Memorial De Artillería

Número 173/1 - Junio de 2017

Empleo de la ACA en Afganistán

PROYECTO ERESMA (Extensión de la red de sensores en misión de apoyos de fuego)

Memorial De Artillería

"Fundado en 1844, trata de ser un punto de encuentro de artilleros."

"Revista semestral donde se exponen noticias, vicisitudes y perspectivas del Arma."

"Todos para cada uno y cada uno para los demás"

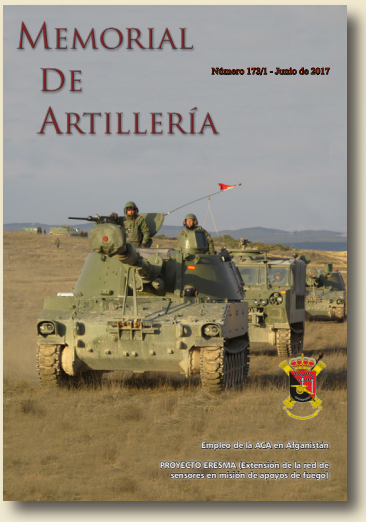
Para cualquier consulta:
Academia de Artillería
(Secretaría del Arma)
C/ San Francisco, 25
40001 SEGOVIA

Tfnos:
921413806/51/16
RPV:
8813806/51/16

memorial-artilleria@et.mde.es

Foto Portada: GACA X

MEMORIAL de ARTILLERÍA



EDITA:

MINISTERIO DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

ISSN: 2444-7595
NIPO: 083-15-194-1 (impresión bajo demanda)
NIPO: 083-15-195-7 (edición en línea)

DIRECTOR: coronel inspector de Artillería y Director de la Academia de Artillería.
CONSEJO DIRECTIVO: general jefe del MACA y general Jefe del MAAA.
CONSEJO DE REDACCIÓN: coronel secretario del Arma; teniente coronel jefe de estudios; coronel jefe de la JAD.; teniente coronel jefe del CAS; jefe del EM. del CG. del MACA.; jefe del EM del CG. del MAAA.; suboficial mayor de la ACART.
REDACCIÓN: Secretaría del Arma.
Academia de Artillería. San Francisco, 25
Apartado de Correos n.º 6. 40080 Segovia.
Teléf.: 921 41 38 06 Fax: 921 41 38 01
memorial-artilleria@et.mde.es
EDICIÓN GRÁFICA Y MAQUETACIÓN:
Imprenta Academia de Artillería
Este Memorial se puede solicitar en papel en la modalidad de impresión bajo demanda. Impreso de solicitud disponible al final del Memorial.
Los números editados se pueden consultar en formato electrónico en:
http://publicaciones.defensa.gob.es/inicio/revistas
App Revistas Defensa: disponible en tienda Google Play **http://play.google.com/store** para dispositivos Android, y en App Store para iPhones e iPads, **http://store.apple.com/es**

El Memorial de Artillería es una publicación profesional. Tiene por finalidad difundir ideas y datos que, por su significación y actualidad, tengan un interés especial y resulten de utilidad para los componentes del Arma. Con la exposición de noticias, vicisitudes y perspectivas, se logra difundir lo actual, el futuro y el pasado de la Artillería. Así se impulsan las acciones que tienen por objeto exaltar sus valores y tradiciones, relacionar a sus Unidades y a sus miembros tanto en activo como en cualquier situación. Los trabajos publicados representan, únicamente, la opinión de sus autores.

Página

Mando de Artillería Antiaérea

6 Análisis y reflexiones 2017
General de Brigada D. José Miguel de los Santos Granados

Instrucción y Empleo

15 Empleo de la Artillería en Afganistán
Teniente coronel D. Alfonso Domínguez Barbero

24 Posicionamiento preciso de objetivos (Target Mensuration)
Teniente Coronel D. Francisco José Martin Moya
D. Francisco Gonzalez Mené

36 Proyecto Eresma: Extensión de la Red de Sensores en Misión de Apoyos de Fuego
Capitán D. José María Alonso Pelegrina

40 Sistema de Vigilancia Dependiente Automática (ADS). Descripción de un prototipo para uso en unidades de artillería antiaérea
Teniente D. Álvaro Carrasco Nogales

Técnica e investigación

51 Desgaste y erosión de los tubos
Teniente coronel D. Severino E. Riesgo y García

66 Talos, sistema de información, mando y control de los apoyos de fuego: la necesaria evolución II.
Teniente Coronel D. Emilio Negredo Madrigal

75 Un breve recorrido por la historia de la balística exterior
Coronel D. Francisco José Gómez Ramos

Laureados

96 Teniente de Artillería don Ignacio Moyano Ariztegui
Coronel D. Carlos Ramos Mateos

2 Noticias del Arma
4 Noticias de la Academia
85 Lección del dos de mayo de 1808
90 Nuestras Promociones
91 Decía el Memorial hace 100 años
106 Abstract

Índice

Noticias del Arma

El viernes 21 de abril, el General de Brigada Luis Carlos Torcal Ortega, tomó posesión como Jefe del Mando de Artillería de Campaña en la Base "Conde de Gazola", León.

Previamente, se realizó el Acto de Imposición de Faja como Oficial General en la Sala-Histórica de la Base, imponiendo la misma el padrino Excmo. Sr. Teniente General Segundo Jefe del Estado Mayor del Ejército D. Juan Campíns Miralles.

Una vez finalizada la ceremonia el General Torcal juró su cargo en la Sala de Juntas del Cuartel General del MACA ante el General de División D. Antonio Ruiz Olmos, adjunto al Jefe de la Fuerza Terrestre. Posteriormente, se llevó a cabo, en la Plaza de Armas de la Base, la ceremonia de Toma de Mando.

A este acto asistieron, además de diversas autoridades militares, diferentes representantes de instituciones civiles.

El 10 de febrero de 2017 se conmemoraba el CCL aniversario del nacimiento en Sevilla del Capitán de Artillería D. Luis Daoíz y Torres. Por ello, el RAAA 74 celebró un Acto de Homenaje a los Caídos en la Pza. de la Gavidia, junto a la casa en la que nació nuestro héroe y a los pies del monumento que le erigió la ciudad el 2 de mayo de 1889. El acto, en el que participaron el Estandarte del Rgto, escuadra y dos Baterías del Grupo HAWK de Sevilla y la Música del CGFT, fue presidido por el TG Gómez de Salazar y en él tuvieron especial protagonismo la Excma. Sra. Condesa de Daoíz y la Excma. Sra. Vizcondesa del Parque de Monteleón.

