea el objeto tridimensional y genera una nube de puntos, "Point Cloud". Cada punto de escaneo tiene una ubicación medida en un espacio 3D, dentro de algún error de medición, que típicamente se registra en relación con un punto (x, y, z) en el sistema de coordenadas local del escáner.

El escáner está conformado por un emisor, un receptor y un detector.

El emisor de un sistema LiDAR es un aparato que genera el láser y el receptor incluye un equipo óptico. Se pueden emplear diferentes tipos de láser para el emisor, dependiendo de la potencia y la longitud de la onda electromagnética. La emisión del laser se produce cuando la electricidad con un alto voltaje hace que un tubo de destello de cuarzo emita un estallido de luz intensa, que excita algunos de los átomos de un cristal de rubí a niveles de energía más altos. En un nivel de energía específico, algunos átomos emiten partículas de luz llamadas fotones. Al principio, los fotones se emiten en todas las direcciones. Los fotones de un átomo estimulan la emisión de fotones de otros átomos y la intensidad de la luz se amplifica rápidamente. Los espejos en cada extremo reflejan los fotones hacia adelante y hacia atrás y continúan este proceso de emisión y amplificación estimulada. Los fotones salen a través del espejo parcialmente plateado en un extremo, y estos fotones comprenden la emisión de luz láser. Los fotones son energía; por lo tanto, cuando se cruzan dos rayos láser, la mayoría de los fotones pasarán a través del haz de intersección y continuarán en el mismo curso que antes cruzaron.

El receptor de un sistema LiDAR detecta las ondas de luz dispersadas de vuelta al receptor por objetos en el camino de los fotones de la emisión del láser emisor. El detector registra la luz dispersa recibida por el receptor a intervalos de tiempo fijos. Generalmente se usan detectores sensibles llamados tubos fotomultiplicadores para detectar las ondas de luz retrodispersadas. Los tubos fotomultiplicadores inicialmente convierten los cuantos individuales de luz, o fotones, recibidos por el receptor en corrientes eléctricas, y luego convierten las corrientes eléctricas en fotocopias digitales que pueden almacenarse y procesarse en una computadora. Las corrientes eléctricas generadas por los receptores están normalmente en el rango de picoamperios.

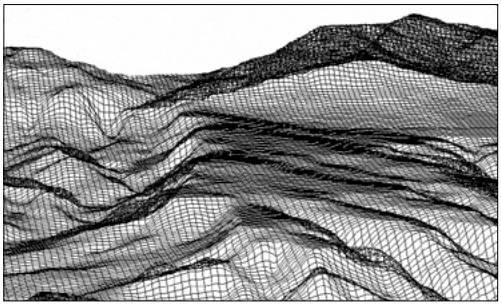
Los fotoconteos recibidos por el receptor se pueden registrar por intervalos de tiempo fijos durante el impulso de retorno de los fotones. Los tiempos se pueden convertir en alturas verticales sobre el suelo porque la velocidad de la luz es una constante conocida. Se puede determinar un intervalo de rango a partir de un tiempo de impulso de retorno. Los fotoconteos de distancias cortas, Range-gated photocounts, (por ejemplo, los fotoconteos que se encuentran dentro de un intervalo de rango pequeño) pueden almacenarse y analizarse en una computadora.



Los avances tecnológicos de escaneo LiDARhan dado la capacidad de recolectar miles de millones de muestras de puntos en superficies físicas, ya sea sobre objetos pequeños como en grandes áreas en cuestión de horas.

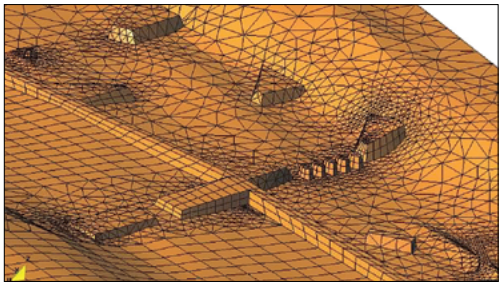
Es poco frecuente que la Point Cloud se revise y texturice directamente; por lo general, se convierten en modelos de mallas poligonales (Fig. 15 "Mallas poligonales") o mallas triangulares irregulares (Fig. 16 "Mallas triangulares irregulares"), modelos de superficie NURBS (Fig. 17 "Superficie NURBS"), o modelos de CAD (Fig. 18 "Modelo CAD"), mediante una reconstrucción de superficie.

FIGURA 15: "MALLAS POLIGONALES"



FUENTE:HTTP://WWW.UM.ES/GEOGRAF/SIGMUR/TEMARIOHTML/NODE24_CT.HTML

FIGURA 16: "MALLAS TRIANGULARES IRREGULARES"



FUENTE: HTTP://WWW.ELSEVIER.ES/PT-REVISTA-REVISTA-INTERNACIONAL-METODOS-NUMERICOS-CALCULO-338-ARTICULO-IBER-HERRAMIENTA-SIMULACION-NUMERICA-DEL-S0213131512000454

- **Mallas poligonales:** *Es una superficie creada mediante un método tridimensional generado por sistemas de vértices posicionados en un espacio virtual con datos de coordenadas propios. Existen diversos sistemas y algoritmos de creación. Una malla se construye a partir de un mínimo de 3 vértices llamada cara que es la unidad básica de todo polígono tridimensional.*[15]
- **Mallas triangulares irregulares:** Las "Triangular Irregular Net" (TIN), *son una forma de datos geográficos digitales basados en vectores y se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices (puntos). Los vértices están conectados con una serie de aristas para formar una red de triángulos.*[16]
- **NURBS:** B-splines racionales no uniformes, *esto es un modelo matemático muy utilizado en la computación gráfica para generar y representar curvas y superficies.*[17]
- **CAD:** Computer-aided design: *Es un sistema de hardware y software utilizado por los diseñadores profesionales para diseñar y documentar objetos del mundo real. Los sistemas CAD generan datos digitales. Los datos CAD sirven para varios propósitos, desde un plan de diseño que se imprime como un dibujo o presenta como un documento legal, hasta un repositorio para información de la obra en curso.*[18]

---

15 "Malla poligonal", Wikipedia, 2016. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Malla_poligonal.

16 "Red irregular de triángulos", Wikipedia, 2017. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Red_irregular_de_tri%C3%A1ngulos

17 "NUERBS", Wikipedia, 2017. Fuente:https://es.wikipedia.org/wiki/NURBS

18 Alonso,"El modelo conceptual. Entidades y variables", 2006. Fuente: http://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/ node24 ct.html

FIGURA 17: "SUPERFICIE NURBS"

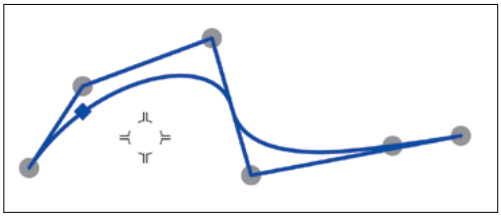
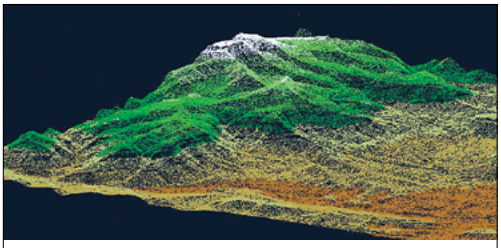


FIGURA 18: "MODELO CAD"



FUENTE: ALONSO,"EL MODELO CONCEPTUAL. ENTIDADES Y VARIABLES", 2006.
FUENTE: HTTP://WWW.UM.ES/GEOGRAF/SIGMUR/TEMARIOHTML/ NODE24 CT.HTML

PRODUCTOS

Es muy importante el hecho de que los datos obtenidos por el LiDAR son adquiridos, procesados y entregados en formato digital, por lo que trabajar sobre estos es muy fácil, lo que permite cubrir un amplio rango de necesidades.

AMBITO CIVIL

PRODUCTOS	DESCRIPCION
AGRICULTURA	Determinar en qué áreas de los campos se deben aplicar fertilizantes, salud de la siembra, crear un mapa topográfico de los campos y revelar las pendientes y la exposición al sol de la tierra de cultivo.
ARQUEOLOGÍA	Planificación de campañas de campo, el mapeo de características bajo el dosel del bosque y la presentación de una descripción general de características continuas que pueden ser indistinguibles en el terreno.
VEHÍCULOS AUTÓNOMOS	Para la detección y elusión de obstáculos con el fin de navegar en forma segura a través de entornos, utilizando el láser LiDAR giratorio.
BIOLOGÍA Y CONSERVACIÓN	Con LiDAR aerotransportados se puede determinar las alturas de las copas, las mediciones de la biomasa y el área de las hojas se pueden estudiar.
GEOLOGÍA Y CIENCIA DEL SUELO	Detectar sutiles características topográficas, como terrazas fluviales y bancos de canales fluviales, para medir la elevación de la superficie terrestre bajo el dosel de vegetación, para resolver mejor las derivadas espaciales de la elevación y para detectar cambios de elevación entre repeticiones.
LA TELEDETECCIÓN ATMOSFÉRICA Y LA METEOROLOGÍA	Mediciones que incluyen perfilar nubes, medir vientos, estudiar aerosoles y cuantificar diversos componentes atmosféricos.
APLICACIÓN DE LA LEY	Pistolas de velocidad LiDAR utilizadas por la policía para medir velocidades.
MINERÍA	Para el cálculo de los volúmenes o detección y elusión de obstáculos para vehículos de minería robótica.

