



## Apoyo de Fuego Cercano en el Siglo XXI

### Municiones Guiadas de Artillería de Campaña y Morteros.

**AUTOR:** Cap Infantería Fernando Daniel QUINODOZ. Observador Tecnológico del CEPTM

El empleo de las armas de tiro indirecto se remonta a los primeros conflictos armados, su evolución tecnológica ha ido modificando no sólo las tácticas utilizadas por los ejércitos, sino que también han marcado el rumbo de la historia como factor decisivo en el resultado de muchas guerras. Podemos nombrar así cronológicamente al arco y flecha en la edad antigua, las catapultas romanas, la pólvora y su empleo en los cañones otomanos que hicieron caer los milenarios muros de Constantinopla. El obús en las guerras napoleónicas, el ánima rayada y los cañones de acero en las guerras prusianas, los cartuchos con vaina y los primeros cañones con amortiguación de retroceso durante la 1ra Guerra Mundial (IGM). La aparición del mortero como un arma de tiro indirecto para el apoyo cercano de la Infantería, el mejoramiento de los sistemas de adquisición de blancos y procesamiento de los datos de tiro por medio del cálculo de la trayectoria mediante sistemas computarizados que evolucionaron desde la 2da Guerra Mundial (IIGM) y las sucesivas generaciones de cohetes y misiles. Cada una de estas tecnologías, fueron el resultado de la búsqueda de mayor letalidad, movilidad, alcance y precisión sobre los blancos a batir. De todas ellas la precisión fue el desafío más grande al que se enfrentó la ingeniería militar.

### 1. Municiones Guiadas de Precisión (PGMs): reseña y conceptos generales

Durante el siglo XX, y principalmente durante la carrera armamentística producto de la Guerra Fría, las grandes innovaciones tecnológicas de las armas de tiro indirecto se orientaron fundamentalmente a desarrollos en las áreas de alcance, precisión y letalidad. Específicamente en lo referido a la precisión, los mayores avances se produjeron en sistemas de armas aire-tierra, y en sistemas de armas tierra-tierra de largo alcance para batir objetivos estratégicos. En lo que respecta a la Artillería de Campaña y morteros, la precisión se mantuvo casi inalterable desde la IIGM hasta entrado el siglo XXI.

Si bien tanto los alemanes como los aliados (EEUU y Reino Unido) intentaron desarrollar tecnología de guiado para sus proyectiles aéreos durante la IIGM, fue durante la Guerra de Vietnam donde se utilizan con éxito las primeras armas de guiado láser a través de bombas aerolanzables (LGB). Surge así un primer concepto de munición de precisión guiada (PGM): *“arma que utiliza un detector de ondas electromagnéticas reflejadas en un objetivo o punto de referencia y, a través del procesamiento de esta información, establece comandos de guiado para un sistema de control que modifica la trayectoria del arma guiándola hacia el objetivo”*<sup>1</sup>. Todo sistema de armas, además de contar con movilidad, poder de destrucción y alcance, debe ser capaz de impactar o afectar el objetivo con precisión. Las PGMs en su evolución *“intentaron combinar todos esos atributos en un solo arma. Las actuales familias de PGM y sus plataformas de tierra, mar y aire tienen todo esto y un poco más”*<sup>2</sup>.

Durante la 1ra Guerra de Irak (1991) los problemas que encontró la USAF para emplear las PGMs guiadas por láser fueron ocasionados por las frecuentes tormentas de arena. En estas condiciones las LGB no eran efectivas, ya que no funcionaba correctamente el sistema de guiado. Con el desarrollo de los sistemas satelitales de

<sup>1</sup> Publicación Conjunta Ministerio de Defensa USA, JP1-02, *DOD Dictionary of Military and Associated terms*, 14 de Agosto de 2002.

<sup>2</sup> Naresch Chand Lt Gen (Ret), *“Bull’s Eye with Precision Guidance”*, Scholar Warrior, Spring 2014, pag 98.

posicionamiento, navegación y sincronización (PNT<sup>3</sup>) durante la década de 1980, surge un nuevo modo de guiado para los PGMs, el sistema integrado GPS/INS (Inertial Navigation System). Estos sistemas de PNT incluyen actualmente el conocido GPS (EEUU), el GLONASS (Rusia), Beidou (China), y los proyectos IRNSS (India) y GALILEO (UE). Fue así que, durante la década de 1990, se desarrollaron PGMs que no necesitan de una onda electromagnética reflejada en el objetivo para adquirirlo y alcanzarlo; surgieron las famosas JDAM (Joint Direct Attack Munition). Esta munición consiste básicamente en un kit que, colocado en la cola de una bomba no guiada, transforma a la misma en una munición inteligente proveyéndole un guiado GPS/INS con un error circular probable (CEP<sup>4</sup>) de 13 metros en modo GPS/INS o 30 metros en modo INS (caso de perderse la señal de GPS por interferencia).

De esta manera durante la Operación Libertad Duradera (Irak -2003), la USAF contaba ya con un sistema todo tiempo, kits LGB y JDAM, que, según las condiciones meteorológicas y el tipo de objetivo, les permitía optar por uno de los dos sistemas. A partir del 2008 la principal proveedora del kit LGB, Raytheon Missile Systems, presentaba su tercera generación; el *Paveway III* al que se le agregó el guiado GPS/INS. Por otro lado, Boeing responsable del kit JDAM, sacaba al mercado en 2012 su *Laser JDAM*, incluyéndole al sistema de guiado GPS/INS, el sistema de guiado laser. En la última década estos kits que permitían transformar las “dumb bombs” o bombas no guiadas en “smart bombs” o PGMs, reemplazaron por completo a aquellas PGMs que se construían originalmente como tales, reduciendo considerablemente los costos al aprovechar el gran stock de bombas no guiadas disponibles.

Para diferenciar entre corto y largo alcance a un sistema con PGM se establece como criterio la distancia existente entre el objetivo y su sistema de adquisición de blancos y control de fuego. La eficiencia de los sistemas de armas de largo alcance depende de la superioridad relativa obtenida en el denominado “entorno de batalla” (Battle Network) brindado por los apoyos de sistemas satelitales, aeronaves tipo JTARS (Joint Surveillance Target Attack Radar System), sistemas de C4ISTAR (Comando, Control, Comunicaciones, Computadoras, Inteligencia, Vigilancia y Adquisición de blancos) que garanticen la conducción de las operaciones de apoyo de fuego “todo tiempo”. Entre estos tenemos a los UAVs (Unmanned Aerial Vehicle) de reconocimiento y ataque, guerra electrónica, superioridad aérea, etc.

Durante la Guerra del Golfo (1991- Operación Tormenta del Desierto), los observadores militares soviéticos concluyeron que *“por primera vez se integraban con éxito los conceptos de control, comunicaciones, reconocimiento, guerra electrónica y la conducción de los fuegos de apoyo como un todo”*<sup>5</sup>, destacando que si bien las fuerzas iraquíes contaban con modernos y numerosos sistemas de fuego, tanto aéreos como terrestres, al no contar con superioridad en el entorno de batalla, sus sistemas disparaban a ciegas la mayor parte del tiempo. La diferencia se acentuó aún más durante la 2da Guerra de Irak. De la integración de las PGMs de largo alcance con un entorno de batalla adecuado, surge el concepto de “reconnaissance strike” (RS) que permite batir blancos en tiempo real con PGMs de largo alcance.

La complejidad en la implementación de este entorno de batalla junto con el elevadísimo presupuesto que implica el desarrollo de su tecnología hicieron que sean pocas las potencias capaces de contar con él, siendo la principal EEUU seguidos por RUSIA y CHINA. Por otro lado, son estas potencias las que comenzaron a desarrollar la tecnología necesaria para contrarrestar el entorno de batalla de sus oponentes de manera de negarles el uso eficiente de sus sistemas de PGMs. Estas capacidades son las llamadas A2/AD (Anti Access /Area Denial), creando zonas “no-go” al oponente mediante sistemas de contramedidas electrónicas y de fuego, tales como radares OVH (over-the-horizon), misiles tierra-aire (SAMs) de intercepción, submarinos, armas cinéticas anti satelitales (hit-to-kill), sistemas de interferencia por radiofrecuencia, armas laser (LWS) anti misiles y UAV, etc. Sin embargo, estos sistemas que proveen capacidades A2/AD, son ineficientes frente a algunos sistemas PGMs de corto alcance utilizados por plataformas de tiro de Artillería de Campaña: cañones de artillería de campaña, lanzadoras de cohetes y morteros.

El daño colateral, los problemas logísticos, los costos de munición, la acumulación de municiones no guiadas en los inventarios y los avances en las capacidades de A2/AD de varios países, promovieron el desarrollo de sistemas G-RAMM (Guided – Rocket Artillery Mortar and Missiles) que durante los últimos 10 años han

---

<sup>3</sup> Pointing, Navigation, Timing.

<sup>4</sup> Error circular probable. Circular Error Probability

<sup>5</sup> Defense Intelligence Agency, “Soviet Analysis of Operation Desert Storm and Operation Desert Shield”, 28 de Octubre 1991, pag 32.

evidenciado un notable crecimiento, pudiendo observarse que actualmente los países más avanzados, priorizan importantes asignaciones presupuestarias en éste área, frente a otros sistemas PGM's de largo alcance.