Organizadas por el MACA y la ACART, junto con la colaboración de la empresa Leica Geosystems, entre los días 25 y 27 de abril tuvieron lugar en las instalaciones de la Academia las "IV Jornadas de Actualización Topográficas" con la participación de representantes de los Equipos Topográficos de todas las Unidades ACA de FUTER, MCANA y un representante de la AGM como observador. La finalidad de estas jornadas se enmarcó en dos aspectos:

- Mostrar por parte de la ACART los aspectos más relevantes de la nueva publicación doctrinal de procedimientos topográficos.
- Resolución por parte de Leica, de una manera teorico-práctica, de los problemas encontrados en el manejo de las nuevas estaciones totales (Grupo y Batería) de reciente dotación en las Unidades ACA.

Noticias del Arma

Debido a la crisis en Siria, la OTAN decidió aumentar sus capacidades de defensa aérea en Turquía mediante el despliegue de unidades de misiles de tierra-aire "PATRIOT" para operaciones de defensa antimisil. (Operación 'Active Fence') en la cual participa España, desde 2015, con una batería del Grupo III/73 desplegada en Base Aérea de Incirlik, para la defensa de la ciudad turca de Aldana. Durante este semestre se ha realizado el relevo de la cuarta y quinta rotación. El Contingente A/T cuenta con unos 150 efectivos del MAAA que vigilan el espacio aéreo turco ininterrumpidamente durante las 24 horas de cada día. Siendo ya más de 750 militares los que han participado en esta operación netamente Antiaérea.

Los días 4 y 5 de abril se celebró en las instalaciones del Acuartelamiento Santo Domingo de Valencia el I Seminario de Control del Espacio Aéreo en organizaciones operativas terrestres. Organizado por la sección G3 Aire del CGTAD y con la participación de representantes del MAAA, MACA, FAMET, División Castillejos, Brigada Almogáraves, Mando de Canarias, Comandancias de Ceuta y Melilla, GROSA, MADOC (EGE, JAD ART y JAD helicópteros), su finalidad era hacer una puesta en común de la gestión del Espacio aéreo en los CG de CE/LCC y División, así como discutir los procedimientos ASM para cada uno de los usuarios terrestres con especial atención a la coordinación de los fuegos indirectos y a los RPAS de las diferentes categorías. Ha sido un buen punto de partida para difundir los contenidos de la PD4 007 Gestión del Espacio Aéreo en organizaciones operativas terrestres, publicada en el año 2015 y aumentar la mentalización en la consideración del espacio aéreo en el planeamiento y ejecución de operaciones terrestres.

El Programa consiste en un curso de 4 semanas, cuya finalidad es capacitar a las tripulaciones aéreas de los países de la OTAN para liderar un COMAO (Operaciones Aéreas Combinadas) compuesto por distintas plataformas aéreas, cada una de ellas con una misión específica. Está orientado a pilotos expertos para consolidar capacidades de liderazgo en formaciones complejas. Tiene como sede la Base de Albacete, desde junio de 2009. El Mando de Artillería Antiaérea (MAAA) aporta Unidades de Defensa Antiaérea (UDAA) para hacer más real la instrucción en el combate antiaéreo. En esta ocasión el RAAA-73 ha aportado un Oficial como Asesor en Defensa Antiaérea (SBAD) compartiendo el planeamiento de las misiones con los pilotos.

Noticias de la Academia

Como es tradicional en la Academia de Artillería, todos los años se celebra el Dos de Mayo. El acto militar consiste en una formación, con representación de todas las Jefaturas de la Academia y bajo el mando del TCOL Jefe de la Unidad de Alumnos, se rinde homenaje frente al monumento a Daoiz y Velarde, situado en la explanada del Alcázar de Segovia. Este año presidió los actos el TG Excmo. Sr. D. Ramón Pardo de Santayana, jefe del Mando de Apoyo Logístico. La Lección de "Elogio de los Capitanes Daoiz y Velarde" corrió a cargo del Capitán Profesor D. Andrés Moreno Guerra.

La Fundación Biblioteca de Ciencia y Artillería, de la que es Presidente el Coronel Director de la Academia, ha organizado una exposición sobre "El Legado de Proust", con motivo de celebrarse este año el 225 aniversario de la Creación del Laboratorio de Química del Real Colegio de Artillería (Proust pronunció la lección inaugural el 1 de febrero de 1792). La presentación de dicha exposición se realizó el día 8 de mayo en la Biblioteca de la Academia de Artillería. Dicha exposición estará abierta al público hasta el 30 de noviembre de 2017.

Organizada por la Fundación Biblioteca de Ciencia y Artillería, el día 11 de mayo, el químico D. Joaquín Alastrué impartió una conferencia sobre la invención y la fabricación de la pólvora, a través de la descripción de la historia de la fábrica de Granada, llamada el Fargue. La pólvora parece que la inventaron los chinos en el siglo IX y llega a Europa a través de la ruta de la seda. Con la invasión de los "benimerines" aparecen los primeros usos de la pólvora, con las llamadas "ollas de fuego" que era recipientes a los que se daba fuego para dispersar los ataques de la caballería enemiga. El primer disparo de cañón se realiza en la toma de Gibraltar por el Rey Alfonso XI en 1306 (así figura en salón de actos de la Academia).

Noticias de la Academia

Cuarenta y un sargentos alumnos de 3º de la Enseñanza Militar para acceso a la Escala de Suboficiales de la Academia de Artillería, en Segovia, han llevado a cabo del 3 al 7 de abril el ejercicio "Artillero Capaz nº 45" en el Campo de Maniobras y Tiro de Cerro Muriano (Córdoba), para instruirse en los puestos de nivel Sargento y Sargento 1º de una Unidad de este tipo.

Personal, medios y material del Grupo de Artillería de Campaña X, participaron en el Ejercicio de I/A "Artillero Capaz", cuya finalidad consistía en la consolidación por parte de los sargento alumnos de los conocimientos adquiridos en los diferentes puestos tácticos, mediante ejercicios de instrucción y tiro con las piezas Light Gun y Obús 155/39 ATP.

En noviembre de este año se cumplirá el 225º aniversario del primer vuelo aerostático militar realizado en el mundo. El vuelo oficial tuvo lugar en El Escorial ante su majestad Carlos IV, el día 11 de noviembre de 1792, pero los vuelos previos de prueba se realizaron en la antigua sede de la Academia de Artillería (entonces denominado Real Colegio de Artillería), el Alcázar de Segovia. Todos los trabajos fueron dirigidos por el francés Louis Proust, profesor de química del Real Colegio, quien unos años antes ya había colaborado en las experiencias realizadas por Pilâtre de Rozier en las inmediaciones de París ante el rey de Francia y el rey Gustavo III de Suecia.