CONTINÚA EN PAGINA 226 ›

AMBITO CIVIL

PRODUCTOS	DESCRIPCION
FÍSICA Y ASTRONOMÍA	Medición de la posición de la luna con precisión milimétrica, levantamiento topográfico mundial de Marte y detección de nieve sobre su superficie. Determinación de los perfiles de densidad y temperatura del plasma en el electrón. Medición de las densidades de ciertos componentes de la atmósfera media y superior, medición de la velocidad del viento y para proporcionar información sobre la distribución vertical de las partículas de aerosol.
ROBÓTICA	Percepción del entorno y la clasificación de objetos.
TOPOGRAFÍA	Crear un DTM (Modelo de terreno digital) o DEM (Modelo de elevación digital); práctica común para áreas grandes. Un avión puede adquirir franjas de 3-4 km de ancho en un solo paso elevado. Precisión vertical de menos de 50 mm con un paso elevado menor, en bosques, donde da la altura del follaje así como la elevación del terreno.

OTRAS: Vigilancia e Inteligencia Táctica, Batimetría y detección de objetos, Aplicaciones móviles y estacionarias, Gestión de desastres, Aterrizaje y atraque, Imágenes en 3D.

AMBITO MILITAR

PRODUCTOS	DESCRIPCION
AN/AES-1 - SISTEMA AEROTRANSPORTADO DE DETECCIÓN DE MINAS MEDIANTE LÁSER, (ALMDS)	Primer sistema electro-óptico aerotransportado de contramedidas contra minas que va a entrar en servicio; ha sido diseñado para detectar, clasificar y localizar con precisión minas flotantes y minas ancladas a poca profundidad, utilizando un sensor que permite detectar y medir la distancia a un objeto mediante luz láser (LIDAR) instalado en un lateral del helicóptero MH-60S de la Armada.
LIDAR EN 3-D DE LARGO ALCANCE	El avance de las tecnologías de imágenes tridimensionales y LiDAR significa una mejora significativa para la identificación, el seguimiento y la vigilancia de objetivos, en operaciones militares.
LIDAR PARA PLATAFORMAS AEROTRANSPORTADAS TRIPULADAS Y NO TRIPULADAS PARA MAPEO TÁCTICO	El Ejército de Estados unidos busca implementar un sistema que ofrezca una resolución de 30 centímetros desde altitudes de al menos 5500 metros sobre el nivel del suelo, con tasas de punto de 500,000 a 6.5 millones de puntos de producto final por segundo. Debe tener una franja variable de 200 metros o menos a 1 kilómetro o más, con rangos oblicuos de 7620 metros.
SENSOR DE DETECCIÓN DE AMENAZAS DE BIOAEROSOL DE CORTO ALCANCE (SR-BIOSPECTRA)	SR-BioSpectra es el último prototipo de detector biológico diseñado por INO. SR-BioSpectra es un lidar espectrométrico compacto de corto alcance basado en la fluorescencia inducida por láser (LIF) que aborda la presencia de bio-amenazas en aerosoles sobre lugares críticos de interiores, semicerrados y al aire libre, como subterráneos, universidades, bibliotecas públicas , estadios y aeropuertos.
SISTEMA DE DETECCIÓN DE DISTANCIAMIENTO BIOLÓGICO DE LARGO ALCANCE (LR-BSDS)	Desarrollado para que el Ejército de los Estados Unidos brinde la advertencia más temprana posible de un ataque biológico. Es un sistema aéreo transportado por un helicóptero para detectar nubes de aerosoles artificiales que contienen agentes biológicos y químicos a larga distancia. (30 Km)

AMBITO MILITAR

PRODUCTOS	DESCRIPCION
SEMI-ACTIVE LASER HOMING. (SALH) GUIADO LASER	El láser se mantiene apuntando al objetivo y la radiación láser rebota en el objetivo dispersándose en todas las direcciones ("pintar el objetivo"). El misil, bomba, etc. se lanza o se deja caer cerca del objetivo y cuando está cerca recibe parte de la energía reflejada del láser. Un buscador láser detecta la dirección de esta energía y ajusta la trayectoria del proyectil hacia la fuente.
HALOE (EXPERIMENTO DE OPERACIONES DE LIDAR DE ALTA ALTITUD)	Mapeo detallado de terrenos urbanos y no urbanos. Proporciona datos tridimensionales de alta resolución, recopilados a velocidades más rápidas y de intervalos mucho más largos que los métodos convencionales. Crear imágenes holográficas en 3D de entornos urbanos, que los soldados pueden usar para visualizar las áreas en las que van a ingresar. Se encuentra activo en AFGANISTAN.

LIDAR TOPOGRAFICO

Es un instrumento aerotransportado que dispara grandes cantidades de pulsos láser sobre la superficie terrestre y registra las señales de retorno reflejadas sobre él. Puede penetrar la vegetación y así capturar reflejos incluso desde la superficie misma de la tierra.

Se genera de esta manera una *"Point Cloud"* topográfica que tiene un potencial de explotación de información muy grande. La "Point Cloud" es un Conjunto de grandes datos (vértices) compuestos de datos de puntos ubicados según un sistema de referencia determinado con coordenadas X, Y y Z los cuales representan superficies de objetos o terrenos.

Los distintos productos que se pueden obtener son variados:

> Planos de inundación.
> Determinación de alturas de líneas eléctricas.
> Ubicación de espejos de agua.
> Estudios hidrológicos y drenaje.
> Estudios de mantenimiento de infraestructuras.
> Estudio de estado de plantaciones.
> Y más…

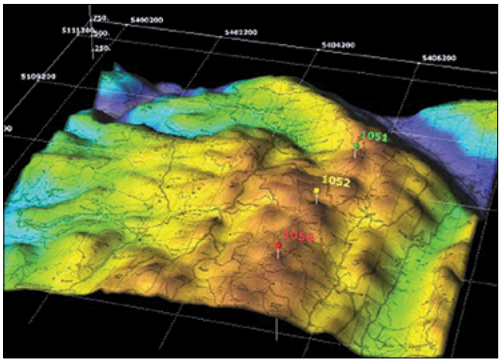
Los más explotados son los DEM (Fig. 19/20), DSM (Fig. 21/22) y DTM (Fig. 23/24).

Modelo digital de elevación (DEM)

Es una base de datos que representa el relieve de una superficie del terreno (sea planeta, luna o asteroide) conformada por puntos de elevación conocida. El DEM genérico normalmente implica coordenadas X, Y y Z del terreno de tierra desnuda, vacío de vegetación y características artificiales. Al interpolar los datos de esas elevaciones conocidas se puede crear una cuadricula o grilla de elevación digital rectangular.

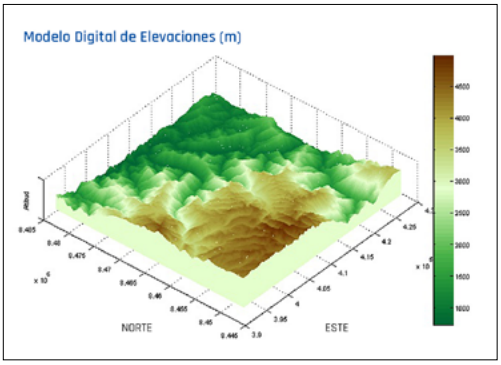
Los programas (software) de sistemas de información geográfica (SIG/GIS) utilizan los DEM para visualizar una superficie 3D, generar contornos y realizar análisis de las visuales.

FIGURA 19: "MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN" – DEM



FUENTE: HTTP://WWW.SCIENCEGL.COM/GIS_DEM/

FIGURA 20: "MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN" – DEM



FUENTE: HTTP://ESTAMBHIDGEOM.BLOGSPOT.COM.AR /2011/12/ANALISIS-GEOMORFOLOGICO-E-HIDROLOGICO.HTML

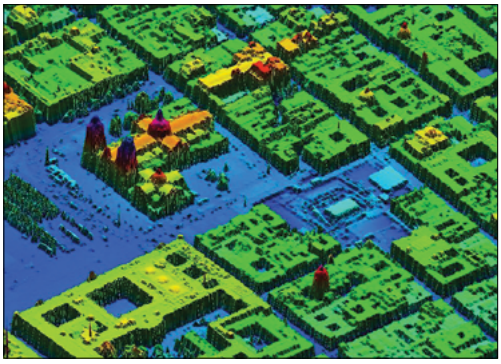
Modelo digital de superficie (DSM)

Similar a los modelos digitales de elevación (DEMs), excepto que pueden capturar las características naturales y construidas en la superficie de la Tierra. Representar las elevaciones de los edificios, árboles, torres y otras características elevadas sobre la tierra desnuda. Los DSM de Lidar son especialmente relevantes para la gestión de telecomunicaciones, la seguridad aérea, la gestión de bosques y la simulación y modelado en 3D.

Un DSM es útil en modelado 3D para telecomunicaciones, planificación urbana y aviación, por ejemplo.

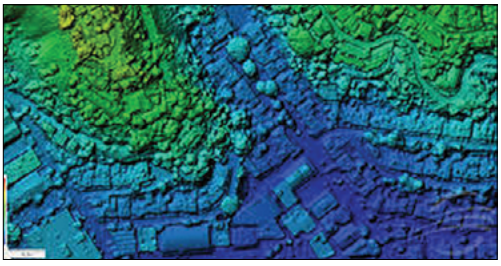
> Zona de aproximación a una pista de aterrizaje. En la aviación se determinan las obstrucciones de la pista en la zona de aproximación.
> Control de la vegetación: Pueden verse el avance de la vegetación, dónde y cuánta.
> Visión de obstrucciones: La planificación urbana utiliza DSM para determinar cómo un edificio propuesto afectaría la visual de la zona.