## **2. LA TENDENCIA HACIA EL DESARROLLO Y UTILIZACION DE LOS SISTEMAS G-RAMM.**

### **El daño colateral y el empleo de los sistemas G-RAMM.**

Fue quizás el concepto de “daño colateral” uno de los principales fundamentos para el desarrollo de la munición guiada. La USAF lo define como “*el daño producido sobre aquellos recursos (sean o no militares) que rodean a un objetivo alcanzado por un ataque o acción directa, siendo el objetivo fuerzas enemigas o instalaciones militares*”<sup>6</sup>. En otras palabras, se entiende como daño colateral a las muertes o heridas producidas a civiles no combatientes y los daños producidos a propiedades o instalaciones civiles no utilizadas con un propósito militar. Los daños producidos en la población civil durante la IIGM, que quedaron en evidencia al terminar la misma, produjeron un impacto profundo en la opinión pública y en numerosos organismos internacionales. La última imagen representativa fue la de un niño herido y cubierto de escombros en una Ambulancia, después de un bombardeo en la ciudad de Aleppo, Siria.

Durante la Operación Tormenta del Desierto (1991) y la Operación Fuerzas Aliadas en Kosovo (1999), los bombardeos de objetivo militares en ciudades se incrementaron, y fueron muchos los casos de daños colaterales producidos, inclusive por empleo de PGMs. Ya “*en 1993 la Office of Net Assessment (ONA) del Pentágono, pronosticaba correctamente que las guerras de baja intensidad y no convencional se convertirían en la forma más común de los conflictos venideros*”<sup>7</sup>. Durante los últimos 15 años, comenzando con la Guerra de Afganistán contra el régimen talibán y la Iida Guerra de Irak, luego los conflictos surgidos en medio oriente con la primavera árabe, la reciente aparición del Estado Islámico (ISIS), el conflicto en Ucrania entre fuerzas rebeldes y fuerzas del estado; establecieron una delgada línea entre los no combatientes y combatientes. La tecnología digital y las redes sociales, muestran en tiempo real los daños colaterales producidos en estos conflictos. El costo estratégico militar y político de los daños colaterales, llevaron a casi todos los estados participantes, no sólo a adquirir sistemas con PGMs, sino también a producirlos.

Los nuevos escenarios de la guerra, junto con el desarrollo de la tecnología de guiado, motivaron la revalorización del empleo de la Artillería de Campaña en este tipo de conflictos. Históricamente empleada para brindar apoyo de fuego de zona a las tropas empeñadas en primera línea, **la Artillería de Campaña y las armas de tiro indirecto de Infantería se vieron seriamente limitadas para proveer apoyo de fuego cercano en áreas pobladas**. Los daños colaterales producidos por el empleo de la Artillería y morteros provienen principalmente de la dispersión a causa de los errores tanto intrínsecos como extrínsecos de la trayectoria: variaciones del viento, temperatura, presión atmosférica, velocidad inicial, pequeñas variaciones en el peso del proyectil, etc. Una dispersión normal de los cañones de 155mm de Artillería es de aproximadamente 175 m de CEP (error circular probable) a 20 km de alcance y de 273 m a 30 km. Es un error de dispersión muy grande para realizar tiro indirecto en un área poblada o una ciudad si uno de las restricciones en el planeamiento de la operación es la minimización de los daños colaterales.

Estas restricciones de la Artillería de Campaña en el “nuevo” campo de combate, motivaron en la última década a los diferentes ejércitos protagonistas, a desarrollar PGMs para sus cañones de 155mm. De esa manera lograban integrar a la Artillería de Campaña a los sistemas de apoyo de fuego de precisión. El M712 COPPERHEAD de USA y el 30F39 KRASNOPOL con guiado láser de RUSIA, fueron los primeros en utilizar ésta tecnología. El más moderno es el EXCALIBUR (en sus variantes XM982 y M982) que cuenta con guiado GPS/INS y guiado láser al igual que el italo/germano VULCANO (155mm y 127mm). Estos PGMs le dieron la capacidad a la Artillería de campaña de obtener valores de CEP de entre 5/20 m, aunque con un costo todavía relativamente alto, considerando los blancos típicos de la Artillería de Campaña.

### **Problemas logísticos y la movilidad.**

El concepto de movilidad se ha trasladado también a los sistemas de armas de apoyo de fuego y actualmente se tiende al reemplazo de las plataformas de apoyo de fuego estáticas. Los modernos sistemas de

---

<sup>6</sup> Air Force Pamphlet 14-210, USAF Intelligence Targeting Guide, 1 de febrero de 1998, pag 114.

<sup>7</sup> Chand Naresh Lt Gen, “*Bull's eye with Precision Guidance*”, Scholar Warrior, Spring 2014, pag 99.

vigilancia y adquisición de blancos junto a sistemas de fuego de contrabatería para neutralizar las armas de apoyo de fuego enemigas, impulsaron el desarrollo de las “self propelled guns” o armas autopropulsadas. Podemos nombrar entre los principales y más modernos sistemas al ARCHER L52 (UE/Suecia), DONAR (Alemania), CEASAR (Francia), K9 Thunder (Corea del Sur), KRAB 155mm (Polonia), ATMOS (Autonomous Truck Mounted howitzer System - Israel), SSPH 1 Primus (Singapore Self Propelled Howitzer - Singapur) o el M109A7 PIM (Paladin Integrated Management – EEUU). Las principales potencias militares del mundo, los países de la OTAN, Rusia, China y otros menores ya cuentan con la mayor parte de sus sistemas de apoyo de fuego autopropulsados. Además de la movilidad, todos ellos poseen sus propios centros de dirección de fuego computarizado (CDFC) a través de componentes tipo GNPS (Gun Navigation and Pointing System) que no sólo los integra de una manera rápida mediante localización y posicionamiento al sistema de apoyo de fuego centralizado, sino que también les permite la ejecución de misiones de fuego individuales. Algunos de ellos como el M109A7 PALADIN, es un sistema compuesto por dos vehículos el SPH (Self Propelled Howitzer – Cañón Autopropulsado) y el FAASV (Field Artillery Ammunition Support Vehicle) que acompaña al SPH con el reaprovisionamiento de la munición y mantenimiento. El FAASV puede transportar hasta 95 proyectiles de 155mm, que sumados a los 35 del SPH, le da una autonomía total de 130 proyectiles. No obstante, el principal problema, aún en los más modernos y efectivos sistemas de apoyo de fuego de Artillería, continúa siendo la logística de transporte y reaprovisionamiento de la munición.<sup>8</sup>



Fig 1: DONAR sistema AGM (Cañón de Artillería Modular)

Fig 2: M109A7 PIM es el sistema más moderno de EEUU

La gran movilidad y autonomía de las piezas demanda mayor eficiencia en el empleo de las dotaciones de los distintos tipos de proyectiles. Para ello, se requiere necesariamente mejorar la precisión. Los desarrollos de las primeras PGMs para Artillería de Campaña (M712 Copperhead, M982 Excalibur, 30F39 Krasnopol) producían el efecto requerido en el blanco al primer disparo y dejaban en el pasado el concepto del tiro de registro. Brindan de este modo a los SPH una mayor supervivencia en el campo de combate, aplicando el concepto de “Shoot and Scoot” (disparar y huir), a través del máximo aprovechamiento de su movilidad, su sistema autónomo de tiro y su cadencia de fuego.

### **Costos y viabilidad de los diferentes sistemas PGMs**

Comenzando con las bombas aerolanzables, el costo del kit *Paveway II*, con sólo guiado laser es de alrededor de los US\$ 12000, mientras que el *Paveway III* con el GPS/INS aumenta a US\$ 40000/70000. Por otro lado, el sistema básico *JDAM* tiene un costo de US\$ 25000, mientras que el Laser JDAM alrededor de US\$ 42000<sup>9</sup>. Es importante remarcar el costo de cada uno de estos sistemas, ya que tienen una precisión y letalidad similar al de algunos sistemas de armas de largo alcance, tales como *Tomahawk* o el *JASSM (Joint Air to Surface Standoff Missile)* con un costo que oscila entre US\$ 1M / 1.5M. Los requerimientos de provisión de las JDAM, en sus dos variantes, por parte de la USAF a Boeing, se fue incrementando en los últimos tres años, con un presupuesto para el 2016 de US\$ 559 millones, contra un presupuesto de US\$ 101 millones en 2015 y US\$ 210 millones en 2014. Por

<sup>8</sup> Fig 1, Fig 2: Fuente, Army recognition digital magazine, disponible en <http://www.armyrecognition.com/>

<sup>9</sup> Defense Acquisition Management Information Retrieval (DAMIR), Selected Acquisition Report (SAR) of Joint Direct Attack Munition (JDAM), FY16, pag 29.

Tamir Eshel, “The high cost of precisión attack”, Defense Update Digital Magazine, Mayo de 2011, pag 1.

otro lado, los presupuestos para sistemas de largo alcance como el Tomahawk han descendido casi en un 50%, pasando de un presupuesto de US\$ 343 millones a US\$ 210 millones<sup>10</sup>.