El día 16 de mayo de 2017, tuvo lugar en el Salón de Actos de la Academia la Presentación del Libro "El convento de San Francisco" en el que han colaborado distintos autores (entre ellos el anterior DIRACART Alonso Bermejo). El Libro cuenta la historia del edificio, fundación del convento de San Benito en el siglo XIII, inauguración del claustro de San Francisco en 1570, la desamortización de 1835, la ocupación como cuartel del Quinto Departamento de Artillería y el traslado del Colegio de Artillería el 9 de marzo de 1862, por el incendio del Alcázar. Además se hace un recorrido por los bienes muebles del acuartelamiento San Francisco, incluidos los jardines.

ANÁLISIS Y REFLEXIONES 2017

por D. José Miguel de los Santos Granados, general de brigada de artillería

Anualmente, el Memorial publica el análisis y las reflexiones correspondientes a la Artillería de Campaña o Antiaérea, estando dicho artículo elaborado por los Generales Jefes de los respectivos Mandos o sus Jefes de Estado Mayor.

Tradicionalmente, este documento realiza un repaso a la situación de personal, material, operaciones e infraestructura de cada una de las ramas del Arma, y, además, expone la previsible evolución para el futuro.

Sin embargo, al acometer la redacción de este texto, me he planteado darle un enfoque distinto, y así lo haré.

Es muy difícil evitar la repetición de ideas, conceptos y situaciones, cuando hace tan solo dos años se publicó el último artículo de este tipo relativo a la Artillería Antiaérea. Por este motivo, abordaré los tradicionales apartados, es decir, el personal, los materiales, las operaciones y el futuro, pero sin descender al detalle, y desde un punto de vista más conceptual, haciendo hincapié en aspectos intangibles de los mismos.

Es probable que, consecuencia de este enfoque distinto, el artículo pueda perder interés para un determinado grupo de lectores pero, creo que, para otros, puede servir de estímulo, al tratar de poner en valor la labor de miles de Artilleros que día a día realizan su trabajo de forma ejemplar.

Por otro lado, consecuencia también de esta forma diferente de abordar el asunto, es posible que el texto sea menos extenso que en ocasiones anteriores, pero considero que esto no tiene relevancia alguna para la transmisión de las ideas que pretendo reflejar en el mismo.

Escudo MAAA

PERSONAL

Normalmente, cuando hacemos referencia a nuestro personal, lo hacemos considerándolo como lo más importante de lo que disponemos para llevar a cabo nuestra misión. Y esto es verdad y responde exactamente a la realidad. Toda la tecnología del mundo sería absolutamente inútil si no se dispone de personal preparado y dispuesto para su utilización cuando nuestra Patria así lo exija. Esto es aplicable a cualquier soldado, y no exclusivamente a los que lucimos la bomba en nuestras solapas, pero, como Jefe del Mando de Artillería Antiaé-

Lanzamiento de dos misiles aspide

rea, debo resaltar los valores y virtudes que adornan a los militares que sirven en las unidades de Artillería Antiaérea. Entre ellos están incluidos, por supuesto, no sólo los Artilleros, sino todos aquellos que, aun siendo de otra Arma trabajan con, en, por y para nuestras unidades.

Sin pretender, en ningún caso, hacer una comparación entre las circunstancias de nuestros Artilleros y los componentes de otras Armas o unidades, debo señalar una serie de aspectos especialmente importantes en lo relativo al personal de Artillería Antiaérea:

Preparación específica y no específica

La preparación es inherente a la condición de militar, pues de ella dependerá, en una situación real, la propia vida y la del resto de personal de la unidad.

En el caso de la Artillería Antiaérea, este aspecto se acentúa por un doble motivo: en primer lugar, por el alto grado de tecnología que emplean nuestros sistemas de armas, que exige de nuestro personal un esfuerzo adicional para poder servir los mismos; y, en segundo lugar, por la importancia que en nuestra Arma tiene el trabajo en equipo; la vida de cada componente de nuestras unidades depende directamente de los demás, y viceversa.

Por tanto, nuestro personal se ve obligado a adquirir, además de la preparación general que cualquier militar debe poseer, una específica altamente demandante, y que le exige un elevado grado de entrega.

Disponibilidad

La propia misión de la Artillería Antiaérea, en su faceta de defensa de puntos o instala-

ciones del Territorio Nacional de gran importancia, exige una permanente disponibilidad de su personal.

Por sus características y las de los posibles riesgos o amenazas, es posible y probable el empleo de unidades de Artillería Antiaérea incluso en situación de normalidad. Esto ya ha sucedido en diversas ocasiones, con motivo de cumbres de Jefes de Estado o de Gobierno, reuniones de alto nivel, o eventos de gran relevancia y/o concentración de personal.

En consecuencia, nuestro personal debe mantener un grado adicional de disponibilidad para poder atender a estas misiones que les pueden ser encomendadas. Esto implica, necesariamente, como es lógico, un alto espíritu de servicio.

Idiomas

El entorno en que se desarrolla la misión de la Artillería Antiaérea, en muchos casos de carácter multinacional, y la necesaria integración de las unidades en el Sistema de Defensa Aérea, ya sea nacional o de la zona de operaciones, exige que nuestro personal emplee el idioma inglés en su puesto de combate hasta niveles de mando relativamente bajos.

Si a esto le unimos la procedencia de los sistemas de armas antiaéreos, que son en su práctica totalidad de patente extranjera, la necesidad del inglés se ve acentuada para estar al día en la operación y mantenimiento de los mismos, y tener la capacidad de asistir y participar en reuniones o cursos.

Ilusión

Las unidades de Artillería Antiaérea han sufrido, al igual que el resto de unidades del Ejército, restricciones en los créditos disponibles y reducción del personal destinado en las mismas. No obstante todo lo anterior, continúan manteniendo sus capacidades operativas en un grado más que aceptable. Esto ha sido posible por la ilusión en su trabajo de todos los miembros de nuestras unidades. En épocas difíciles, es imprescindible un incremento en la ilusión aportada y, sobre todo, transmitida a los subordinados, y, en especial, por parte de aquellos que se encuentran más próximos al personal de Tropa, es decir, los Suboficiales y Oficiales en sus dos primeros empleos.

La falta de ilusión en el trabajo diario, en las labores de instrucción y adiestramiento, en la realización de ejercicios o en cualquier otra actividad desarrollada en la unidad, habría conducido irremisiblemente a la pérdida de capacidades operativas de muy difícil o imposible recuperación, aun manteniendo la operatividad de los materiales.

Las dificultades económicas o el no disponer de todo el personal contemplado en las plantillas no puede suponer una excusa para el adocenamiento y la desgana en el trabajo y la preparación, y, en este sentido, el personal de las unidades de Artillería Antiaérea han constituido un ejemplo de ilusión e imaginación imprescindibles para el desempeño de su función.

Moral

La moral de sus subordinados es misión fundamental de cualquier Jefe, independientemente del nivel de mando al que se encuentre.