FIGURA 21: "MODELO DIGITAL DE SUPERFICIE" – DSM



FUENTE: HTTP://WWW.INEGI.ORG.MX/GEO/CONTENIDOS/ DATOSRELIEVE/ CONTINENTAL/PRESENTACION.ASPX

FIGURA 22: "MODELO DIGITAL DE SUPERFICIE"- DSM



FUENTE: HTTP://WWW.SIGIS.COM.VE/INDEX.PHP/FOTOGRAMETRIA-UAV

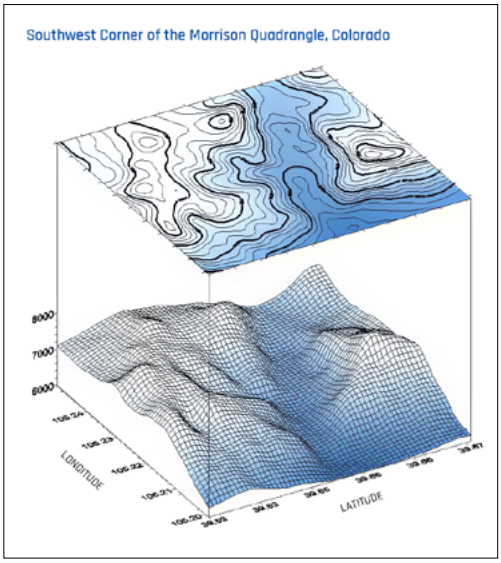
Modelo digital del terreno (DTM)

Cuando nos referimos según el Servicio Geológico de los Estados Unidos, las especificaciones de la base LiDAR determinan que un modelo de terreno digital (DTM) tiene dos definiciones en función de su lugar de residencia.

> En algunos países, un DTM es sinónimo de un DEM. Esto significa que un DTM es simplemente una superficie de elevación que representa la tierra desnuda referenciada a un dato vertical común.

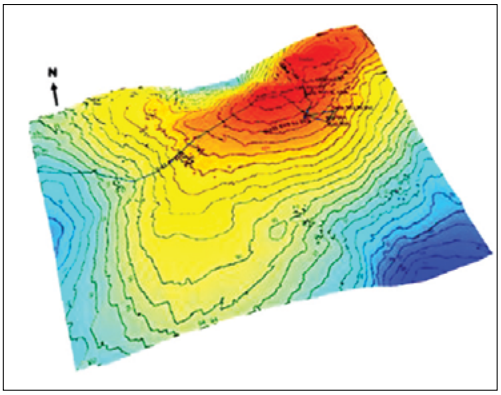
> En los Estados Unidos y otros países, un DTM tiene un significado ligeramente diferente. Un DTM es un conjunto de datos vectoriales compuesto por puntos regularmente espaciados y características naturales como crestas y líneas de ruptura. Un DTM agrega a un DEM características lineales del terreno desnuda.

FIGURA 23: "MODELO DIGITAL DEL TERRENO"- DTM



FUENTE: HTTPS://SITES.GOOGLE.COM/SITE/RG3VLVN/2-MODELOS-DIGITALES-DEL-TERRENO-MDT-MDE

FIGURA 24: "(MODELO DIGITAL DEL TERRENO" – DTM



FUENTE: HTTPS://WWW.RESEARCHGATE.NET/FIGURE /252461706_FIG2_ FIGURE-7-3D-VIEW-OF-THE-DTM-CONTOUR-LINES-AND-SPIRIT-ROVER-TRAVERSE-AT-THE-TOP-OF

EMPRESAS

A nivel internacional

AÑO	EMPRESA	PAÍS	SITIO WEB	IMAGEN
2012	QUANERGY	USA	http://www.quanergy.com	

Proveedor líder de sensores LiDAR de estado sólido y soluciones inteligentes de detección. Los sensores de estado sólido son significativamente más pequeños que otros sensores en el mercado, sin partes móviles y ofrecen durabilidad.

CONTINÚA EN PAGINA 230 ›

AÑO	EMPRESA	PAÍS	SITIO WEB	IMAGEN
1999	MOBILEYE	ISRAEL	http://www.mobileye.com	

Líder global en el desarrollo de la tecnología de visión para los Avanced Driver Assistance Systems (ADAS) y la conducción autónoma.

2013	FASTREE3D	SUIZA	http://www.fastree3d.com/	

Desarrolla sensores de imagen 3D que permiten a los vehículos y máquinas reconocer y localizar objetos de movimiento rápido en tres dimensiones en tiempo real, permitiendo acciones seguras e inteligentes como asistencia a la conducción o navegación autónoma.

2010	TRILUMINA	USA	http://trilumina.com	

TriLumina Corp. ha desarrollado los láseres semiconductores más rápidos y potentes del mundo. También LIDAR de bajo costo para aplicaciones automotrices.

1974	TELEDYNE	CANADA	http://www.teledyneoptech.com/	

Ampliamente reconocida por su profundidad tecnológica en lidar y tecnologías relacionadas, con décadas de experiencia en lidar y fotogrametría, así como en tecnologías auxiliares como GPS, sistemas de medición inercial y digitalización de formas de onda.

1866	SANBORN	USA	http://www.sanborn.com/	

Ofrece soluciones de mapeado, visualización y 3D de vanguardia.

2007	LEDDARTECH	CANADA	http://leddartech.com/	

Desarrollador y propietario de tecnología patentada de detección de LiDAR de estado sólido que constituye un nuevo enfoque para la detección y el alcance de la luz.

2014	EOLOS Floating Lidar Solutions	ESPAÑA	http://www.eolossolutions.com	

Ofrece un sistema integrado de medición de viento rentable, preciso y altamente fiable para aplicaciones offshore. La boya LiDAR de EOLOS es un sistema de medición de viento, olas y corriente autónomo y totalmente equipado basado en la tecnología LIDAR y dotado de instrumentación oceanográfica que permite realizar mediciones a más de 200 m sobre el nivel del mar en costos mucho más bajos que los mástiles convencionales de la parte inferior fijados en el fondo.

2008	WINDAR PHOTONICS	DINAMARCA	http://www.windarphotonics.com/	

Desarrolla sistemas LIDAR basados en sistemas de láser de diodo de bajo coste para la industria de molinos de viento y ha desarrollado un anemómetro láser que mide la dirección del viento y la velocidad de hasta 200-300 metros por delante de la turbina eólica y dando el tiempo de la turbina para ajustar su posición y ángulos de sus rotores y de esta manera optimizar para las condiciones de viento cambiante. Aumenta la eficiencia del molino de viento en un 5-15% y a un precio 85-90% inferior a los productos similares existentes en el mercado.

AÑO	EMPRESA	PAÍS	SITIO WEB	IMAGEN
2012	CARBOMAN	UNITED KINGDOM	http://www.carbomap.com/	

Nueva empresa spin-out de la Escuela de GeoSciences de la Universidad de Edimburgo. Aplica ciencia de vanguardia al problema de medir y cartografiar el carbono forestal del mundo. El enfoque pionero se basa en su patente Multi Spectral Canopy LiDAR (MSCL) que opera en cuatro longitudes de onda, en contraposición a los existentes comercialmente.

Nivel Nacional

Las empresas argentinas, por lo general, son importadoras de tecnología LiDAR, en referencia a los Hardware como también a los Software.

AÑO	EMPRESA	SITIO WEB	IMAGEN
1985	GEOSISTEMAS	http://www.geosistemassrl.com.ar	

Empresa proveedora de geotecnologías, soluciones geoespaciales y sistemas GNSS para la industria y la agricultura de precisión así como también, en la elaboración de mapas digitales de Argentina para la maximización de aplicaciones y la navegación GPS.

1979	RUNCO	http://www.runco.com.ar/	

Empresa modelo dentro de Latinoamérica y dedicada a la comercialización, capacitación y servicio técnico de sistemas de medición de alta tecnología destinados a la ingeniería, construcción, adquisición y manejo de datos geoespaciales para topografía, geodesia y mapeo cartográfico, hidrografía, agricultura de precisión, manejo racional del agua, inspección, defensa e investigación forense, entre otras actividades.

2016	AEROTEC	http://aerotecnologias.com.ar/web	

Empresa especializada en la adquisición de datos geográficos con tecnología de última generación. Brinda soluciones globales en Servicios Aerofotogramétricos, Servicios Topográficos y Servicios GIS.

	AEROTERRA	http://aeroterra.com/sv-vuelo.htm	

Servicio de escaneo láser 3D. Escaneamos con lidar terrestre todo tipo de superficies, estructuras, edificios, fachadas, patrimonio cultural.

La República Argentina no está muy alejada de la investigación respecto del desarrollo de la tecnología LiDAR. El 19 de julio de 2016, el Ministerio de Defensa, el CONICET y el National Institute for Environmental Studies (NIES – Japón) patentaron una tecnología vinculada al LiDAR. Se lo denominó LiDAR Multimodo de Alta Resolución Espectral, y permite combinar los beneficios de un LiDAR de alta gama a costes de uno normal.

Lidia Otero, integrante del equipo científico dijo[19]: *"El sistema LIDAR funciona como un radar; emite una luz láser, ésta interactúa con las moléculas y partículas de la atmósfera y su retrodispersión es detectada generando señales útiles para mediciones ambientales vinculadas con el particulado en suspensión como por ejemplo ante la presencia en el aire de cenizas volcánicas, tormentas de polvo o quema de biomasa".*

"La diferencia con el que acabamos de patentar es que mejoramos la tecnología para detectar la señal de transmisión tanto de día como de noche".

"Somos el único equipo en Argentina que hace este tipo de tecnología; además de diseñar y construir los sistemas, los operamos y procesamos sus señales".

CONCLUSIONES

> El sistema LiDAR permite su uso en una gran variedad de disciplinas. Comenzó como una actividad destinada al análisis de la atmósfera, pero luego su uso se fue multiplicando en función del avance de la tecnología. Hidrología, urbanismo, topografía, geografía, geología, sismología, física de la atmósfera, defensa y seguridad, medicina, geofísica, astrología, geodesia, Ingeniería civil, agrimensura, minería, etc., son algunas de las disciplinas en las que se aplica actualmente este tipo de tecnologías.