JDAM		ACTUAL		ACTUAL		ACTUAL		PRELIMINARY		REQUESTED	
		FY2012 Total	FY2013 Total	FY2014 Total	FY2015 Total	FY2016 Total					
		QTY	Million \$	QTY	Million \$	QTY	Million \$	QTY	Million \$	QTY	Million \$
<i>Procurement</i>											
JDAM Kit Purchases	USAF	4,259	127.25	4,678	144.61	10K	250.47	4,333	228.44	12K	559.10
<b>Total Procurement</b>		<b>4,259</b>	<b>127.25</b>	<b>4,678</b>	<b>144.61</b>	<b>10K</b>	<b>250.47</b>	<b>4,333</b>	<b>228.44</b>	<b>12K</b>	<b>559.10</b>
RDT&E	USAF	-	-	-	-	2.42	2.42	2.47	2.47	-	-
<b>Total RDT&amp;E</b>		<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2.42</b>	<b>2.42</b>	<b>2.47</b>	<b>2.47</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Total Program Spending</b>		<b>4,259</b>	<b>127.25</b>	<b>4,678</b>	<b>144.61</b>	<b>10K</b>	<b>252.89</b>	<b>4,333</b>	<b>230.91</b>	<b>12K</b>	<b>559.10</b>

FY2017-FY2020 Budget Data  
in PDF files below table →→→

En lo que respecta a los PGMs de Artillería, encontramos un paralelismo respecto a la evolución de las PGMs utilizadas por los bombarderos. Si bien esta tecnología se comenzó a desarrollar en los años 90, se utilizaron por primera vez con éxito durante la década pasada. Sin embargo, como expresamos anteriormente, su costo aún continúa elevado para su empleo sobre blancos tradicionales de la Artillería de Campaña y sólo son utilizados en caso de blancos de alto valor o “high value targets” (HVT).

Con el objetivo de reducir costos y aprovechar los grandes inventarios de proyectiles de Artillería, el Departamento de Defensa de los EEUU ordenó a finales de la década pasada, promover proyectos que utilicen el “concepto de modularidad” como los kits JDAM o Paveway, pero que se puedan aplicar a los proyectiles de artillería no guiados. Surgieron así varios proyectos con una concepción similar centrada en la corrección de trayectoria a través de una espoleta “inteligente”, las CCF (Course Correction Fuze). Si bien el desarrollo de estos programas llevó más años de lo esperado, se encuentran actualmente en etapa de prueba, como es el caso del PGK (Precisión Guidance Kit), que puede considerarse como el único, hasta el momento, testado en combate. El relativo bajo costo y el aprovechamiento de los proyectiles no guiados, hacen viable el uso de estos PGMs por parte de la Artillería de Campaña y Morteros, para todo tipo de blancos tácticos.

De esa manera, podemos observar que la tendencia de las PGMs se orienta decididamente hacia los kits que transforman proyectiles no guiados en proyectiles “inteligentes”, tanto para las bombas aerolanzables (JDAM y Paveway), como hacia las espoletas de corrección de trayectoria (CCF), de empleo en la Artillería de Campaña y Morteros. Aunque el resto de los proyectos de PGMs de largo alcance (Tomahawk, JASSM) o de Artillería no modulares (Excalibur, Vulcano) aún continúan vigentes y en desarrollo.

**ESPOLETAS DE CONTROL DE TRAYECTORIA.**

Las espoletas de control de trayectoria o “course correction fuze” (CCF) conforman una tecnología que inició su desarrollo a mediados de la década pasada, e intenta emular a los kits aplicados a las bombas aerolanzables del tipo LGB, JDAM o el Paveway, transformando así un proyectil de Artillería no guiado en un PGM. Estos proyectos significaron un desafío tecnológico enorme, ya que debían reducir el tamaño de todos los componentes de control y guiado de un PGM, al espacio disponible en una espoleta de proyectil de artillería o mortero, manteniendo obviamente las funciones propias de la misma espoleta. Pero además del gran desafío que suponía alcanzar los requerimientos citados, se debían reducir los costos, de forma tal que resultara viable emplear estos kits para batir blancos cercanos en el nivel táctico.

Problemas técnicos diversos llevaron a que los desarrollos de estos proyectos se extendieran por casi diez años. Demasiado, si consideramos la evolución exponencial de otras tecnologías en ese lapso. Sin embargo, uno de estos kits logró imponerse al resto, habiéndose probado su eficiencia en combate. Esto aceleró varios programas que obtuvieron presupuestos específicos, por parte de algunas potencias militares. tales como Israel, China, Francia, Gran Bretaña, Alemania y requerimientos de compra por parte de otros países, como Chile, Sudáfrica, Corea del Sur y Polonia.

**TRANSMISION DE DATOS DE TIRO AL PGM.**

La utilización de los PGM que constan de un sistema de guiado GPS o INS, o la combinación de ambas, requieren necesariamente de un sistema computarizado que le permita la carga digital previa de los datos del tiro: coordenadas del blanco, coordenadas de la plataforma de tiro, distancia y ángulo de dirección al blanco, ubicación

<sup>10</sup> Defense Advanced Research Project Agency (DARPA), Fiscal Year 2017 (FY17), President’s Budget Submission.

de OOA y propias tropas, condiciones climáticas, etc. En el caso del guiado GPS requiere al menos los datos de las coordenadas del blanco y en el caso del INS, también como mínimo de la plataforma.

Para realizar esta actividad se utiliza el EPIAFS (Enhanced Portable Inductive Artillery Fuze Setter), que transmite los datos obtenidos por el PIK (Plataform Integration Kit) provenientes del sistema de control de fuego y del receptor GPS de la plataforma de tiro. Cada plataforma M109A6/7 Paladin (USArmy) posee este sistema integrado que le permite operar independientemente, con un tiempo menor al minuto, desde que se reciben los datos del blanco hasta que sale el proyectil. Es importante destacar que, sin el sistema de control de fuego computarizado integrado y/o el EPIAFS, es inútil la utilización de un PGM que sólo opere con guiado GPS/INS como en caso del kit PGK. No es el caso de los que utilizan sólo el SAL como guiado, como el Proyectil Krasnopol, en el que el guiado comienza cuando adquiere la señal reflejada en el blanco “iluminado” por el láser.

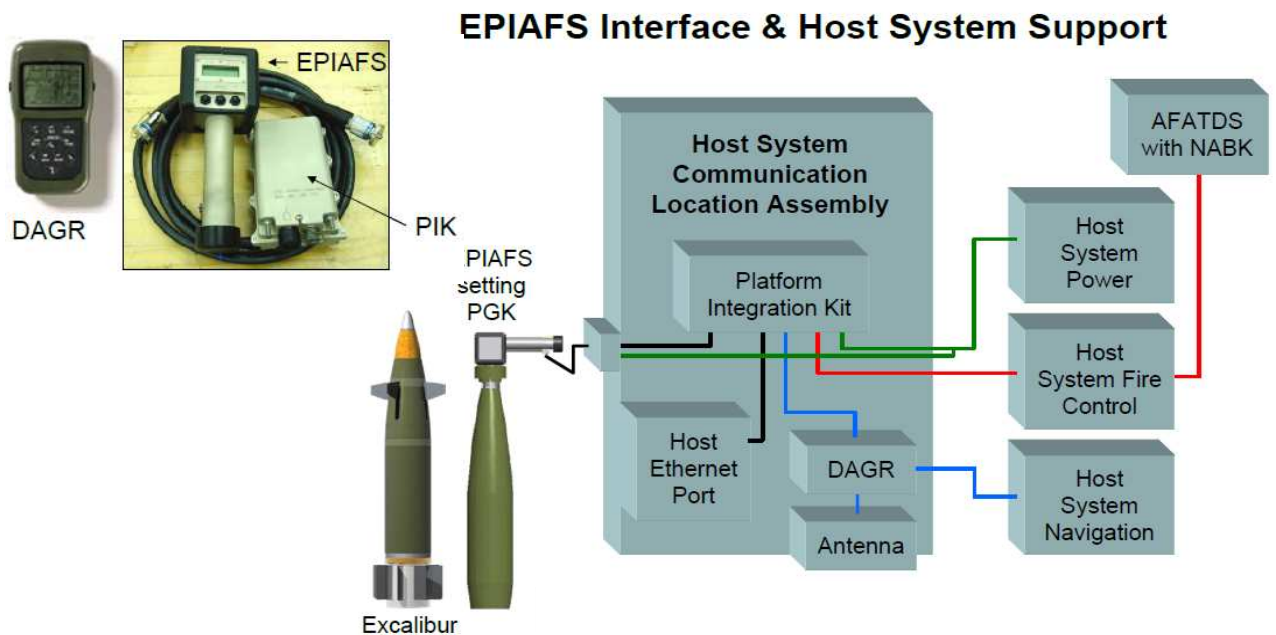


Fig 19: Diagrama de Sistema Integrado: PGM (GPS/INS), EPIAFS, PIK, control de fuego computarizado y plataforma de tiro.

### 3. PROGRAMAS Y PROYECTOS DE PGMs DE MAYOR RELEVANCIA ACTUAL.

#### Programa Excilibur.

Si bien el proyecto de una munición guiada de Artillería comenzó en 1992 con varias patentes de funcionamiento del sistema y sus componentes, su desarrollo recién se inició como un programa de DARPA en 1997, a través de las empresas Raytheon y BAE Systems, actuales proveedoras del sistema de armas. El programa fue separado en cuatro etapas sucesivas con el objetivo de “mejorar el sistema de apoyo de fuego a través de una familia de Proyectiles Guiados de 155mm de Artillería con alcance extendido, aumentando la precisión y reduciendo el daño colateral”<sup>11</sup>. Esta familia de proyectiles se dividió en tres etapas de desarrollo (Block I, Block II, Block III), sumando en cada etapa capacidades significativas al apoyo de fuego cercano. La primera etapa del programa consiste en el Block I, como un PGM con cabeza de guerra de alto explosivo (HE) para blancos únicos; el Block II (Smart) mantiene la misma característica que el anterior, pero cargado a su vez con submuniciones también inteligentes para blancos múltiples móviles, el Block III (Discrimination) mantiene las características del Block I, con alto explosivo, pero con la capacidad de batir blancos móviles, detectando automáticamente el blanco de más alto valor. Si bien las etapas del programa se han demorado en su desarrollo, la primera (Block I) tuvo su bautismo de fuego en combate en Irak en 2007 y continúa con éxito en servicio.