En este sentido, los mandos de las unidades de Artillería Antiaérea han tenido que redoblar esfuerzos para mantener la moral de las mismas, que se había visto afectada, fundamentalmente, por dos motivos: la situación general de créditos y personal, que ha afectado a todas las unidades del Ejército; y la no participación en operaciones en el exterior constituyendo unidad y con misión específica de AAA.

Si para hacer frente al primero de los motivos, tal como he expuesto antes, los mandos han desarrollado y transmitido una gran dosis de ilusión e imaginación, para conseguir neutralizar el segundo de ellos, la no participación

Misil antiaéreo hawk

en operaciones, ha sido providencial la aportación de la Artillería Antiaérea al desarrollo de la operación de Apoyo a Turquía (AT), y de la operación permanente de vigilancia y seguridad aérea, a las que me referiré más adelante en el apartado correspondiente a Operaciones.

MATERIALES

Una de las principales características de los materiales de Artillería Antiaérea es la alta tecnología utilizada en los mismos. Esta característica, sobre todo teniendo en cuenta la velocidad con la que se progresa en la actualidad en este ámbito, obliga a la actualización permanente de los mismos, para evitar el desfase o la obsolescencia.

Los sistemas, tanto de armas, como de mando y control, de los que dispone actualmente nuestra Artillería Antiaérea responden adecuadamente a las necesidades de defensa que las situaciones a las que se pudiera enfrentar demandan. Sin embargo, creo que se debe actuar, si no de forma inmediata, al menos a medio plazo, en tres aspectos relevantes en este apartado:

Defensa antimisil

La amenaza de misil balístico ha aumentado considerablemente en los últimos tiempos, debido, principalmente, a los avances tecnológicos, el abaratamiento de esta tecnología, y la proliferación del tráfico ilícito de estos materiales y de los estados fallidos.

Consecuencia de lo anterior, los países de nuestro entorno consideran cada vez más el riesgo de recibir ataques, aunque sean aislados, con este tipo de armas. España, lógicamente, en esta misma línea, ha realizado un

importante esfuerzo para disponer de sistemas de defensa contra misiles balísticos.

Pero una vez adquirida esta capacidad, es preciso realizar las acciones necesarias para no perderla, pues su recuperación sería mucho más costosa en tiempo y dinero que la propia actualización y mantenimiento al día.

Sistemas de Mando y Control

Los Sistemas de Mando y Control de que dispone la Artillería Antiaérea, que le permiten su completa integración en tiempo real en el Sistema de Defensa Aérea nacional/aliado o de zona de operaciones, constituyen el auténtico salto cualitativo de una Artillería Antiaérea de mediados del siglo pasado a una Artillería Antiaérea moderna y actual.

Si bien la evolución de los sistemas de armas antiaéreos de que dispone el Ejército de Tierra podría considerarse espectacular en los últimos 50 años, para adaptarse a las nuevas amenazas y escenarios de actuación, creo no equivocarme al afirmar que el principal avance ha sido la adquisición de la capacidad plena de integración de distintos materiales en una misma Unidad de Defensa Antiaérea y de ésta en el Sistema de Defensa Aérea. Muy probablemente, de no ser esto posible, el despliegue de medios antiaéreos en operaciones reales se vería muy restringido y su utilización se limitaría a misiones de autodefensa.

Esta capacidad, de la que carecen muchos ejércitos de nuestro entorno, es la que realmente convierte a nuestra Artillería Antiaérea en una fuerza moderna, creíble y perfectamente utilizable en cualquier escenario.

Actualización de sistemas de armas

Tal como he expuesto anteriormente, el alto nivel tecnológico es la principal característica de nuestros sistemas de armas.

En la actualidad, la Artillería Antiaérea española dispone de un conjunto equilibrado de sistemas de armas, que le proporciona las capacidades necesarias para hacer frente a los escenarios de actuación previstos y previsibles. Sin embargo, la tecnología a la que me he referido antes, exige una permanente actualización de los mismos. No se trata, por tanto, de adquirir nuevas capacidades, sino de no perder las ya existentes.

OPERACIONES

Desde hace unos años, se da una circunstancia inédita hasta ese momento: la participación de unidades de Artillería Antiaérea en operaciones reales, tanto en territorio nacional, como en el exterior.

Así, el Mando de Artillería Antiaérea participa en la operación de Apoyo a Turquía (AT) y en la operación permanente de vigilancia y seguridad aérea, pero, además, las unidades de Artillería Antiaérea de las Brigadas participan en la Fuerza de Muy Alta Disponibilidad (VJTF) de la OTAN o en las Fuerzas (Battle Group) de la Unión Europea.

Estas operaciones reales han reportado una serie de beneficios para nuestras unidades, entre los que destacan:

Oportunidad de preparación

Todas estas operaciones han proporcionado a nuestras unidades una oportunidad de realizar ejercicios de instrucción y adiestramiento, previos a los respectivos despliegues, que no se habrían podido llevar a cabo de no haber existido aquéllas.

Entre las múltiples ventajas que proporcionan, destacan la disposición de créditos específicos para las mismas y la integración de todo el personal necesario.

Además, suponen una ocasión única para el desarrollo de ejercicios de instrucción y Adiestramiento en las mismas condiciones en las que se combate, es decir, constituyendo Unidades de Defensa Antiaérea (UDAA) con siste-

Lanzamiento de MISTRAL

mas de armas complementarios, y constituidas sobre la base de uno de los Grupos del MAAA.

Conocimiento de la AAA

Como es lógico, uno de los aspectos importantes de estas operaciones es la adecuada difusión de las mismas.

Tanto las operaciones permanentes, como la operación AT (al igual que el resto de operaciones llevadas a cabo por las FAS) constituyen una extraordinaria oportunidad de, por un lado, concienciar a la sociedad española de la utilidad y nivel de preparación de nuestras unidades, y por otro, de hacer pública la actualidad e importancia de las unidades de Artillería Antiaérea.

La Artillería Antiaérea es, como señalaba en la introducción, una gran desconocida fuera y dentro de las FAS, y la participación en estas operaciones favorece la percepción de la misma como una capacidad irrenunciable en situación de normalidad, y en crisis y conflictos.

Concienciación de nuestra misión

Pero lo expuesto en el apartado anterior debe tener reflejo no sólo en el conocimiento de nuestra AAA, sino también, y esto es probablemente más importante, en que todo nuestro personal sea aún más consciente de la relevancia de nuestra misión.

Contribuir a la vigilancia y seguridad de nuestro espacio aéreo nacional con carácter permanente, o proteger a más de un millón y medio de personas contra lanzamientos de misiles procedentes de Siria, son misiones con la suficiente importancia y entidad como para que todos nos concienciemos del autén-

tico sentido y trascendencia de nuestro trabajo y esfuerzo diario.