> Los componentes que conforman al sistema LiDAR están continuamente en desarrollo. Esto nos permite mejorar la calidad de los trabajos año tras año. Los componentes como el IMU/INS o el GPS/GNSS aumentan sus precisiones permitiendo que la ubicación, en un sistema de referencia, de los puntos detectados sobre las distintas superficies, sean mejores. Esto entrega un producto muy superior que abre las puertas a futuras implementaciones.

> Una ventaja principal del sistema LiDAR es la cantidad de puntos que puede registrar y almacenar. Tengamos en cuenta que esos datos son digitales y su manipulación es a través de algoritmos que nos permiten, por ejemplo, separar los puntos según la intensidad, ángulo, número de rebote o combinación de las anteriores para la realización de un producto específico. Puedo obtener hasta cinco reflexiones por pulso láser, y esto se debe a la capacidad de atravesar la vegetación.

> El coste de los equipos LiDAR dependen principalmente de la finalidad para la cual estén realizados. Un sistema de medición atmosférica puede resultar caro frente a un sistema de medición topográfica utilizado por un drone, pero las utilidades son muy distintas. Hoy en día se está buscando bajar los costes de producción, pero es muy difícil realizarlo sin afectar la calidad del producto.

> La principal ventaja es la de cartografiar el terreno bajo la cubierta vegetal o bajo la superficie de agua como así también poder seguir un tendido eléctrico de manera sencilla, es decir, la tecnología LiDAR ha revolucionado el ámbito de los levantamientos y mapeos. La velocidad de recolección de datos y el procesamiento de estos es muy superior comparados con cualquier otra tecnología. De esta manera, permite satisfacer las demandas de los clientes en tiempo y costo. Tengamos en cuenta que las precisiones altimétricas, eje "Z", son muy superiores a otras técnicas de medición como la fotogrametría. Pero las precisiones sobre el eje "X" e "Y" son menores, lo que presenta un inconveniente al ubicar elementos sobre superficies 2D.

> El sistema LiDAR es considerado una tecnología en desarrollo, lo que le otorga una gran ventaja frente a tecnologías similares cuyos sistemas ya están desarrollados o maduros como la fotogrametría. No obstante, aún queda mucho por mejorar para igualar ciertos aspectos de la última.

---

19 Parada Ingrid Lucero, "Partículas en suspensión bajo la custodia de una nueva patente", CONICET 2016. Fuente: http://www.conicet.gov.ar/particulas-en-suspension-bajo-la-custodia-de-una-nueva-patente/

BIBLIOGRAFIA Y FUENTES

> Heidemann Hans Karl, *"Lidar Base Specification"*, U.S. Geological Survey Standards, 2014. Disponible en https://pubs.usgs.gov/tm/11b4/pdf/tm11-B4.pdf.
> Overton Andrew K, *"Pen portrait – W.E. Knowles Middleton"*, Weather, 2008. Disponible en http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wea.227/pdf.
> *"Louis Smullin, former electrical engineering department head, 93"*, MIT News, 2009. Disponible en http://news.mit.edu/2009/obit-smullin-0608.
> *"Optical Echoes from the Moon"*, K3PGP Experimenter´s Corner, 1997. Disponible en http://www.k3pgp.org/lasereme.htm.
> Lara E.R., García Y. E., Dávila Pintle J. A., Marín M. R., "Monitoreo ambiental a través de luz láser: radar óptico", Saberes y ciencia, 2017. Disponible en http://saberesyciencias.com.mx/2017/06/04/monitoreo-ambiental-a-traves-de-luz-laser-radar-optico/.
> Albacete Antonio San Jose, "Procesamiento de datos LiDAR con ArcGis", Uiverisdad Complutense de Madrid, 2014. Disponible en https://es.slideshare.net/AntonioSanJosAlbacet/procesamiento-lidar-arcgis10
> "Meteorologie elementaire", Luxorion. Disponible en http://www.astrosurf.com/luxorion/meteo-nuages-images-lidar.htm.
> García Jose Carlos, *"DielmoOpenLiDAR: control de calidad de datos LiDAR y generación de productos finales"*, Sigte,2017. Disponible en http://www.sigte.udg.edu/jornadassiglibre2009/uploads/Articulos/C17.pdf
> *"LiDAR & Imaging Sensor Systems"*, Teledyne Optech, 2017. Disponible en http://www.teledyneoptech.com/index.php/application/ds-tactical-surveillance-intel/
> Moreno Luis Pardo, *"Aplicaciones militares Lidar y Láser Escáner"*, Linkoteca, 2012. Disponible en http://uvalaser.blogspot.com.ar/2012/11/aplicaciones-militares-lidar-y-laser.html
> Kacyra Ben, Dimsdale Jerry, Brunkhart mark, "Integrated system for quickly and accurately imaging and modeling three dimensional objects", US 5988862 A, 1999. Disponible en https://www.google.com/patents/US5988862
> Walsh Gregory C., Aindow Alan, "LIDAR System", US 9599468 B2, 2017. Disponible en https://www.google.ch/patents/US9599468
> Sanchez Jesus Garcia, "SISTEMA LIDAR INTEGRADO EN UN UAV PARA LA GENERACIÓN DE MODELOS DIGITALES DEL TERRENO",Proyecto Fin de Carrera, 2012. Disponible en http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/12039/
> "Find out all you need to know about LiDAR, its history, its uses and the technologies behind it", LiDAR-UK, 2017. Disponible en http://www.lidar-uk.com/index.php.
> "TOPOGRAPHIC LIDAR", Aero Data, 2017. Disponible en http://aerodata-surveys.com/solutions/topographic-lidar/
> Ansmann Albert, Schwarz Anja, "Validation of Satellite-Lidar-Measurements", Aerosol climatology of the atmosphere, 2017. Disponible en https://www.tropos.de/en/research/atmospheric-aerosols/long-term-trends-and-process-analysis/long-term-studies-of-global-relevance/aerosol-climatology-of-the-atmosphere/validation-of-satellite-lidar-measurements/
> Winker D. M., Hunt W. H., McGill M. J., *"Initial performance assessment of CALIOP"*, Geophysical Research Letters, 2007. Disponible en http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2007GL030135/full
> Artunduaga Adriana, "Satelite Lidar", Prezi, 2015. Disponible en https://prezi.com/wkvnzlwqpzyz/satelite-lidar/

> Gammon Katharine, "Earth is Getting Fatter", Live Science, 2011. Disponible en https://www.livescience.com/15268-earth-fatter-gravity-melting-ice-sheets.html
> "LIDAR for Missile Defense", Global Security, 2011. Disponible en https://www.globalsecurity.org/space/systems/lidar.htm
> "LIDAR OPERATING PRINCIPLES / DATA ACQUISITION", Sanborn, 2017. Disponible en http://www.sanborn.com/lidar-operating-principles/
> VectorNav. 2017. Disponible en https://www.vectornav.com/support/library/imu-and-ins
> Garrido Villén Natalia, "GNSS diferencial. GPS diferencial. Correcciones GNSS (GPS) en tiempo real.", NATALIA GARRIDO-VILLEN, 2017. Disponible en https://nagarvil.webs.upv.es/gnss-diferencial-gps-diferencial/
> "LiDAR Sensor Companies", Recovendor. Disponible en https://recovendor.com/lidar-sensor-companies/
> "LiDAR", Venture Radar, 2016. Disponible en https://www.ventureradar.com/search/ranked/LIDAR/
> Parada Ingrid Lucero, "Partículas en suspensión bajo la custodia de una nueva patente", VINCULACIÓN TECNOLÓGICA, 2016. Disponible en http://www.conicet.gov.ar/particulas-en-suspension-bajo-la-custodia-de-una-nueva-patente/
> "Automated 3D Modeling of Building Interiors", Video and Imagen Processing Lab, 2017. Disponible en http://www-video.eecs.berkeley.edu/research/indoor/
> "Loads and control", Iea Wind.Disponible en https://www.ieawindtask32.org/about/objectives/loads-and-control/
> "Tecnologia LiDAR: Principios fundamentales y aplicaciones", Universidad Nacional de San Marcos, 2010. Disponible en https://es.slideshare.net/ruthop7/lidar-princ-fundamentales-54242590
> "Sistema aerotransportado de detección de minas mediante láser", One magazine, 2012. Disponible en http://www.onemagazine.es/noticia/8306/sin-especificar/sistema-aerotransportado-de-deteccion-de-minas-mediante-laser-.html.
> Lamb Robert, "Long-range 3D imaging lidar", Defense & Security, 2014. Disponible en http://spie.org/newsroom/5422-long-range-3d-imaging-lidar?WT.mc_id=KNRDEFSECE&SSO=1
> "LIDAR". Disponible en https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar
> "LIDAR –Light Detection and Ranging– is a remote sensing method used to examine the surface of the Earth". NOAA. 2013. Disponible en https://www.webcitation.org/6H82i1Gfx?url=http://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html

(*) **Víctor Julián Díaz** es Capitán de Ingenieros del Ejército Argentino, Licenciado en Administración, Buzo de Ejército, Paracaidista Militar y Antártico. Como Oficial del Ejército Argentino, prestó servicios en el Batallón de Ingenieros Blindado 2, Escuadrón de Ingenieros Blindado 1, Dirección Antártica y Base Antártica Carlini (Ex Jubany). Ha realizado la capacitación de Buzo Antártico en la Dirección Antártica de Ejército. Actualmente se encuentra cursando la carrera de Ingeniería en Agrimensura (orientación Geográfica) en la Escuela Superior Técnica del Ejercito "Grl Manuel N. Savio", desempeñándose en esta como Observador Tecnológico del CEPTM "Grl MOSCONI".