<sup>11</sup> Defense Acquisition Management Information Retrieval (DAMIR), “Selected Acquisition Report (SAR) of Excilibur (Unitary)”, FY11, pag 4.

El Block I, se dividió a su vez en los Ia-1, Ia-2 y el más moderno Ib. Actualmente esta etapa de desarrollo se encuentra finalizada, con los proyectiles en producción y abastecimiento. El Block II, se encuentra en etapa de prueba de campo, restando aún la prueba en combate. El Block III mientras tanto sigue en desarrollo.

El M982 Excalibur, es un PGM que combina el sistema de guiado GPS/INS con el guiado láser semi-activo, por lo que cuenta con capacidad todo tiempo, bajo cualquier condición meteorológica. El último modelo el Ib tiene un CEP menor a 4m y pruebas realizadas durante el año 2016 con el nuevo P-INS, lograron reducir el CEP a 2m, utilizando sólo el sistema de guiado GPS/INS. Este sistema no sólo se caracteriza por el guiado, sino que tiene además un alcance de 40km, casi el doble que una munición no guiada de 155mm. Además, su espoleta se encuentra conectada electrónicamente al sistema de guiado y control, permitiéndole programar tres tipos diferentes de retardo o ángulo de impacto. El primer modo es la detonación a una altura determinada respecto al blanco, con un ángulo de impacto de 90°, para incrementar los efectos de balística terminal. Un segundo modo con detonación al impacto, y un tercero con retardo y gran ángulo de impacto, para instalaciones o fortificaciones.<sup>12</sup>

Sin embargo, sus costos continúan siendo excesivos, considerando la cantidad y características de los blancos que normalmente debe batir la Artillería de Campaña. Su utilización se restringe a blancos de alto valor táctico o estratégicos, que supongan un riesgo alto de daño colateral. El costo de cada proyectil Excalibur 1b, si bien se ha reducido con respecto a los modelos anteriores, es actualmente de US\$ 50.000. La aparición de los kits para munición no guiada, que permiten aprovechar el stock disponible a un costo casi diez veces menor, obteniéndose además valores de CEP aceptables, hicieron que el presupuesto asignado al programa se reduzca. Para el próximo año el DoD de EEUU planifica mantener en stock algo más de 7000 proyectiles<sup>13</sup>. Se encuentra actualmente en servicio en EEUU, Canadá, Australia, Suecia, Jordania y Gran Bretaña.

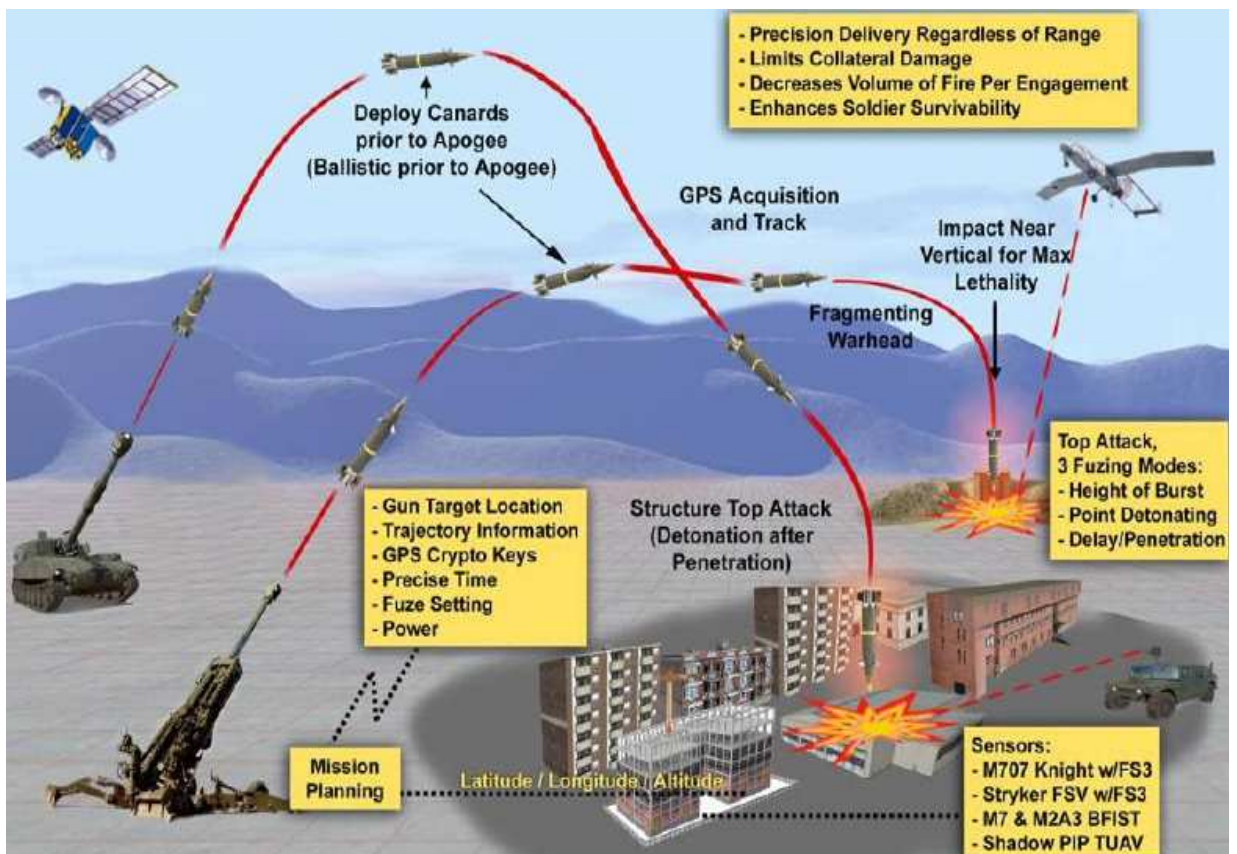


Fig 20: Concepto de empleo del PGM Excalibur.

<sup>12</sup> Fig 20, 21 y 22: Milner Mike LTC, "Precision Strike Association Excalibur Overview", Combat Ammunition Project Office, Picatinny Arsenal, New Jersey, 2012.

<sup>13</sup> Jacob Con; "FY17 Weapon Systems Factbook", Center of Strategic and Budgetary Assessments (CSBA), pag 49.

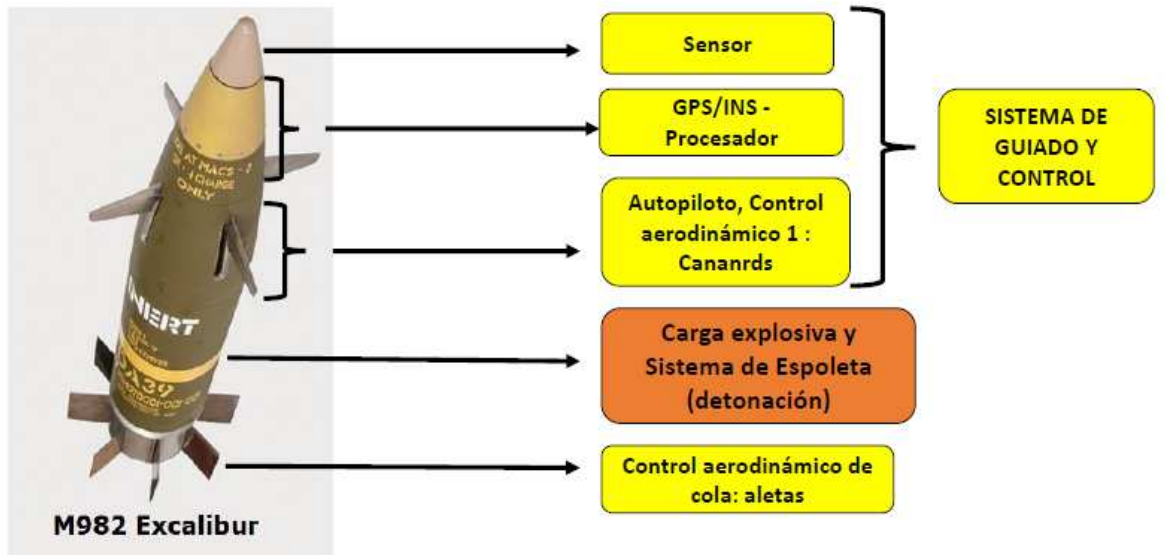


Fig 21: M982 Excalibur 1b partes fundamentales.