El lema elegido para el Día de las Fuerzas Armadas de 2017 "Nuestra misión: tu libertad", define exactamente la contribución de nuestras unidades a las operaciones en las que participa.

Puesta en valor de nuestra forma de combate

En el desarrollo de estas operaciones, especialmente en la operación AT, se han producido situaciones en las que la unidad ha adoptado "zafarrancho de combate". Esto ha implicado que todo el personal y el material se encontrara dispuesto para hacer frente de forma inminente a la amenaza contra la que se había desplegado.

A pesar de que la Real Academia Española define combate como "Acción bélica o pelea en que intervienen fuerzas militares de alguna importancia", en nuestras FAS existe una cierta tendencia a identificar el combate exclusivamente con aquellas situaciones en las que se puede ver al enemigo directamente y se recibe fuego directo, o en algunos casos indirecto, del mismo.

Sin embargo, el combate específico de la AAA no es así. Normalmente, en estos casos, no se tiene línea de visión directa sobre el enemigo, ni se recibe fuego directo de sus armas individuales o colectivas. Pero estas circunstancias no restan ni un ápice de carácter de combate a estas acciones. No se trata con esto de comparar distintas formas de combate, pero, si la diferencia fundamental entre las Armas de nuestro Ejército es, precisamente, su forma de acción, sí pretendo poner en valor que estas situaciones han constituido auténticas situaciones de combate para nuestro personal.

Inyección de moral

Éste es, en mi opinión, el principal beneficio que ha aportado la participación en operaciones reales: el incremento de la moral del personal que compone las unidades de AAA.

Hasta este momento, el personal de Artillería Antiaérea sólo podía participar en operaciones reales formando parte de Cuarteles Generales o de unidades no específicas; esta participación exigía, normalmente, estar en posesión de un determinado nivel del idioma inglés, y, además, estaba casi siempre restringida a Cuadros de Mando.

Sin embargo, la operación AT ha proporcionado la oportunidad a nuestros Cuadros de Mando, pero, sobre todo, a nuestra Tropa, de participar en una operación real con su unidad y desarrollar los cometidos específicos para los que se ha preparado en tiempo de normalidad.

En mi opinión, esto ha supuesto, y sigue suponiendo, un estímulo extraordinario para nuestro personal y una auténtica inyección de moral.

FUTURO

Como es lógico, un documento como éste debe hacer referencia al futuro de la Artillería Antiaérea.

Al tratar este aspecto, al igual que hice con los anteriores, no voy a entrar en detalles, sino que me referiré a él en los siguientes apartados de forma general.

Orgánica

En la última reorganización del Ejército de Tierra, la Artillería Antiaérea ha visto desaparecer completamente un Regimiento (el RAAA 72, de Zaragoza), y la cabecera de otro (el RAAA 81, de Marines), así como integrarse diversas unidades para constituir las contempladas en la nueva estructura.

Parece lógico pensar que, en un futuro próximo y medio, no se realicen otros ajustes sobre su estructura orgánica.

Lanzamiento de misil NASAMS

Siendo consciente de que siempre pueden surgir circunstancias que obliguen a modificar lo previsto, a día de hoy, y hasta donde alcanza mi conocimiento, no se prevén nuevas transformaciones, integraciones y/o disoluciones de unidades de Artillería Antiaérea.

Materiales

Los materiales serán, muy probablemente, el ámbito en el que se deberá actuar preferentemente en el futuro.

La Artillería Antiaérea dispone en la actualidad de un conjunto de sistemas de armas que responden de forma eficaz a los posibles riesgos o amenazas. Sin embargo, el alto nivel tecnológico de los mismos, unido a la velocidad a la que evoluciona la electrónica, hacen necesaria su modernización/actualización.

Por otro lado, algunos de los sistemas de armas en dotación han cumplido con creces su tiempo útil de vida y no responden a los criterios con los que están concebidos los más modernos. Esto obligará a su sustitución por sistemas de mayores prestaciones y menor huella logística.

Todos estos procesos se han iniciado y es de suponer que, a pesar de no encontrarnos en la mejor situación económica de las posibles, se irán acometiendo cuando vaya siendo viable.

Operaciones

En uno de los apartados anteriores he puesto de manifiesto la relevancia que para la Artillería Antiaérea tiene su participación en operaciones reales, tanto en territorio nacional, como en el exterior.

Atendiendo a esta importancia, desde el MAAA se apoya la continuidad de las unida-

des en las mismas, en tanto en cuanto las circunstancias no varíen, sea posible su sostenibilidad desde el punto de vista del personal y el material, y, por supuesto, no existan condicionantes de otro tipo (políticos, económicos, etc.) que hagan inviable la misma.

En principio, no parece que debiera existir ningún problema para la continuidad en la participación en la operación permanente de vigilancia y seguridad del espacio aéreo nacional, y, a fecha de redacción de este texto, parece probable, aunque aún está pendiente de decisión, la extensión de la operación AT durante el año 2018.

Capacidades

En todo el proceso de reestructuración y modernización de la Artillería Antiaérea llevado a cabo hasta el momento, se ha respetado una premisa que considero esencial para el éxito del mismo y es, precisamente, el criterio de no perder ninguna de las capacidades de las que se dispone y que son necesarias, o se prevé que lo serán en el futuro más o menos próximo.

Las capacidades militares pueden perderse con cierta facilidad, pero su recuperación exige un largo proceso de planeamiento y reconstrucción, además de una importante inversión económica.

Por tanto, si se mantiene este criterio en el futuro, es previsible que no sólo no se pierda ninguna de las capacidades disponibles a día de hoy, sino que incluso se incrementen las mismas con mejoras técnicas en los sistemas de armas o de mando y control.

CONSIDERACIONES FINALES

A lo largo de este texto he procurado responder exactamente al título del mismo "Análisis y reflexiones de GEMAAA 2017", exponiendo los aspectos más relevantes de la Artillería Antiaérea, y mostrándola como una capacidad de nuestro Ejército comprometida, actual, y de extraordinaria importancia.

Aunque sea pretencioso, me gustaría que la lectura del mismo produjera un doble efecto:

- ◊ en los miembros del Arma de Artillería, un estímulo para continuar trabajando día a día con ilusión y siendo conscientes de la importancia que en el entorno actual tiene nuestra función;
- ◊ y en los ajenos al Arma, algo más de conocimiento y comprensión de nuestra labor, y de consideración de nuestra misión como un elemento esencial en las operaciones de nuestras fuerzas.

El general de brigada D. José Miguel de los Santos Granados pertenece al arma de artillería y actualmente es el General Jefe del Mando de Artillería Antiaérea.