8. CETPM "GRL. MOSCONI" AÑO 2017

8.1 INTEGRANTES

Director EST
> Cnl Ing Mil Marcos Mansilla

Consejo Directivo
> Director EST
> Director CEPTM
> Subdirector EST: Coronel Ingeniero Militar Anibal Luis Intini
> Secretario Académico EST: Coronel Ingeniero Militar Patricio José Salazar
> Secretario de Investigación EST: Coronel Ingeniero Militar Jorge Héctor Gandini

Director CEPTM "Mosconi"
> Cnl Ing. Mil. Juan Carlos Pérez Arrieu

Consejo Consultivo
> Dr. Adrian Canzian
> Ing. Arístides Domínguez
> Cnl Mg. Bernardo Herrero
> Dr. Carlos Iglesias Mónica
> Cnl Ing. Miguel Ángel Juárez
> Ing. Nicolás Méndez Guerin (†)
> My Dr. Eduardo Serrano (†)

Analistas
> Cnl My Ing. Mil. Hector Daniel Anfuso: Armamento; Sistemas de armas de Caballería
> Cnl Ing. Mil. Jose Alberto Guglielmone: Simulación; Sistemas de armas de Artillería
> Cnl Ing. Mil. Fernando López: Informática; Sistemas de armas de Infantería
> Cnl Ing Mil Carlos Hugo Trentadue: Química; Sistemas de Armas de Artillería
> Cnl Ing. Mil. Juan Carlos Villanueva: Armamento; Sistemas de armas de Infantería.

Área Vigilancia Tecnológica
> Coordinadora VT Lic. E. Magalí Minian
> Lic. Ignacio de la Torre
> Tte SCD Fernando Vera Batista

Observadores Tecnológicos 2017
> Cap. Victor Julián Díaz – Agrimensura (Orientación Geográfica)
> Sr. Facundo Carlos Pattarone – Automotores

> Tte. 1° Fernando Daniel Quinodoz – Armamentos
> Vera, Leandro Maximiliano – Electrónica

Colaboradores del CEPTM

> Grl (R) Oim Dr. Enrique Rodolfo Dick
> Cnl Ing. Mil. Marcos Horacio Mansilla
> Tcnl Walter Allende
> My (R) Ing. Roberto Corti
> Lic. Carlos Requena
> Esp. Rodrigo López Lío

8.2 PRINCIPALES ACTIVIDADES Y EVENTOS DEL CEPTM DURANTE EL AÑO ACADÉMICO 2017

Ciclo de Conferencias sobre Tecnología Militar para cadetes del Colegio Militar de la Nación

Mediante un convenio académico entre la ESCUELA SUPERIOR TÉCNICA y el CMN, los docentes, expertos y observadores tecnológicos del CEPTM realizaron un ciclo de conferencias sobre tecnología militar. El objetivo fue mostrar avances tecnológicos en defensa y la importancia de la disciplina de VTeIE para la profesión militar.

El ciclo comenzó con la conferencia dada por el Director del Centro CEPTM Mosconi Cnl JUAN CARLOS PEREZ ARRIEU el 15 de Mayo: "Vigilancia Tecnológica y Prospectiva en Defensa, Herramientas para la Planificación" y finalizó el 26 de Septiembre, donde el Director de la Escuela Superior Técnica "Grl Div Manuel N Savio" Cnl MARCOS HORACIO MANSILLA disertó sobre "La enseñanza de la Ingeniería Militar en el mundo y en nuestro país".



Todas las presentaciones se encuentran disponibles en la página web del CEPTM: http://www.ceptm.iue.edu.ar/index.php/eventos/



8.3 Proyecto "Antena territorial de VTeIE en "Defensa y Seguridad" con el apoyo del Programa VINTEC del MINCyT:

Las Antenas Territoriales son las unidades responsables de la implementación de sistemas territoriales de gestión de vigilancia tecnológica e inteligencia estratégica (VTeIE). A través de un conjunto de métodos, lineamientos y recursos, estas antenas logran que su información sea sistematizada, recogida, analizada, difundida y protegida, a fin de convertirse en insumos para la posterior toma de decisiones de las autoridades de las entidades territoriales[1].

En la sociedad del conocimiento, la importancia de las herramientas estratégicas de información radica en que son el insumo para la toma de decisiones y la planificación.

Es por ello que la EST desde el 2015 viene trabajando con el MINCyT - (Programas VINTEC y PRONAPTEC) para concretar una Unidad Territorial de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica (VTe IE) en Tecnologías de "Defensa y Seguridad".

Mediante un acuerdo con el MINCyT- Facultad del Ejército, el Centro Mosconi recibió capacitación y apoyo técnico del Programa Nacional de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (VINTEC) que opera bajo la órbita de la Dirección Nacional de Estudios, perteneciente a la Subsecretaría de Estudios y Prospectiva.



El objetivo de la capacitación fue implementar un conjunto de métodos, lineamientos y recursos referidos a cómo recoger y analizar información clave, colaborando con la generación y la difusión de productos y servicios de VTeIE que sirven como insumos para la toma de decisiones.

---

1 http://www.mincyt.gob.ar/programa/vintec-programa-nacional-de-vigilancia-tecnologica-e-inteligencia-competitiva-6394

En octubre de este año se dio por finalizada la capacitación y se elevó el Informe final al MINCyT.

Como conclusión, la Facultad del Ejército de la UNDEF cuenta con una Unidad Territorial de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva (UTVTeI) capacitada por el MINCyT, dedicada al sector de Tecnologías para Defensa y Seguridad.

Visita de la Revista SOLDADOS al CEPTM "Mosconi"

En el mes de Junio visitó la periodista Sra. Fatima Marcone, de la Fundación "Soldados", una publicación del Ejército Argentino que publicó en su edición Nro 238 el artículo "Aprender y estudiar mirando hacia el Futuro" relacionado con las actividades del Centro (el artículo se puede ver en http://www.youblisher.com/p/1891454-Periodico-Soldados-239/pág16)


EDUCACIÓN 16 SÉPTIMA EDICIÓN - 2017 2017 - AÑO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

ESCUELA SUPERIOR TÉCNICA

Aprender y estudiar mirando hacia el futuro

CEPTM

Capacitación de Observadores Tecnológicos, alumnos de las carreras de ingeniería de la EST.

Se pretende que cada año se seleccionen y capaciten nuevos alumnos de ingeniería de la EST como observadores tecnológicos del CEPTM; en este segundo año, la capacitación estuvo a cargo de la Lic. Magali Minian, Coordinadora de VT del Centro. Fue prevista en cinco clases, en las que se impartieron las metodologías de trabajo del CEPTM, los principales objetivos del Centro y algunos conceptos y herramientas de las disciplinas de VT y prospectiva, todo ello para que los alumnos puedan realizar durante el año un estudio de VTeIE tutoriados por un Analista. Las clases se llevaron a cabo con el apoyo del Dpto Informática.



PUBLICACIONES

En marzo se publicó “TEC 1000” 2016 (ISBN 978-987-20417-3-1) en el que se presentan trabajos de VT de los Expertos/Docentes y Observadores Tecnológicos /Alumnos (http://www.ceptm.iue.edu.ar/tec1000/index.html)



8.4 NEWSLETTERS del Observatorio Tecnológico Militar (OTM)

Como es habitual en el CEPTM, se envía todos los meses un newsletter en el cual se difunden las principales noticias seleccionadas por los analistas del Centro Grl Mosconi. Se detallan a continuación:

> ENERO https://goo.gl/y5AkQp



Enero 2017

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

INTELIGENCIA ARTIFICIAL - TECNOLOGIAS EMERGENTES NUEVO PROYECTO DARPA PARA LA INTERACCION HOMBRE MAQUINA
PROGRAMA AGILE TEAMS (A TEAMS)

DARPA busca métodos matemáticos que permitan una herramienta de diseño de propósito general para optimizar equipos de humanos y máquinas, en una amplia gama de aplicaciones de seguridad nacional. Las operaciones militares modernas son dinámicas y complejas, exigiendo que las tropas realicen sus misiones simultáneamente en el mundo físico tridimensional, en el dominio cibernético y en todo el espectro electromagnético.
A medida que la inteligencia artificial progresa, el futuro de la guerra: en el teatro de operaciones, en el campo cibernético y electrónico, prevé que los seres humanos y las máquinas inteligentes trabajen juntos como un equipo.

Leer + >>

ARMAMENTOS

CAÑONES PARA ARMAS PORTÁTILES QUE EMPLEAN FIBRA DE CARBONO

A pesar que el empleo de la tecnología de fibra de carbono se ha convertido en algo bastante común en la construcción de armas livianas, los ejecutivos de la industria continúan ampliando el campo de aplicación para el desarrollo de Armas.
La empresa PROOF RESEARCH, radicada en Montana (EUA) ha producido cañones para fusiles, que tienen la particularidad de combinar los mejores aceros, con un recubrimiento especial de fibra de carbono. Se ha verificado que una adecuada combinación de cañones de fusil con espesores de pared menores, envueltos en fibras de carbono con propiedades mecánicas específicas, proporciona mejoras notables en la precisión de las armas, reduciendo los pesos de las mismas e incrementando además la vida útil de los cañones. Esto último se logra porque la fibra de carbono, presenta determinadas propiedades que permiten disipar de manera más eficiente, la temperatura generada en los cañones durante el fuego sostenido.

Leer + >>

AUTOMOTORES

> FEBRERO https://goo.gl/5kjAEy

Febrero 2017

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*



HECHOS PORTADORES DE FUTURO

DETECCIÓN DE EXPLOSIVOS A DISTANCIA SEGURA. EMPRESA ISRAELI PRESENTA DRON CAPAZ DE "IDENTIFICAR" EXPLOSIVOS

El primer sistema de detección de explosivos basado en drones del mundo, SpectroDrone, ha sido presentado por Laser Detect Systems en Tel Aviv, Israel. Con una autonomía de 3 km y capacidad para identificar explosivos y otros materiales peligrosos a distancia, utiliza un sistema de detección basado en espectrometría láser.