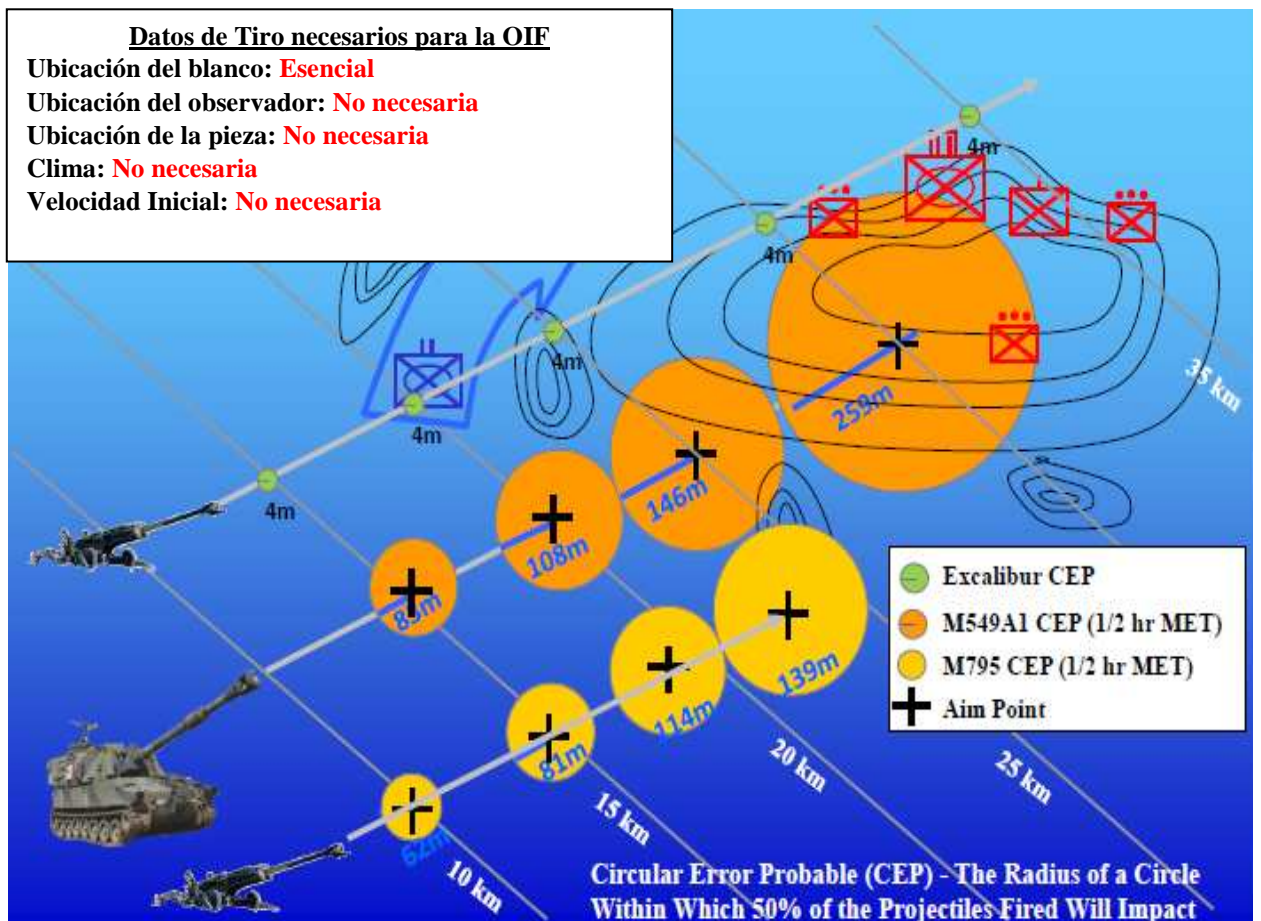


Fig 22: Comparación del alcance y CEP del Excalibur 1b con otros proyectiles y cañones de Artillería.



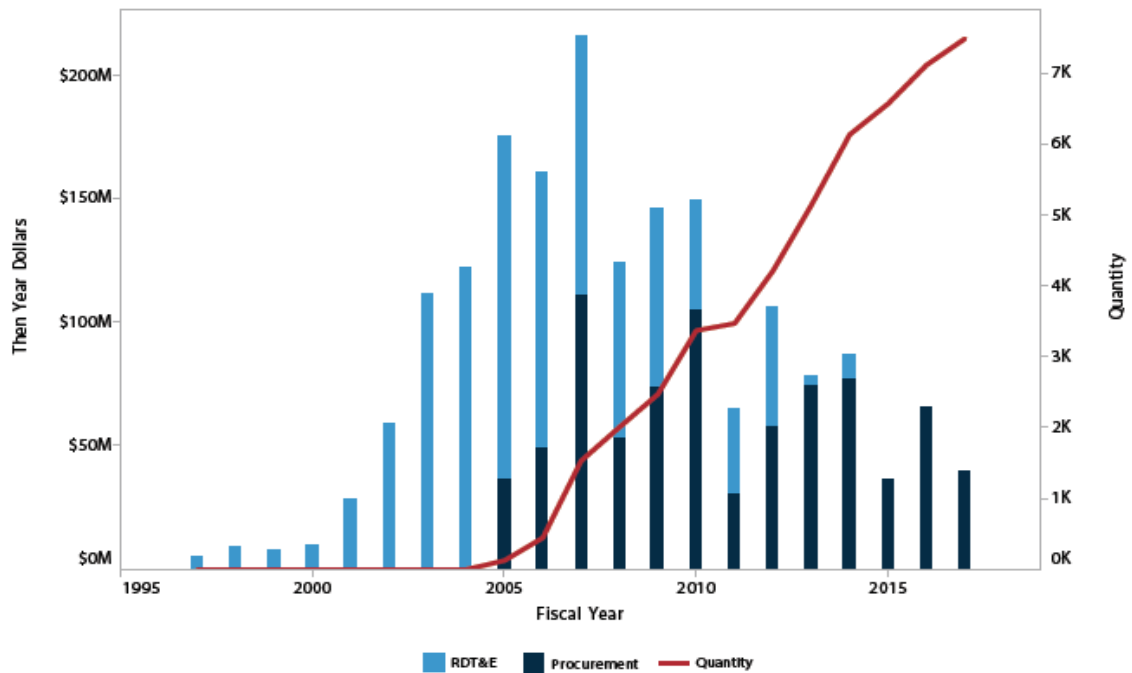


Fig 23: Gráfico con el presupuesto asignado para desarrollo, cantidad adquirida y en stock del Programa Excalibur.

### Krasnopol -M

El Krasnopol es un proyectil desarrollado por la empresa Rusa KBP Ltd disponible en calibres 152mm y 155mm, que cuenta con un sistema de guiado láser semi-activo. Su última versión es el Krasnopol M2 que extendió el alcance de su predecesor de 17 a 25km. Posee al igual que el Excalibur, aletas de cola desplegadas para mantenerlo estabilizado durante el vuelo. Si bien posee un CEP menor a 3m, no es un proyectil todo tiempo, ya que requiere la asistencia de un observador en tierra que ilumine el blanco con el equipo LTD/R (laser target designator / rangefinder) ID22, que forma parte del sistema de control de fuego Malakhit. El alcance del ID22 es de 7km para blancos móviles y 15km para blancos de gran tamaño, brindándole al proyectil una probabilidad de impacto de 0,7/0,8. El Malakhit se completa con el equipo de comunicaciones del observador, la computadora de cálculo de tiro y el equipo de sincronización que vuelca los datos de tiro en el proyectil. Si el observador deja de iluminar el blanco por cuestiones climáticas o tácticas, el proyectil no tiene manera de corregir su trayectoria ya que no posee el sistema INS. El sistema de control utilizado es el de cuatro canards desplegadas, que variando su posición modifican el spin del proyectil, permitiendo así una corrección 2-D, desde las fases media y final de la trayectoria. Puede adquirir y batir blancos móviles con velocidades hasta 36km/h. Su principal ventaja es el costo del proyectil ya que no sobrepasa los US\$ 2000. Este sistema se encuentra en servicio desde mediados de la década de 1980, y los principales países usuarios son China e India. Este último lo empleó con éxito en conflictos con Pakistán. En nuestra región, Venezuela posee este sistema de PGM.<sup>14</sup>



Fig 24: Krasnopol-M 155mm junto con el Sistema de control de fuego Malakhit.

<sup>14</sup> Fig 24: Fuente; KBP Instrument Design Bureau, disponible en <http://kbp.tula.ru>

### Vulcano V155 GLR-SAL.

El programa Vulcano, si bien aún no ha sido probado en combate, es el que más capacidades ofrece a un proyectil inteligente de Artillería. Fue diseñado tanto para ser utilizado por la Artillería de Campaña como para la Artillería Naval, con sus dos versiones según el calibre 155mm y 127mm. La empresa italiana Oto Melara (actualmente fusionada con LEONARDO (Finmeccanica) desarrolla este sistema junto con la alemana DIEHL.

El Vulcano es un sistema de PGM de largo alcance, todo tiempo, ya que integra los sistemas de guiado GPS/INS/SAL, al igual que el Excalibur 1b. Sin embargo, se diferencia de la última versión del Excalibur en el alcance. El poder realizar fuegos de precisión con unos sorprendentes 80km de alcance lo convierten en el más avanzado proyectil de Artillería de Campaña de la actualidad. La versión 127mm naval adiciona, además, la tecnología de guiado activa infrarroja, capaz de discriminar blancos móviles en el campo de combate. Aunque aún se encuentra en etapa de desarrollo debido a su costo, ya ha sido probada con éxito en los proyectiles de 155mm en el año 2014. La implementación del guiado activo a un proyectil de Artillería, con capacidad de discriminación de blancos le permitirá batir vehículos blindados en movimiento a 80km de distancia, sin ningún tipo de apoyo externo o necesidad del “battle network”. Su única desventaja, al igual que los proyectiles del programa Excalibur es su elevado costo, ya que la versión Vulcano V155 GLR-SAL tiene un precio de alrededor de US\$ 50000.