Empleo de la Artillería en Afganistán

por D. Alfonso Domínguez Barbero teniente coronel de artillería

El presente artículo pretende analizar el empleo de la Artillería de Campaña (ACA) en la operación de ISAF (Afganistán), sobre la base de los materiales y despliegues empleados. De este modo, se ha obviado tratar otros aspectos no menos importantes para los Apoyos de Fuego (APOFU) como: el Mando y Control (C2), el Targeting (TGT) o la Adquisición de Objetivos (TA). Por ello, y pese que nuestra Artillería no fue empleada en esta operación, otros países como EEUU, UK, GE, FRA y CAN sí lo hicieron, y por tanto pueden obtenerse ciertas enseñanzas, fruto de su experiencia.

ANTECEDENTES

En octubre 2001, las FAS estadounidenses y británicas desencadenaron una operación militar de combate en territorio afgano, denominada "Libertad Duradera" (Enduring Freedom) que contó con 28.300 efectivos, para derrocar el régimen Talibán, responsable de los atentados del 11 septiembre 2001 en suelo estadounidense.

Posteriormente, a finales de diciembre, Naciones Unidas (NUU) aprobó la participación de la misión de estabilización de ISAF, para proporcionar seguridad y estabilidad a la zona, que fue llevada a cabo con fuerzas de la OTAN (en torno a 64.500 efectivos), y que contó con la participación de un contingente español.

Desde entonces y hasta finales de 2014, ambas operaciones coexistieron simultáneamente, para dar paso más adelante a la operación "Resolute Support Mission" (RSM), que ha venido a dar continuidad a la labor de estabilización y democratización en este país.

LA OPERACIÓN DE ISAF

El despliegue de la operación de ISAF se estableció sobre la base de un Cuartel General (CG) Estratégico (ISAF HQ), emplazado en el interior de la capital (Kabul), un CG Operacional (IJC) ubicado en el interior del aeropuerto de Kabul y varios (hasta 6) Mandos Regionales

Arriba: obús estadounidense de 155/39 M-777 A2 (Ultra-light Howitzer) realizando un disparo. Procedencia "Internet"

Abajo: lanzacohetes HIMARS (High Mobility Rocket System) disparando un cohete guiado GMLRS. Procedencia "Internet"

(RC): Centro, Este, Sur, Suroeste, Oeste y Norte.

El Área de Responsabilidad (AoR) de cada uno de estos RC, incluía varias provincias, cada una de las cuales se encontraba bajo el control de un Equipo de Reconstrucción Provincial (PRT), de entidad Agrupación Táctica (AGT). En el caso de España, su PRT tuvo a cargo el control de la provincia de Badghis, dentro del RC Oeste, al mando de un General italiano.

PARTICIPACIÓN DE LA ARTILLERÍA DE CAMPAÑA

El escenario de Afganistán desaconsejaba hacer uso de la ARTILLERÍA de modo convencional por las siguientes razones:

En primer lugar, el ambiente y la amenaza insurgente (INS) impedían el uso de ARTILLERÍA en masa (enemigo disperso sobre áreas extensas y mezclado con población civil) y con la dispersión propia del fuego indirecto (efectos colaterales sobre personal no combatiente), lo que podría revertir el apoyo de la población (efecto indeseado en operaciones de contrainsurgencia) a la operación.

En segundo lugar, la ARTILLERÍA podía llegar a constituir en sí misma un objetivo rentable para la amenaza INS, cuando actuase en acompañamiento a las Unidades (U) de Combate. Para ello, habría que dotarla de protección C-IED, armamento y blindaje apropiados para enfrentarse a las armas Contra-Carro (C/C) y Morteros de la amenaza.

En tercer lugar, la ARTILLERÍA debía de disponer de la movilidad necesaria para transitar por las deficientes y precarias vías de comunicación afganas, lo que en períodos de climatología adversa (casi todo el invierno y parte del otoño), supeditaba sus movimientos a la disponibilidad de transporte aéreo / helitransporte, para ocupar determinadas zonas. En este sentido, la ARTILLERÍA Autopropulsada (ATP) parecía a priori la más adecuada, pero esto suponía asumir una importante huella logística.

Así pues, la casi totalidad de las naciones emplearon U de ARTILLERÍA de reducida entidad, que actuaron desde el interior de Bases de Fuego (FB)[1] o Bases Principales

(1) Bases de Fuego (FB): en el caso de que sólo hubiese U Artillería en su interior

(FOB / COP), realizando acciones de fuego en apoyo a las operaciones. Para ello, emplearon piezas y lanzadores con gran radio de acción, munición de alcance extendido y alta precisión, así como medios de adquisición de objetivos apropiados, como Sistemas Aéreos Pilotados Remotamente (RPAS) todo tiempo y de gran capacidad.

De este modo, las principales fuerzas destacadas en Afganistán (EEUU, UK, GE, FRA y CAN) proyectaron y emplearon asiduamente su ARTILLERÍA en dicho escenario. Su papel no tuvo la difusión deseada, al menos a nivel nacional, por lo que este estudio trata de exponer los aspectos más relevantes relacionados con el empleo de los medios de ARTILLERÍA, así como su despliegue en la reciente guerra de Afganistán.

En lo que respecta a España, durante los más de doce años de participación nacional en la operación de ISAF, nuestras fuerzas contaron exclusivamente con Apoyos de Fuego (APOFU) de morteros y la ARTILLERÍA no llegó nunca a desplegar.

EMPLEO DE LA ARTILLERÍA DE CAMPAÑA

Como ya se ha anticipado, el ambiente y la amenaza INS influyeron decisivamente a la hora de seleccionar el modo de empleo de la ARTILLERÍA en este escenario. Se llevó a cabo una guerra de contrainsurgencia (COIN), donde resultó vital obtener el apoyo de la población civil, para aislar a la amenaza, eliminar cualquier apoyo que pudiese recibir de la población local y conseguir así alcanzar los efectos decisivos en el plano militar.

De este modo, y al igual que se llevó a la práctica en la guerra de Vietnam cincuenta años antes, la ARTILLERÍA actuó casi exclusivamente desde el interior de Bases o Destacamentos, de modo que la protección de la Unidad quedase garantizada.

Así pues, pequeñas Unidades de ARTILLERÍA de entidad Sección (hasta tres obuses o lanzadores) se desplegaron diseminadas por toda la geografía afgana, al objeto de garantizar la cobertura con fuego indirecto en la mayor parte de la AoR asignada.

En octubre 2001, las FAS estadounidenses y británicas desencadenaron una operación militar de combate en territorio afgano, denominada "Libertad Duradera" (Enduring Freedom) que contó con 28.300 efectivos, para derrocar el régimen Talibán, responsable de los atentados del 11 septiembre 2001 en suelo estadounidense.