SpectroDrone identifica explosivos y otros materiales peligrosos, en forma de gas, líquido, polvo o granel, a una distancia de varios metros de la amenaza. Además de la detección de materiales peligrosos, SpectroDrone puede analizar remotamente diferentes sustancias en tiempo real, cumpliendo un papel esencial en la minería y otras operaciones industriales.

Leer + >>



AUTOMOTORES

LASERES, MOTORES HIBRIDOS Y MODERNOS



ARMAMENTOS

PROYECTILES DE HIPERVELOCIDAD (HVP) PARA LA ARTILLERIA DEL US ARMY

Mientras la US NAVY acelera el desarrollo y pruebas de su proyecto de Cañon Electromagnético , capaz de disparar proyectiles de hipervelocidad (HVP), el Pentágono evalúa el empleo de estos sofisticados proyectiles en piezas de artillería del US ARMY, de la familia M109A6 PALADIN.

El interés del Pentágono de acelerar el desarrollo de armas de éste tipo, tiene como objetivo expandir la cantidad de plataformas desde las cuales se pueda emplear la enorme capacidad letal de estos sofisticados proyectiles, con alcances superiores a los 150Km y velocidades en boca del orden de los 2.000 m/s

Por su diseño aerodinámico de muy baja resistencia, obtiene muy altas velocidades, gran maniobrabilidad y corto tiempo de vuelo al blanco

Pese a que inicialmente fueron desarrollados como un "arma naval", el US ARMY continúa realizando ensayos desde piezas calibre 155mm, actualmente en servicio, como una forma rápida de obtener enormes beneficios en alcance y letalidad para sus medios de apoyo de fuego.

Leer + >>



INFORMÁTICA

CHINA INVESTIGA TECNOLOGÍA PARA QUE SUS SUBMARINOS SEAN INVISIBLES

Las tecnologías de camuflaje de

> MARZO https://goo.gl/fi3Zte

Marzo 2017

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*



HECHOS PORTADORES DE FUTURO

CONTROLAR ROBOTS CON LA MENTE. INTERACTUAR CON LAS MAQUINAS USANDO SEÑALES CEREBRALES.

¿Qué pasaría si pudiéramos desarrollar robots que fueran una extensión más natural de nosotros y que pudieran realmente hacer lo que estamos pensando? El equipo de la Universidad de Boston y del Laboratorio de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial (CSAIL), adscrito al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en Cambridge EEUU, ha estado trabajando en este concepto, creando un sistema interactivo que permite a la gente corregir los errores de los robots instantáneamente, sin nada más que con sus cerebros.

Leer + >>



AUTOMOTORES

VEHICULO TACTICO ARMADO CON LASER DE ALTA POTENCIA

El US Army Space and Missile Defense Command está trabajando hace años en el desarrollo de Láseres de estado sólido, en el marco de una iniciativa de empleo de sistemas Laser de uso militar.
Específicamente en el rubro de "capacidades de protección de



ARMAMENTOS

SILENT ARCHER: EL SISTEMA PARA COMBATIR UAVs QUE EMPLEA EL US ARMY

El US ARMY ha firmado un contrato por US$ 36M con SRC Inc. para la adquisición de hasta 15 sistemas de Defensa anti- Drones (Counter – Unmaned Aerial System) denominados SILENT ARCHER. Cada sistema consta de una serie de radares y equipos optrónicos que se sitúan en estaciones fijas o en plataformas vehiculares, desde las cuales realizar su tarea de detección, clasificación, identificación, seguimiento y neutralización de Amenazas UAV, de baja cota, baja velocidad y pequeño tamaño, en misiones de exploración, reconocimiento o ataque. Las experiencia de los recientes conflictos en Syria, Iraq y la guerra Rusia – Ucrania, han demostrado la necesidad de disponer de estos sistemas de defensa anti-drones, aún en los niveles tácticos inferiores.

Leer + >>



INFORMÁTICA

INFORME DE TRAFICO DE BOTS 2016

El Informe de Tráfico Imperva Incapsula es un estudio estadístico de tráfico de bots en internet.
Para el informe se examinaron más de 7.000 millones de visitas a 100.000 dominios seleccionados aleatoriamente. Surge del informe que en 2016 el tráfico de Internet estuvo ocupado en un 51,8% por bots de diferentes clases y el

> ABRIL https://goo.gl/4bFEuo



Abril 2017

Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

ANIMALES TRANSGÉNICOS, BACTERIAS DISEÑADAS GENÉTICAMENTE, CARNE SINTÉTICA, GENES DIRIGIDOS

Nuevos desarrollos biotecnológicos, acarrean nuevos dilemas éticos y de seguridad. Quién regulará la carne sintética producida en laboratorios? , Quién decidirá qué pasa si un musgo artificial, en apariencia inocuo, se libera al medio ambiente?. En su reciente informe "Preparándose para los Futuros Productos BT ", la Academia de Ciencias de los EEUU refleja la preocupación sobre los avances que ya se vislumbran en el horizonte cercano. El Artículo del MIT presenta cinco productos para los que la ley no está preparada...

Leer + >>

ARMAMENTOS

LIDERAZGO EN EL DESARROLLO DE PROYECTILES HIPERSONICOS

EUA continúa liderando el desarrollo de armas que disparen proyectiles hipersónicos e invierte millones de dólares en proyectos relacionados con ello. Los mismos son gestionados por la U.S. Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), siendo los principales contratistas las empresas Lockheed Martin y Raytheon. Los proyectos Hypersonic Technology Vehice (HTV) y el Hypersonic Air-breathing Weapon Concept (HAWC), forman parte del ambicioso programa Prompt Global Strike (PGS), cuyo objetivo es disponer de capacidad letal,, para neutralizar cualquier amenaza aérea (Aeronaves y misiles), en cualquier punto del espacio aéreo terrestre, en un tiempo inferior a 1 hora. El desarrollo de misiles hipersónicos que vuelen a velocidades entre Mach 5 y Mach 20, tiene además el objetivo de mantener el liderazgo y la capacidad disuasiva, frente a los últimos avances en la materia presentados por Rusia y China.

Leer + >>

AUTOMOTORES

LAS FFAA DE EUA PRESENTAN EL JOINT TACTICAL LIGHT VEHICLE (JTLV)

La empresa OSHKOSH, adjudicataria principal del Proyecto JOINT TACTICAL LIGHT VEHICLE (JTLV) ha iniciado la fase de producción del vehículo que progresivamente irá reemplazando al HUMVEE en el US ARMY y US Marines. Un proyecto que se inició hace varios años, como reemplazo del reconocido HUMVEE, que ha transportado sus tropas en todos

INFORMÁTICA

VOLVIENDO A LA QUÍMICA PARA "NUEVOS CONCEPTOS DE COMPUTACIÓN"

A medida que la complejidad y el volumen de datos digital global crece, también lo hace la necesidad de medios más capaces y compactas de procesamiento y almacenamiento de datos. Para hacer frente a este reto,

> MAYO https://goo.gl/tifp2N

Mayo 2017

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*



HECHOS PORTADORES DE FUTURO

IED – Drones como dispositivos explosivos improvisados son usados en Mosul

Durante muchos años, los drones armados (UAV) sólo estaban disponibles para un puñado de naciones occidentales. Hoy en día, los aviones armados son ofrecidos por nuevos proveedores: Turquía, China, Irán y Polonia. Estos UAVs se convierten en sistemas de adquisición de objetivos, plataformas de ataque aéreo y armas que vagan, capaces de atacar a las fuerzas enemigas con una precisión mortal. La disponibilidad de aviones no tripulados no se limita a fuerzas militares, explotando sistemas comercialmente disponibles, terroristas e insurgentes de todo el mundo están adoptando la tecnología de aviones no tripulados, en particular aquellos ofrecidos por compañías chinas que no están reguladas por leyes de exportación. Las cámaras HD o 4K avanzadas de alta resolución y los sensores infrarrojos están ahora disponibles para soportar esas misiones. Totalmente integrado con drones, junto con low-cost, cargas precargadas de alta precisión gimballed puede convertir los drones de cámara barata en la adquisición de objetivos y sistemas de ataque. Estan disponibles en línea como "bricolaje"

Leer + >>





ARMAMENTOS

CAÑON ELECTROMAGNETICO DE LA US NAVY: Sus desarrolladores lo describen como "Tecnología de STAR WARS"

Después de más de una década de desarrollo, la US Navy junto con BAE Systems, continúa avanzando lentamente pero con seguridad, en su "futurista" Cañón Electromagnético (RAILGUN). Se trata de un arma diseñada inicialmente para empleo naval, que puede destruir blancos hasta 125 millas de distancia, con una velocidad inicial de hasta 4500 millas por hora. La principal ventaja de los proyectiles que emplea, es que son impulsados mediante el empleo de energía eléctrica, por lo que al no existir propulsantes químicos, se elimina el riesgo que para los buques de Guerra constituye el almacenamiento de pólvoras y explosivos, de uso en los proyectiles convencionales. Además, su balística terminal está dada por la energía cinética que desarrolla éste proyectil de altísima velocidad, siendo innecesaria entonces la carga explosiva de las cabezas de combate. Otra gran ventaja, es que permiten una alta cadencia de fuego, ya que la misma solo depende de la disponibilidad de suficiente energía eléctrica. El RAILGUN es considerado un verdadero "Game changer" en lo que respecta a los sistemas de armas de artillería de gran alcance, estimándose que entrará en servicio en 2025.