Con el guiado GPS/INS tiene un CEP que varía entre 3 y 15m, dependiendo del nivel de señal GPS. En caso de contar además con una iluminación del blanco mediante un LTD/R, el CEP se reduce a menos de 1m en el caso de blancos fijos, a un CEP menor a 3m en el caso de blancos móviles como vehículos blindados. Para que el SAL pueda ser empleado en el blanco se debe encontrar dentro de un cono determinado respecto a la dirección de la trayectoria, permitiéndole la maniobrabilidad suficiente al proyectil para adquirir el blanco y corregir su dirección. El proyectil puede ser utilizado en la mayoría de los cañones modernos de 155mm, actualmente en servicio. A fines de 2016 se prevé la primera provisión a las Fuerzas Armadas de Alemania e Italia.



*Fig 25: Vulcano V155 GLR-SAL, su sistema GPS/INS/SAL y sus 80 km de alcance lo convierten en el más sofisticado PGM de Artillería de la actualidad*

### M1156 PGK (Precision Guided Kit).

El PGK es una espoleta de corrección de trayectoria (CCF), desarrollada y comercializada actualmente por la empresa **Orbital ATK**. Ha pasado ya a la fase final de producción o “Full production”, habiendo completado con éxito las pruebas de campo desde el año 2013 y probada en combate en Afganistán.

Posee solamente un sistema de guiado, el GPS, que actualiza constantemente su posición en el espacio, permitiéndole al sistema de control, corregir continuamente la trayectoria. El sistema de control utilizado es el de “roll decoupled” con canards fijas, brindándole correcciones 2-D. Si bien el programa ya puede considerarse un éxito, demoró un tiempo mayor a lo esperado, debido a complicaciones técnicas. Incluso se cambió el sistema de control previamente concebido para el programa, pasando de un sistema de “spin brake”, al “roll-decoupled”. Desde el 2013 ha pasado los distintos test de prueba, por lo que el desarrollo del programa continúa. En los últimos tres años se ha logrado reducir los costos en un 50%, pasando de US\$15000 a menos de US\$10000, con mejoras

sucesivas en los valores obtenidos del CEP, que pasaron de 50m en 2011 a 10m en las últimas pruebas. Aunque no pretende reemplazar en lo inmediato al programa Excalibur, por sus menores costos es utilizado sobre aquellos blancos o situaciones de combate donde sea indiferente el uso de uno u otro tipo de PGM. Recordemos que el Excalibur 1b es un PGM todo tiempo, que puede ser utilizado sobre blancos móviles gracias a su sistema SAL, mientras que el PGK corre el riesgo de no ser efectivo en caso de que el enemigo disponga de armas de intercepción de señales GPS o “GPS jamming”. Asimismo, el PGK consta de un sistema de seguridad, que permite la opción de “no detonar” la carga explosiva, en caso de que el proyectil no impacte dentro del CEP de 10m. Para cargar los datos del blanco a la espoleta, se utiliza el mismo sistema con el que consta el Excalibur, el EPIAFS (Enhanced Portable Inductive Artillery Fuze Setter), integrado mediante el PIK (Platform Integration Kit) al receptor GPS de la plataforma de tiro y al control de fuego computarizado.<sup>15</sup>

“Nosotros presumimos de dar siempre en el blanco, eso nos enorgullece como pelotón, pero los proyectiles con la espoleta PGK impactaban justo encima del blanco, ronda tras ronda, nos dejó impresionados. La precisión fue realmente notable”<sup>16</sup>, con estas palabras describía el rendimiento del kit PGK, el Suboficial Evan Clayton Jefe de Pieza, del 15<sup>th</sup> Field Artillery Regiment, durante el entrenamiento de su pelotón con el kit PGK, previo a su despliegue en Afganistán.

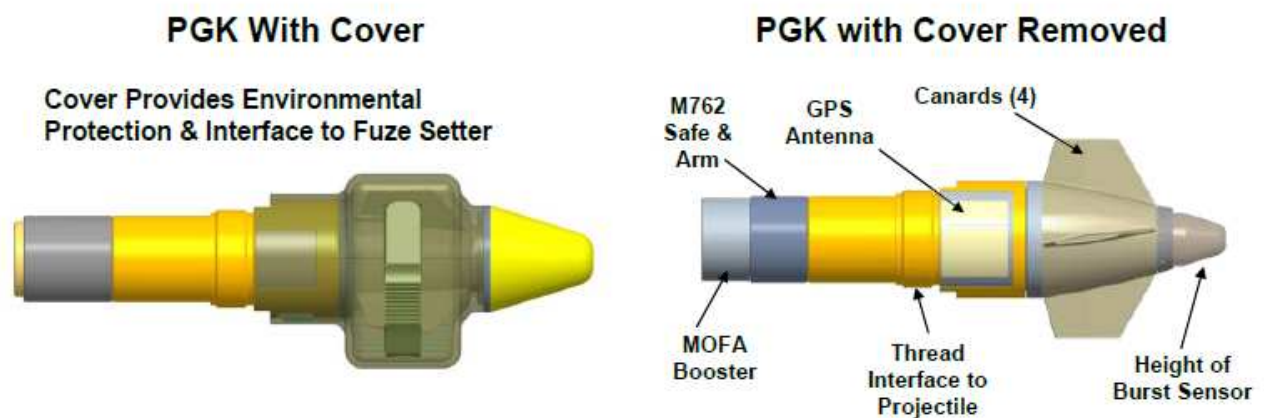


Fig 26: Diseño del PGK, con cubierta protectora de espoleta y sin la misma.

### Top Gun.

El programa Top Gun consiste en una espoleta de corrección de trayectoria, desarrollada por IAI (Israel Aerospace Industries), desde el año 2009. Actualmente se encuentra finalizando la etapa de pruebas, ingresando a partir del año 2017 en la primera etapa de producción.

Utiliza el guiado GPS/INS y el sistema de control empleado es el “spin brake”, con canards que se despliegan y cambian su orientación, permitiendo una corrección en 2-D. Las pruebas realizadas en el presente año, arrojaron un CEP menor a 10m, al igual que su competidora la PGK. A diferencia de la anterior, dispone de la capacidad de empleo “todo tiempo”, gracias al guiado INS que permite continuar guiando al proyectil aun habiéndose interceptado la señal GPS. Como el programa no entró aún en etapa de producción, se desconoce con exactitud su costo final, pero se cree que estará por encima del PGK, debido al sistema INS. Su mayor volumen respecto a la PGK, se debe en gran medida a la incorporación de este sistema de guiado.

<sup>15</sup> Fig 26: Johnson Lyle, “Precision Guided Kit (PGK)”, Armament Systems Information Program, Orbital ATK, 15 de mayo de 2012

<sup>16</sup> Matthew Cox, “Army Ships Precision Guidance Kits to Artillery Units in Afghanistan”, Defense Tech, Mayo 2013.



Fig 27: CCF Top Gun con guiado GPS/INS y control “spin drake”

### **SPACIDO**

Es una espoleta de control de trayectoria, desarrollada por las empresas NEXTER, T2M e IN-SNEC contratadas por el gobierno de Francia, para proveer a su plataforma de tiro CEASAR, de un sistema CCF para sus proyectiles no guiados. Es una de las primeras en ser desarrolladas y la primera que paso a la etapa de producción en el año 2010.

El sistema de guiado utilizado es bastante particular y responde al concepto de “beam guidance”, que funciona mediante una onda de radar, emitida por un dispositivo ubicado en el tubo cañón de la plataforma de tiro. Una vez que el proyectil sale del tubo, el radar mide la velocidad del proyectil, calcula la trayectoria correspondiente a la velocidad medida y le transmite a la espoleta la información de la nueva trayectoria calculada. La espoleta recibe esta información y corrige el alcance, mediante un sistema de control tipo “drag brake”, de manera de reducir los errores a lo largo del eje longitudinal.<sup>17</sup> Es un sistema de control 1-D, es decir que no puede corregir desplazamientos laterales en la trayectoria. La reducción de la dispersión en alcance es menor a 4m con este kit. Está disponible en versiones para proyectiles de 155mm y 105mm.

Más allá de las limitaciones propias del sistema de control 1-D, tiene dos ventajas principales. La primera ventaja es que no puede ser afectado por intercepciones producto del “GPS jamming”, lo que lo transforman en un sistema todo tiempo. La segunda y principal ventaja es su costo. Al no contar con receptores GPS o sistemas INS (más caros) y tener el sistema de control más simple de “drag brake”, su precio es de casi una cuarta parte que el PGK o el TopGun. Francia planea aumentar su stock de esta espoleta en 30.000 unidades para el próximo año.

---

<sup>17</sup> Fig 28: [Campion Benjamin, “Spacido 1-D Correction Fuze”, 51st Annual Fuze Conference, Nexter Munitions and T2M, Nashville, mayo de 2007.](#)



Fig 28: La CCF SPACIDO utiliza un sistema de guiado “beam guidance” y sistema de control “drag brake”, con correcciones en 1-D.

### 6.7. PGMs para morteros.

Hay varios programas para Morteros de 120mm y 81mm que pueden considerarse exitosos. Muchos de ellos se desprenden o forman parte de las familias de los PGMs de Artillería de 155mm y de los kits modulares de espoletas de corrección. Pero aún resultan muy costosos, teniendo en cuenta el tipo de blanco a batir por los morteros, que son por lo general de menor valor táctico que los asignados a la artillería de campaña de 155mm.