Esto fue posible debido al incremento en alcance proporcionado por los proyectiles y cohetes guiados, con los que se dotó a dichas Unidades de ARTILLERÍA. De entre ellos, cabe destacar el proyectil EXCALIBUR y el cohete GMLRS, ambos dotados de guía GPS, con alcances de 41 y 70 km. respectivamente. Asimismo, la ARTILLERÍA estadunidense contó con misiles tácticos ATACMS, de hasta 300 km de alcance. Esto fue posible mediante el despliegue de una Sección de dos Lanzadores HIMARS en las Bases estadounidenses de: Bagram, Salerno, Kandahar, Leatherneck,

...En este sentido, la ARTILLERÍA Autopropulsada (ATP) parecía a priori la más adecuada, pero esto suponía asumir una importante huella logística.

Obús autopropulsado alemán Panzer 2000 realizando un disparo. Procedencia "Internet"

Ledaram y Wolf Pack; dos lanzadores MLRS británicos en la Base británica de Lashkar-Gah Durai y un único lanzador HIMARS en la base estadounidense de Jalalabad[2]. Así pues, mediante el despliegue de tan sólo 15 lanzadores (13 HIMARS y 2 MLRS) en 8 asentamientos distintos, se proporcionó cobertura de fuego indirecto de precisión sobre la práctica totalidad del país[3]. Este hecho sin precedentes, pone de manifiesto la relevancia de los avances tecnológicos que se han aplicado a la ARTILLERÍA cohete y misil, durante la última década (relativos a alcance y precisión). Dichos avances han dotado a la ARTILLERÍA de capacidad para operar a nivel táctico u operacional, dependiendo de las necesidades del Mando.

Se puede asegurar que la práctica totalidad del territorio afgano (excepto una estrecha franja situada en la parte noroeste) y buena parte del este de Pakistán, estuvieron bajo el alcance de las Unidades de cohetes guiados GMLRS y misiles tácticos ATACAMS estadounidenses, durante toda la operación.

Por su parte, las U de obuses de calibre medio (155 mm) estadounidenses desempeñaron un papel muy significativo, fundamentalmente en la parte sur (Kandahar) y este del país (a lo largo de la frontera pakistaní). Sobre estas zonas, las fuerzas estadounidenses llegaron a desplegar del orden de 17 Secciones de obuses M 777 A2 (a tres piezas) con alcances de hasta 40 km con el proyectil guiado EXCALIBUR y 23 km con munición ordinaria (sin sistema de guía o propulsión adicional). Sin embargo, el limitado alcance de los proyectiles en comparación con los cohetes y misiles, impidieron a los obuses estadounidenses proporcionar el mismo grado de cobertura que aquellos, limitando su cobertura a determinadas zonas. Así pues, su despliegue proporcionó cobertura solamente sobre aquellas zonas del AoR en las que la INS mantenía mayor actividad.

Respecto a la actuación de la ARTILLERÍA alemana, su contingente desplegó obuses autopropulsados (ATP) Panzer 2000 de 56 km de alcance con proyectil de propulsión adicional tipo base-bleed y 23 km con munición ordinaria. Este material destacó fundamentalmente por su alta cadencia: 3 disparos en 10 segundos y hasta 10 disparos en un minuto. Como inconvenientes, cabe subrayar su elevado peso (53 toneladas) y riguroso mantenimiento para mantenerlo operativo. En mayo de 2010 se proyectaron hasta Afganistán (provincia de Kundus) los tres primeros Panzer 2000 que tuvieron un papel destacado en la "Operación Halmazag", en noviembre 2010, cuando el contingente

(2) Datos de despliegue de lanzadores a 29 de septiembre de 2011

(3) Los Lanzadores HIMARS contaban con la posibilidad de lanzar misiles ATACAMS (1 por lanzador), con más de 300 km de alcance

alemán recuperó las localidades de ISA KHEL y QUATLIAM, que les habían sido arrebatadas previamente por los talibanes.

Del mismo modo, la ARTILLERÍA francesa comenzó su participación en 2009, cuando proyectó vía aérea obuses "Caesar" de 155 mm de calibre. Este material autopropulsado ruedas de 38 km de alcance, dispuso de precisión inferior a 50 m hasta 20 km y en torno a 100 m a 38 km con munición convencional. Ello le permite entrar en eficacia sobre el objetivo desde el primer disparo. Su primera acción de combate tuvo lugar el 29 septiembre 2009, donde facilitó la ruptura del contacto de una compañía francesa empeñada con la insurgencia (INS) talibán. La acción de fuego (A/F) se realizó sobre una zona de objetivos situada a 30 km de alcance. Desde ese año, el contingente francés dispuso de dos Bases de Apoyos de Fuego (FSB) con cobertura sobre toda su Área de Responsabilidad (AoR). La primera FSB estuvo ubicada en NIJRAB y la segunda en GWAB. Ambas FSB contaron con tres obuses "Caesar" cada una de ellas. El sistema de Mando y Control francés de ARTILLERÍA "Atlas", permitió la dirección táctica y técnica de los fuegos de forma automática. Durante su participación en este conflicto, la ARTILLERÍA ejecutó el 44% de los fuegos conjuntos (51% los helicópteros de combate mediante CCA y 5% la aviación a través de misiones CAS). Pero lo más destacado fue que el 80% del fuego de ARTILLERÍA se realizó en proximidad de Fuerzas Propias (hasta 150 metros de sus posiciones más avanzadas). Sus acciones de fuego tuvieron una precisión de entre 10 y 20 metros.

El empleo de trayectorias elevadas por las acciones de fuego de misiles (hasta 170.000 pies) y cohetes (hasta 77.000 pies) obligaron a activar medidas de coordinación del espacio aéreo adicionales, previamente a su ejecución (en el caso de munición cohete GMLRS, dos Zonas de Operación Restringida / ROZ de 34.000 pies sobre el terreno / AGL centradas sobre el origen de fuego y el punto de caída, así como un pasillo de 3.000 metros de ancho y 30.000 pies AGL, para unir ambas ROZ).

Por su parte, las U de obuses de calibre medio (155 mm) estadounidenses desempeñaron un papel muy significativo, fundamentalmente en la parte sur (Kandahar) y este del país (a lo largo de la frontera pakistaní). Sobre estas zonas, las fuerzas estadounidenses llegaron a desplegar del orden de 17 Secciones de obuses M 777 A2...

La ARTILLERÍA complementó de manera eficaz el fuego aéreo proporcionado por aeronaves de ala fija (CAS), helicópteros (CCA) y aeronaves no tripuladas (RPAS) de ataque (usualmente del tipo PREDATOR). Cuando las condiciones meteorológicas imposibilitaron el vuelo de las aeronaves o la falta de disponibilidad de éstas impedía su actuación, la ARTILLERÍA se constituyó en el único medio de APOFU disponible para las Unidades de Combate en contacto con el enemigo (TIC). De ahí su disponibilidad las 24 horas del día durante siete días a la semana.