Leer + >>



INFORMÁTICA

Programa Integrado de seguridad a través de Hardware y Firmware

> JUNIO https://goo.gl/uVBjyA



Junio 2017

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar

Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*

HECHOS PORTADORES DE FUTURO

ARMAS DE ENERGÍA DIRIGIDA

PRUEBAS DEL PROYECTO UK - LDEW - DE DISEÑO DE ARMAS LASER

El Reino Unido se suma a EEUU, Rusia y China en diseño y desarrollos de armas láser. Pruebas de armas de energía láser (LDEW), se llevaron a cabo en marzo del 2017, por el Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Defensa (Dstl) de UK, se espera que el programa culmine con un prototipo en 2019. El objetivo del programa es demostrar que un sistema autónomo de armas de energía láser, es capaz de adquirir, rastrear y enganchar objetivos aéreos y de superficie a diferentes rangos y en diferentes condiciones climáticas. Las primeras armas podrían entrar en servicio a partir del 2020.

Leer + >>

ARMAMENTOS

ZIRCON: EL MISIL HIPERSONICO RUSO QUE ALCANZA VELOCIDADES DE HASTA MACH 8

El nuevo Misil Hipersónico anti-buques Ruso, ZIRCON, ha alcanzado velocidades de hasta MACH 8 (6.000 mph) durante los ensayos realizados en abril de 2017. El Misil es lanzado desde una plataforma Universal que también es empleada para los misiles SS-26 y SS-27. Se espera que éste sofisticado misil, sea instalado en los modernos Cruceros nucleares de ese país. Con el nuevo tipo de combustible desarrollado, se obtendría un alcance de unos 400km, a velocidades de entre 5-8 Mach. Las tres grandes Potencias, EUA, Rusia y China, llevan adelante sus respectivos proyectos de Misil Hipersónico, los que constituyen un verdadero desafío tecnológico, ya que la gran velocidad de estas armas dificulta su detección temprana, dando lugar a serias vulnerabilidades para los actuales sistemas de defensa aérea y misilística de las fuerzas navales.

Leer + >>

AUTOMOTORES

BA EL US ARMY DESARROLLA UN CUADRICÓPTERO PARA ABASTECIMIENTO DEL CAMPO DE COMBATE- PROYECTO "HOVERBIKE"

"En cualquier lugar del campo de batalla, los soldados pueden potencialmente ser reabastecidos en menos de 30 minutos", dijo Tim Vong, jefe asociado de la

INFORMÁTICA

NUEVAS FORMAS DE REPRESENTAR LA INFORMACIÓN PODRÍAN TRANSFORMAR LA TECNOLOGÍA DIGITAL

Las geometrías únicas para los momentos magnéticos de los electrones pueden superar los límites fundamentales de la memoria y la lógica de la computadora

> JULIO https://goo.gl/bS53WA

Julio 2017

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*



HECHOS PORTADORES DE FUTURO

LA CIUDAD A OSCURAS
CIBER SEGURIDAD - MALWARE - "INDUSTROYER"
ATAQUES A LA INFRAESTRUCTURA

La empresa de ciberseguridad ESET no confirma el malware de forma definitiva, pero tiene en la mira uno que bautizaron como Industroyer (destructor de industrias), es el sospechoso número uno: está diseñado para infiltrarse en un sistema y controlar los interruptores de una subestación eléctrica y los interruptores automáticos de potencia, el investigador principal de malware de ESET, Anton Cherepanov califica a Industroyer como la "mayor amenaza para los sistemas de control industriales desde Stuxnet", un programa de malware, que se hizo famoso al sabotear una planta de energía iraní en 2009.

Leer + >>



QUÍMICA

ADM - ARMAS BIOLÓGICAS
EL PENTÁGONO EVALÚA LA AMENAZA DE ARMAS BIOLÓGICAS SINTÉTICAS

La capacidad de diseñar ADN genómico en células y organismos de manera fácil y precisa, está teniendo importantes implicaciones para la investigación en biología básica,



ARMAMENTOS

EL CAÑON ELECTROMAGNÉTICO EN LA EXPLORACIÓN ESPACIAL? NO PARECE CIENCIA FICCIÓN DESPUÉS DE TODO

Desde que la idea fue propuesta en 1974 por el profesor de Princeton University Gerard O´ Neill, las posibilidades de empleo del cañón electromagnético se fueron expandiendo rápidamente hacia otros campos, además de los específicamente de la artillería. Esas posibilidades incluyen el empleo de la tecnología del "Electromagnetic railgun" para la exploración del espacio. El cañón electromagnético no es sólo un objeto de ciencia ficción, especialmente desde que la US Navy avanzó decididamente con el empleo de ésta tecnología para el desarrollo de sistemas de armas. Mientras que la idea de emplear la propulsión electromagnética para la guerra es tentadora, su empleo con propósitos científicos es también muy interesante. Si bien resulta impensable lanzar astronautas a velocidades de Mach 6, esta tecnología permitiría lanzar objetos del espacio a la tierra y viceversa. Y ello, abre una enorme cantidad de alternativas de interés, para el uso dual de este futurista sistema.

Leer + >>



INFORMÁTICA

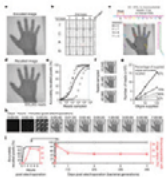
LOS ÚLTIMOS ATAQUES DE RANSOMWARE ESTÁN DEMOSTRANDO LO VULNERABLES

> AGOSTO https://goo.gl/qBYyhw

Agosto 2017

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*



HECHOS PORTADORES DE FUTURO

LA BACTERIA UN NUEVO LUGAR EN DONDE COMPARTIR GIFS

Donde almacenar datos? "El ADN no se degradará con el tiempo como las cintas de casete y CDs, no se volverá obsoleto", dice Yaniv Erlich, un informático de la Universidad de Columbia. La novedad: los científicos han insertado un GIF en el ADN de las bacterias vivas, incrustaron una imagen de una mano y un clip de cinco cuadros en bacterias de E. Coli , y después de varias generaciones se pudo reconstruir la imagen perfectamente y el video con 90 por ciento de precisión. Desde el 2012 se llevan a cabo investigaciones para codificar datos digitales en ADN y crear así sistemas de almacenamiento con la mayor densidad que se haya inventado. Se especula que será capaz de almacenar 215 petabytes (215 millones de gigabytes) en un solo gramo de ADN. Es ultracompacto, y puede durar cientos de miles de años si se mantiene en un lugar fresco y seco. Mientras los humanos estén leyendo y escribiendo ADN, serán capaces de decodificarlo.

Leer + >>



QUÍMICA

FUSIONES Y ADQUISICIONES EN LA INDUSTRIA AEROESPACIAL Y DE DEFENSA EN EL 2DO



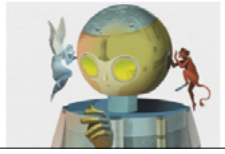
ARMAMENTOS

LOS SISTEMAS DE ARMAS HIPERSÓNICAS DE EUA, RUSIA Y CHINA, LISTOS PARA ENTRAR EN SERVICIO ENTRE 2020 – 2025

Los tres países que avanzan decididamente con proyectos de Sistemas de armas Hipersónicas, son EUA, Rusia y China, previendo su entrada en servicio entre los años 2020 y 2025. Si bien a la fecha los proyectos más avanzados son los de misiles Hipersónicos, se desarrollan también Drones capaces de volar a velocidades hipersónicas o ISRV (Intelligence, Surveillance and Reconaissance Vehicle). Su enorme velocidad, les permitiría entrar y salir tan rápidamente del territorio enemigo, como para no ser detectados por los sistemas radar ni neutralizados, proporcionando así información en tiempo real, de gran valor para las operaciones en desarrollo.

Asimismo para el 2040, EUA prevé tener en servicio una "plataforma aérea" hipersónica, que además de las misiones ISR, mencionadas, sería capaz de disparar misiles también hipersónicos. El conjunto PLATAFORMA – ARMA, ambas de hipervelocidad, plantea un enorme desafío para los sistemas de Defensa Aérea actuales y sus tiempos de reacción.

Leer + >>



> SEPTIEMBRE https://goo.gl/qLaFcY

Septiembre 2017

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*



HECHOS PORTADORES DE FUTURO

KOREA DEL NORTE LANZA MISIL BALÍSTICO

El misil voló unos 3.700 kilómetros y alcanzó una altitud de 770 kilómetros antes de caer en el Océano Pacífico. Recientemente el 3 de setiembre del corriente, Pyongyang realizo una exitosa detonación de una bomba H de 160 kilotones. Según expertos rusos el armamento en cuestión ha sido diseñado con base en el misil balístico soviético R-27/RSM-25 (SS-N-6 según la OTAN), concebido para ser lanzado desde submarinos.

Leer + >>



QUÍMICA

BREXIT Y LA INDUSTRIA DE ARMAMENTO EUROPEA

Un año después de la votación del Reino Unido para salir de la Unión Europea, que ha dado en llamarse popularmente como Brexit, las consecuencias sobre la industria para la defensa europea aún están siendo evaluadas. Un grupo de expertos de Francia, Alemania, Italia y el Reino Unido - incluyendo Giegerich Bastian, director de análisis militar y defensa del International Institute for Startegic Studies de Londres (IISS) - han trazado lo que Brexit podría significar para la industria de armamento europea.
Este documento abarca



ARMAMENTOS

EMPRESAS TECNOLÓGICAS RECLAMAN A LA ONU PARA QUE AVANCE EN LA PROHIBICIÓN DE ARMAS AUTÓNOMAS LETALES

116 Compañías de Robótica e AI (Artificial Intelligence), pertenecientes a 26 países han presentado una "Carta abierta" a la ONU, reclamando la implementación de acciones inmediatas para la prohibición del desarrollo y fabricación de Sistemas de Armas Autónomas letales (LAWS). Este grupo de empresas, representa a los denominados "anti- killer robots", quienes se sienten en la obligación de alertar acerca de los peligros que conlleva la proliferación de estos sistemas inteligentes con capacidad letal. Insisten que deben encontrarse formas de prevenir ésta carrera armamentística, a fin de proteger a la población de su empleo con fines ilegales y evitar así, los efectos desestabilizadores que ocasiona el uso de estas tecnologías. En síntesis, expresan que las LAWS amenazan con convertirse en las armas del terror, abriendo el camino a la "3rd Revolution on Warfare".