Para el caso del calibre 120mm sólo se encuentran en producción, desde hace algunos años, los que cuentan sólo con sistema de guiado SAL (semi-active láser), teniendo el mismo tipo de funcionamiento que sus pares de 155mm como el Krasnopol. El CEP en la mayoría de los casos es menor a 1m, ya que se reduce respecto al proyectil de 155mm al tener un menor alcance. Entre estos PGM de 120mm con guiado SAL tenemos al KM-8 GRAN 120, de la empresa KBP rusa (familia del Krasnopol) y al GMM 120 Dhiel, actualmente provisto en las fuerzas alemanas, el GP-9 LGMB (Laser guided mortar bomb) de Norinco, provisto en el ejército chino.

En el caso de los que cuentan con sistema GPS/INS, aunque se encuentran ya desarrollados en algunos casos, su implementación aún no es viable debido a los costos. Podemos mencionar entre otros al XM395 de la empresa ATK y al GMM 120mm de la empresa israelí IMI (Israel Military Industries), o el PERM (Precision Extended Range Munition) 120mm de Raytheon. Cabe destacar que el PERM y el GMM, no son sistemas modulares, mientras que el XM395, utiliza una espoleta similar a la PGK, denominada MGK (Mortar Guidance Kit). Estados Unidos e Israel siguen impulsando estos desarrollos y presionando a las empresas contratistas, para que reduzcan los costos de la tecnología de ambos proyectos.

Se puede observar una decisiva tendencia a que todos los sistemas de apoyo de fuego, incluso en el menor nivel, cuenten con municiones de precisión guiada. Hay inclusive proyectos para munición de 81mm y 60mm. Esto significa que, si bien aún no son viables por cuestiones de costos, la reducción de los mismos por el abaratamiento de sus componentes, harán posible en un futuro no muy lejano, la difusión masiva de estos sistemas de armas. Hace una década los kits PGM para artillería que no eran viables, hoy son una realidad, por lo que podemos afirmar que la Artillería de Campaña está en condiciones de pasar a formar parte de los sistemas de fuego de precisión. No falta mucho para que suceda lo mismo con los Morteros, tanto de 120mm como de 81mm y 60mm, introduciendo así a las armas de tiro indirecto de Infantería dentro de los sistemas de apoyo de fuego de precisión.



Fig 29: El PERM 120mm de Raytheon, el GMM 120mm de IMI y el XM395 con el kit MGK de ATK, con guiado GPS.

#### 4. CONCLUSIONES.

- Si bien el concepto de daño colateral no es nuevo en la historia de la guerra, su importancia ha ido creciendo desde la 2da Guerra Mundial. Las características de los conflictos armados de baja intensidad, lo han tornado imprescindible en la planificación de toda operación militar, principalmente en lo que respecta al apoyo de fuego. El impacto social, estratégico y político, impusieron a las principales potencias militares la extensión de sus fuegos de precisión, no sólo al apoyo aéreo o a los misiles de largo alcance, sino también a la Artillería de Campaña y Morteros.
- Además de reducir el daño colateral, los proyectiles guiados para la Artillería, reducen el volumen logístico de la munición, aumentando la autonomía de las modernas plataformas autopropulsadas de tiro y por ende su movilidad en el campo de combate. El efecto al primer disparo, eliminando el tiro de registro, permite ejecutar las misiones de fuego en un tiempo mínimo, aprovechando los sistemas de dirección de fuego computarizados que ya posean las plataformas. La disminución del riesgo de fratricidio, la sorpresa en las misiones de fuego y el costo-beneficio de batir determinados blancos se pueden enumerar como ventajas adicionales de incorporar el fuego de precisión a la Artillería de Campaña.
- Los proyectos más complejos y costosos como el Excalibur 1b y el Vulcano, estarán al alcance de aquellos ejércitos con un mayor presupuesto, no sólo por el costo en sí del sistema, sino también por el entorno de batalla que necesita para ser empleado eficientemente. Por otro lado, los kits, que desde mi punto de vista no reemplazan las capacidades brindadas por los proyectiles antes nombrados, los complementan cabalmente. Poseen a su vez un costo increíblemente menor, sin necesidad de contar con un entorno de batalla sofisticado, más que el de las comunicaciones de campaña. Las últimas noticias indican que partir del presente año, el uso de las espoletas inteligentes se extenderá no sólo a las potencias militares, sino también a otros países que pretenden no quedarse atrás tecnológicamente. Además, su bajo costo y adaptación en cañones y proyectiles ya disponibles, puede llegar a hacerlas accesibles a organizaciones armadas no estatales.
- En lo que respecta a Morteros, en sus diferentes calibres, la tecnología de los kits se puede emplear sin problemas en ellos, existiendo inclusive algunos proyectos ya disponibles en el mercado. Sin embargo, su costo de producción todavía es alto para un empleo justificado. Aun así, año a año el costo se ha ido reduciendo (el kit PGK se redujo un 50% por ciento en tres años) y las tendencias apuntan a que en el corto tiempo van a estar al alcance de la mayor parte de los ejércitos.
- La evolución de los proyectiles más sofisticados, como los programas Excalibur y Vulcano, apunta a la detección y discriminación de blancos. Esto les permitirá unir el antiguo concepto de saturación con el de precisión, sin contar con observadores en el campo de combate. Esta discriminación la podrá efectuar el proyectil con carga explosiva o aquellos que carguen con submuniciones con guiado activo, permitiéndole a un proyectil, detectar, reconocer y poner fuera de combate un escuadrón completo de tanques o blindados; diferenciándolos de los propios. Estos conceptos que parecen lejanos o de una película de ficción, se encuentran ya bajo pruebas, en el bloque II del programa Excalibur y en el Vulcano con guiado activo infrarrojo para proyectiles de 127mm.
- El presente artículo es un breve resumen de uno de los trabajos de investigación realizado en el Centro de Prospectiva Tecnológica Militar "Grl Mosconi" de la Escuela Superior Técnica. El trabajo forma parte de una

publicación anual donde se encuentran otros trabajos de investigación sobre el estado de arte de la tecnología para la defensa en diferentes campos como la química, automotores, armamento, informática y electrónica.

#### **BIBLIOGRAFIA Y FUENTES:**

Watts Barry, "The evolution of precision strike", Center for Strategic and Budgetary Assessments, Washington DC, 2013. Disponible en <http://csbaonline.org/publications/2013/08/the-evolution-of-precision-strike/>.

Department of Defense (USA), "Dictionary of Military and Associated Terms", Joint Publication, 16 de febrero de 2016 (actualización). Disponible en [http://www.dtic.mil/doctrine/new\\_pubs/jpl\\_02.pdf](http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jpl_02.pdf)

Chand Naresh Lt Gen, "Bull's eye with Precision Guidance", Scholar Warrior, Spring 2014, pag 99. Disponible en [http://www.claws.in/images/journals\\_doc/2092178497\\_NareshChand.pdf](http://www.claws.in/images/journals_doc/2092178497_NareshChand.pdf)

Gagnon Eric, Lauzon Marc; "Low cost guidance and control solutions for in-service unguided 155mm artillery shell"; Defense Research and Development Canada (DRDC) Valcartier, Technical Report, Julio 2009, pag 14.

Woodman Oliver J., "An introduction to Inertial Navigation", Technical Report 696, University of Cambridge, Computer Laboratory, August 2007, pag. 5. Disponible en <http://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-696.pdf>

Robert J. Heaston, Charles W. Smoots; "Introduction to Precision Guided Munitions", Technical report by GIDAC (Guidance and Control Information Analysis Center) for DoD (Department of Defense – EEUU) and DARPA, Mayo de 1983, pag 30.

Rupert John, Siewart Jeffm, "2-D Projectile trajectory corrector", US Patent 6502786 B2, 7 de Enero, 2003.

Abbott Anthony (Dr), "GPS Guided Munition", US Patent 5943009, 24 de Agosto, 1999.

Maynard John, Carlson Mark, Zemany Paul, "Optically Guided Munition Control System and Method", US Patent Application 2009/0039197 A1, 12 de Febrero de 2009.

Phillips Craig, "Targeting Augmentation for Short-Range Munitions", US Patent 8513580 B1, 20 de Agosto de 2013.

Geswender Chris, Streeter Jamens, "Apparatus for Air Brake Retention and Deployment", European Patent 2276998 B1, 17 de Diciembre, 2014.

Clancy John, Bye Thomas, Friedrich William, "Fixed Canard 2-D Guidance of Artillery Projectiles", US Patent Application 2005/0056723, 17 de Marzo, 2005.

Fraysee John, "Guided Fuse with Variable Incidence Panels", US Patent 8026465 B1, 27 de Septiembre, 2011.

Geswender Chris, Sanchez Cesar, Zamora Matthew, "Multi-Caliber Fuze Kit and Methods for same", US Patent Application 2012/0211592, 23 de Agosto de 2012.

Geswender Chris, Zamora Matthew, "Projectile with Deployable Control Surfaces", US Patent Application 2010/0288870 A1, 18 de Noviembre, 2010.

Frink Richard, "Precision Guided Munitions Alternator", US Patent 5101728, 7 de Abril, 1992.

Pristash David, "Course Correction Fuze", US Provisional Patent Application 60/873478, 6 de Diciembre, 2006.

Ringer Hayden, "Spin-Stabilized Guided Projectile", US Patent 5669581, 23 de Septiembre, 1997.