Leer + >>



INFORMÁTICA

SATÉLITE CUÁNTICO CHINO ENVÍA UN CÓDIGO "INQUEBRANTABLE"

China ha enviado un código

> OCTUBRE https://goo.gl/PbkQr9

Octubre 2017

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*



HECHOS PORTADORES DE FUTURO

BIG DATA – DATA MINING – SEGURIDAD – ¿GRANDES PREGUNTAS?

RAND-Lex es un programa informático que puede escanear millones de líneas de texto e identificar de qué están hablando las personas. El programa ha arrojado luz sobre cómo se comunican los terroristas, cómo piensa el público… sobre la salud y más. Bill Marcellino pasó seis meses con una compañía de marines, atravesando obstáculos y marchando 25Km, solo para entender cómo hablan. Llegó a RAND como científico social y conductual, donde se encontró compartiendo una oficina con un informático llamado Zev Winkelman

Leer + >>



QUÍMICA

ARMAS DE DESTRUCCIÓN MASIVA

EVALUACIÓN DEL PROGRAMA DE ARMAS BIOLÓGICAS DE COREA DEL NORTE

El programa de armas nucleares de la República Democrática Popular de Corea (RDPC) ha sido mencionado reiteradamente en los medios a partir de los ensayos de ese tipo de armas realizados a partir de 2006, pero poco se ha dicho sobre los otros programas de ADM que se estima ese país lleva adelante.

Un nuevo documento del Belfer Center, dependiente de la Universidad de Harvard, titulado



ARMAMENTOS

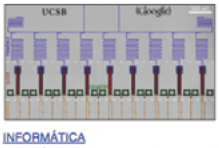
CUÁLES SON LAS 5 MAYORES EMPRESAS MILITARES DEL MUNDO Y SISTEMAS DE ARMAS QUE PRODUCEN

En las últimas semanas se han producido operaciones millonarias en la industria de Defensa y Aeroespacial.de acuerdo a la información proporcionada por las propias compañías y la clasificación que elabora el **Instituto Internacional de Estocolmo para la Investigación de la Paz**, una organización independiente que publica la lista de las empresas que más armas venden en el mundo.

Estas empresas son: Lockeed Martin, Boeing, BAE Systems, Raytheon y Northrop Grumman, líderes mundiales en el sector de la Defensa.

Cabe aclarar que existe poca información respecto a las ventas del sector fuera de Occidente. Y en el caso de China y Rusia, no se encuentra disponible la información real de una parte importante de las operaciones.

Leer + >>



INFORMÁTICA

LOS CÚBITS SUPERCONDUCTORES DE GOOGLE PODRÍAN ESTAR A

> NOVIEMBRE https://goo.gl/3S82Wz

Noviembre 2017

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar
Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*



HECHOS PORTADORES DE FUTURO

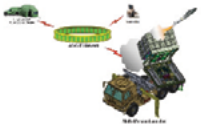
GASTO MILITAR MUNDIAL

El anuario 2017 del Instituto para la Paz de Estocolmo (SIPRI) recoge datos sobre el gasto militar mundial: en 2016 fue de 1,686 billones de dólares, cifra equivalente al 2,2% del PIB mundial o 227 dólares por persona. El gasto total fue más o menos constante en comparación con 2015, solo un 0,4% superior en términos reales. El gasto militar en América del Norte presenció su primer incremento anual desde 2010, mientras que en Europa Occidental creció un 2,6% en 2015, siguió aumentando en Asia y Oceanía y Europa Oriental, pero cayó en África, América Central y del Sur y Caribe y en los países de Oriente Medio. Estados Unidos siguió siendo el mayor presupuesto militar en 2016. Su gasto creció un 1,7% en relación con 2015, el primer incremento anual desde 2010, año en que el gasto militar estadounidense alcanzó su nivel más alto. En 2016 el SIPRI recabó información fiable y congruente sobre el gasto militar de 148 países, la serie ampliada de datos en algunos casos se remonta hasta 1949. Al ofrecer datos en dólares constantes y actuales y como porcentaje del PIB, la serie ofrece indicios sobre la dinámica del gasto militar y permiten analizar las tendencias a largo plazo en diferentes regiones y países.

Leer + >>



ELECTRÓNICA



ARMAMENTOS

CIBERGUERRA Y FUEGOS INDIRECTOS, ¿ESTAMOS LISTOS PARA EL PRÓXIMO CONFLICTO?

El título citado constituye el tema central del SIMPOSIO "FUTURE INDIRECT FIRES" a realizarse entre el 06/07 Dic17 en Bucarest (Rumania). La evolución del concepto de Ciberguerra y la amenaza que se cierne sobre Europa del Este, coloca a la NATO y sus aliados en la obligación de reformular la capacidad de respuesta e incluso la doctrina de empleo de los denominados fuegos indirectos. Con sistemas de armas cada vez más digitalizados, las fuerzas terrestres deben poder operar eficientemente su artillería, morteros y sistemas de cohetes, que resultan altamente vulnerables a la acción de hackers y sistemas de guerra electrónica del enemigo. El presente documento es una encuesta a más de 100 expertos en la materia, que han dado su opinión acerca de los desafíos que se presentan, así como la preparación y contramedidas a implementar por las fuerzas aliadas.

Leer + >>



QUÍMICA

> DICIEMBRE https://goo.gl/mP48SP

Octubre 2017

OTM
OBSERVATORIO TECNOLÓGICO MOSCONI
Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar

Newsletter

Este documento de Vigilancia Tecnológica es elaborado por el ***Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar Grl. Mosconi*** *(CEPTM) y difundido en forma periódica como un aporte al mantenimiento del conocimiento específico profesional militar en las distintas especialidades de ingeniería.*



HECHOS PORTADORES DE FUTURO

SISTEMAS DE CONDUCCIÓN AUTÓNOMOS DE VEHÍCULOS PARA EL US ARMY

El sistema reduce las necesidades de personal para las operaciones de convoy, liberando a los soldados para otras tareas y reduciendo la exposición a dispositivos explosivos improvisados (IED) y otras actividades enemigas durante las misiones de reabastecimiento.
Las pruebas fueron patrocinadas por el Comando de Entrenamiento y Doctrina del ejército de EE.UU. (TRADOC) y gestionadas por el Centro de Desarrollo e Ingeniería de Investigación Automotriz de Tanques del Ejército de los Estados Unidos (TARDEC).
Las pruebas del sistema AMAS incluyeron el uso de convoyes de vehículos del sistema de carga paletizada en los que el vehículo principal fue conducido por un soldado y los siguientes vehículos (de tres a cuatro) siguieron robóticamente.

Leer + >>



ELECTRÓNICA

DESARROLLO DE ARMAS LÁSER PARA SU EMPLEO DESDE DRONES

La US Missile Defense Agency ha firmado 3 contratos para el desarrollo preliminar de Armas LASER, con una variada gama de potencias y que puedan emplearse desde UAVs. Locheed Martin, General Atomics y Boeing han resultado las adjudicatarias,

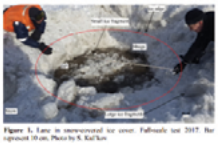


ARMAMENTOS

EL US ARMY EXPLORA ALTERNATIVAS PARA INCORPORAR MÁS TECNOLOGÍA EN SU ARMAMENTO PORTÁTIL.

El US ARMY analiza y lleva adelante proyectos que aporten una sensible mejora tecnológica en sus sistemas de armas portátiles. Nueva Generación de Fusiles de asalto y la búsqueda de un calibre intermedio entre el 5.56 y el 7.62mm, arma automática de apoyo del Grupo de tiradores (NGSW), sistemas optoelectrónicos de control de tiro para armas automáticas, munición de fusil con guiado terminal, nuevos materiales para reducir los pesos, nuevos diseños de proyectiles y vainas que aporten mayor letalidad con menores pesos, son algunos de los proyectos que se llevan adelante.

Leer + >>



QUÍMICA

INVESTIGACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE HIELO EN AGUA BAJO CARGAS EXPLOSIVAS

En este trabajo se presentan estudios teóricos y experimentales del comportamiento de hielo bajo cargas dinámicas. Se han obtenido datos experimentales sobre explosiones en hielo cubierto de nieve. Se encontró una coincidencia completa de los datos experimentales de experiencias anteriores. Las ondas de choque adiabáticas en hielo y agua se presentan. Se

Vigilancia Tecnológica y Análisis Prospectivos para afrontar con éxito las amenazas y desafíos tecnológicos futuros

“La concientización sobre la importancia de la tecnología de aplicación militar en el mundo actual deberá ser motivo de seguimiento de todos los niveles de comando. Ello facilitará la necesaria y permanente evolución tecnológica de la Fuerza y podrá constituir un factor de éxito en un conflicto armado. Si no se conocen los últimos avances tecnológicos, jamás se podrá combatir en la guerra del futuro para la cual se prepara…”

MFD-51-05-II REGLAMENTO DE EDUCACIÓN PROFESIONAL MILITAR TOMO II – Educación Operacional -Dpto. Doctrina (2007) - Público Militar

“La Prospectiva es un conjunto de tentativas sistemáticas para observar e integrar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad con el propósito de identificar las tecnologías emergentes que probablemente produzcan los mayores beneficios económicos o sociales”.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)