German Artillery School, "International Symposium of Artillery", Report of Dhiel Defence, , Octubre 2014, pag 36-42. Disponible en <http://www.freundskreis-artillerietruppe.de/images/stories/PDF/infobroschuerias2014.pdf>

Defense Intelligence Agency, "Soviet Analysis of Operation Desert Storm and Operation Desert Shield", 28 de Octubre 1991, pag 32.

Matthew Cox, "Army Ships Precision Guidance Kits to Artillery Units in Afghanistan", Defense Tech, Mayo 2013. Disponible en [https://www.army.mil/article/102402/New\\_gear\\_brings\\_enhanced\\_precision\\_to\\_field\\_artillery\\_in\\_Afghanistan](https://www.army.mil/article/102402/New_gear_brings_enhanced_precision_to_field_artillery_in_Afghanistan)

Picatinny Arsenal Public Affairs, US Army, 11 de Agosto de 2016. Disponible en <https://www.army.mil/article/173185>

Con, Jacob; "FY17 Weapon Systems Factbook", Center of Strategic and Budgetary Assessments (CSBA), pag 49. Disponible en <http://csbaonline.org/wp-content/uploads/2016/08/CSBA6194-FY17-Factbook-FINAL-hi.pdf>

Defense Acquisition Management Information Retrieval (DAMIR), "Selected Acquisition Report (SAR) of Excalibur (Unitary)", FY11, pag 4.

Balle, Joakim; "About JDAM", Aeroweb Digital Magazine, 15 de julio de 2015. Disponible en <http://www.bga-aeroweb.com/Defense/JDAM.html>

Jennings, Gareth; "Israel orders upgraded JDAM Kits", IHS Jane's Defence Weekly Magazine, 25 de noviembre de 2014. Disponible en <http://www.janes.com/article/46209/israel-orders-upgraded-jdam-kits>

Raytheon Company, "Converting Bombs into Precision-Guided Weapons", Paveway Laser Guided-Bomb. Disponible en <http://www.raytheon.com/capabilities/products/paveway-laser-guided-bomb/>

Eshel Tamir, “*The high cost of precision attack*”, Defense Update Digital Magazine, Mayo de 2011, pag 1. Disponible en [http://defense-update.com/20110506\\_precision\\_attack.html](http://defense-update.com/20110506_precision_attack.html)

Milner Mike LTC, “*Precision Strike Association Excalibur Overview*”, Combat Ammunition Project Office, Picatinny Arsenal, New Jersey, 2012.

Valcourt David P. Mj Gen, “*Army’s Precision Fires Study*”, Chief of the Field Artillery, Us Army Field Artillery Center, Fort Sill, OK, 2004. Disponible en [http://www.dtic.mil/ndia/2004precision\\_strike/ValcourtPEO\\_Huntsville.pdf](http://www.dtic.mil/ndia/2004precision_strike/ValcourtPEO_Huntsville.pdf)

Christopher F. Foss, “*Smart Ammo: Precision Guided Munition for Field Artillery*”, IHS Jane’s Defence Weekly, 2015. Disponible en [http://www.janes360.com/images/assets/423/54423/precision-guided\\_munitions\\_for\\_field\\_artillery.pdf](http://www.janes360.com/images/assets/423/54423/precision-guided_munitions_for_field_artillery.pdf)

Campion Benjamin, “*Spacido 1-D Correction Fuze*”, 51st Annual Fuze Conference, Nexter Munitions and T2M, Nashville, mayo de 2007.

Dhiel Defence, “*Vulcano Guided Ammunition Family*”. Disponible en [http://www.diehl.com/fileadmin/diehl-defence/user\\_upload/flyer/Flyer\\_VULCANO\\_kombi\\_1102\\_BS\\_02.pdf](http://www.diehl.com/fileadmin/diehl-defence/user_upload/flyer/Flyer_VULCANO_kombi_1102_BS_02.pdf)

Oto Melara, “*Vulcano: 155mm Ballistic Extended Range (BER) and Guided Long Range (GLR)*”, Finmeccanica Company, 2013. Disponible en [http://www.leonardocompany.com/documents/63265270/66960114/body\\_VULCANO\\_155MM\\_2013\\_1.pdf](http://www.leonardocompany.com/documents/63265270/66960114/body_VULCANO_155MM_2013_1.pdf)

KBP Instrument Design Bureau, “*Krasnopol M-2*”. Disponible en <http://kbptula.ru/en/productions/artillery-guided-weapon-systems/krasnopol-m2>



Cap Fernando Daniel Quinodoz: Egresó como Subteniente de Infantería del CMN en 2006. 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). Como oficial del ejército argentino, prestó servicios en el Regimiento de Infantería Paracaidista 2, Escuela de Suboficiales del Ejército “Sargento Cabral” y Colegio Militar de la Nación. Ha realizado las capacitaciones de Jefe de Lanzamientos Paracaidistas, Guía Paracaidista y Paracaidista de Apertura Manual; cursos de Instructor de Tiro, Jefe de Sección Morteros y jefe de

Subunidad en la Escuela de las Armas. Actualmente es cursante de Ingeniería Mecánica en Armamentos en la EST, Observador Tecnológico de armamento en el Centro de Prospectiva Tecnológica Militar “Grl Mosconi” e integrante del proyecto de mejora de las Ciencias Exactas en Institutos Militares junto a profesores de la EST y CMN.

Posibles Fotos de Portada si es elegida:



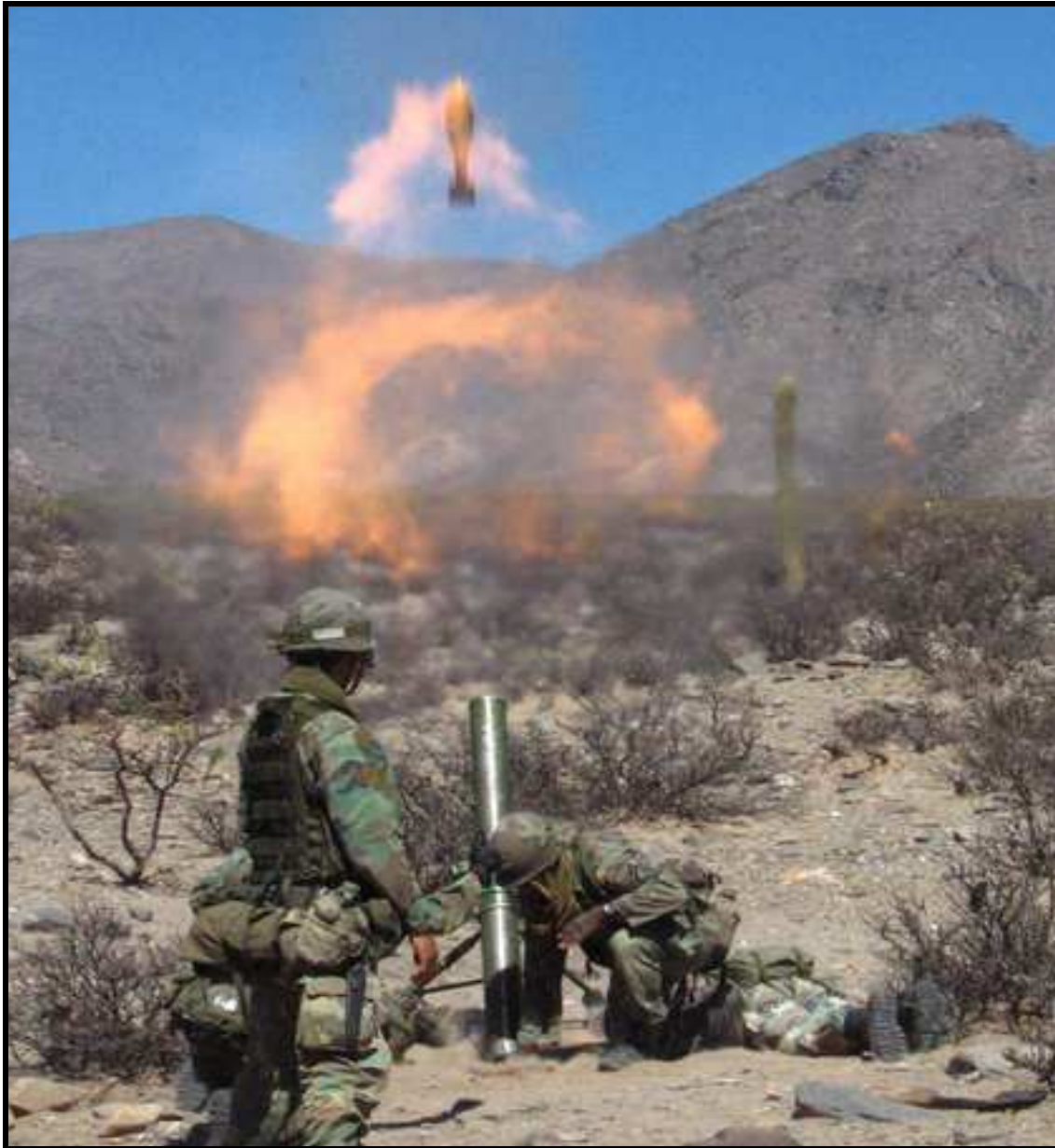


Foto: Mortero Base, Sección Morteros Pesados del RIParac 2, maniobras finales Noviembre 2010, Santa María-Catamarca.



Impacto en secuencia de Proyectoil Excalibur sobre un blindado.