...Pero lo más destacado fue que el 80% del fuego de ARTILLERÍA se realizó en proximidad de Fuerzas Propias (hasta 150 metros de sus posiciones más avanzadas). Sus acciones de fuego tuvieron una precisión de entre 10 y 20 metros.

Del mismo modo, la ARTILLERÍA mantuvo unos tiempos medios de respuesta, más que aceptables,

Obús estadounidense de 155/39 M-777 A2 (Ultra-light Howitzer) realizando un disparo. Procedencia "Internet"

llegando a consumir por término medio 12 minutos desde que se solicitaba su actuación, hasta que desencadenaba la acción de fuego pertinente.

En lo que respecta a efectos colaterales, la ARTILLERÍA guiada se convirtió en el arma idónea a utilizar dentro de zonas densamente pobladas, debido a su elevada precisión (7,7 m los misiles ATACMS, 2,89 m los cohetes GMLRS e inferior a 2 m el proyectil EXCALIBUR), limitada carga de guerra[4] (500 libras el misil ATACMS, 200 libras el cohete GMLRS y 17 kg el proyectil EXCALIBUR) y elevado ángulo de ataque o caída (próximo a 90º en los 3 tipos de munición). Dichas características favorecieron el empleo de ARTILLERÍA guiada para batir objetivos sensibles e incorporaron la ARTILLERÍA al Sistema de Targeting Conjunto, como una opción más para batir un objetivo de alto valor (HVT) o alto rendimiento (HPT).

Las novedosas capacidades aportadas por la ARTILLERÍA guiada, exigieron un mayor volumen y precisión en lo que respecta a información de objetivos. Esta información fue obtenida a través de medios de Inteligencia, Vigilancia y Reconocimiento (ISR) del tipo RPAS o Inteligencia Humana (HUMINT). Así pues, el binomio precisión y largo alcance fueron claves en el empleo de la ARTILLERÍA, apoyados por una adecuada inteligencia de objetivos[5].

La ejecución de las acciones de fuego ARTILLERÍA se centralizó generalmente a nivel RC, debido fundamentalmente a la escasez de U Artillería disponibles, la coordina-

(4) La carga de guerra de las bombas de aviación supera por término general las 250 libras, por los que los efectos mecánicos que originan son mayores que los de los cohetes guiados GMLRS (200 libras) y los proyectiles guiados de artillería EXCALLIBUR (17 kg). Este factor juega en beneficio del empleo de las municiones de precisión de artillería sobre sus homólogas de aviación, cuando se trata de evitar durante el ataque efectos colaterales indeseados

(5) Precisa y oportuna

ción con las operaciones en curso (tanto de tropas propias como afganas), así como la necesaria coordinación del espacio aéreo.

A modo de ejemplo, cabe subrayar la acción de fuego realizada el 21 septiembre 2012 en la localidad de MARJAH (provincia de HELMAND) en el RC suroeste, donde dos INS fueron abatidos mediante sendos cohetes GMLRS (227 mm) disparados por un lanzador HIMARS desde la base ocupada por la AGT (Task Force) LEATHERNECK.

Se tiene constancia de que EEUU desplegó hasta 15 Bases de Fuego en Afganistán, con la siguiente denominación: Anaconda, Asadabad, California, Cobra Strike, Cobra, Gardez, Lagman, Maholic, Nixon, Orgun-E, Oulet, Phoenix, Shkin, Waza Khwa y Wilderness.

LECCIONES APRENDIDAS

Así pues, se pueden extraer las siguientes Lecciones Aprendidas:

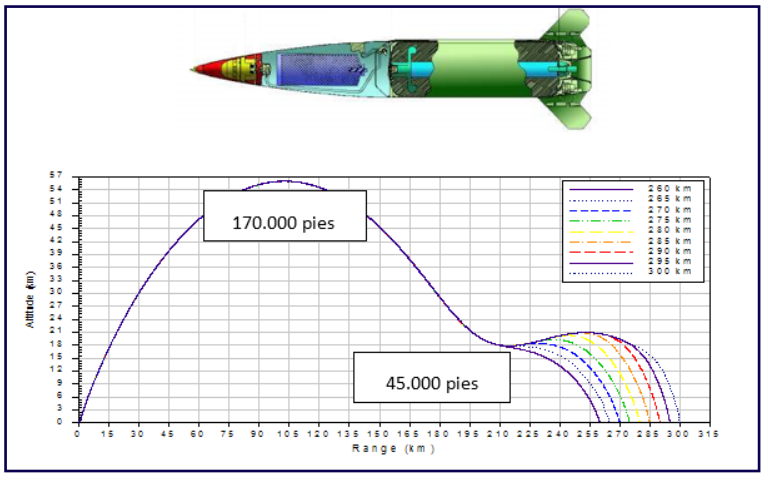
- ◊ Ante la amenaza asimétrica, las U de ARTILLERÍA deben desplegar dentro de Bases o Destacamentos, constituyendo Bases de Fuego, cuando sean éstas las únicas emplazadas en su interior. Eso es debido a que la Artillería constituye en sí misma un objetivo rentable y muy vulnerable a la acción insurgente. El empleo de U de ARTILLERÍA en acompañamiento de Unidades de Combate, se restringe a determinadas operaciones tácticas, limitadas en tiempo y espacio, preferentemente U ARTILLERÍA muy ligeras y con capacidad de helitransporte.
- ◊ La distribución de estas Bases de Fuego por el AoR asignada debe procurar conseguir la máxima cobertura de fuego posible, dentro de las limitaciones de alcance existentes. La alta capacidad de los cohetes guiados y misiles tácticos proporcionan cobertura de fuego sobre la práctica totalidad del AoR asignada. El menor alcance de los obuses, aconsejan orientar su despliegue sobre las zonas de mayor actividad insurgente.

La ARTILLERÍA complementó de manera eficaz el fuego aéreo proporcionado por aeronaves de ala fija (CAS), helicópteros (CCA) y aeronaves no tripuladas (RPAS) de ataque (usualmente del tipo PREDATOR). Cuando las condiciones meteorológicas imposibilitaron el vuelo de las aeronaves o la falta de disponibilidad de éstas impedía su actuación, la ARTILLERÍA se constituyó en el único medio de APOFU disponible para las Unidades de Combate en contacto con el enemigo (TIC)...

- ◊ El binomio munición guiada e inteligencia precisa, incrementan la letalidad y eficacia de los fuegos de ARTILLERÍA sobre objetivos fijos y protegidos.
- ◊ Las características de la munición guiada (precisión, alcance, carga de guerra reducida y elevado ángulo de ataque) reducen drásticamente la probabilidad de que se produzcan efectos colaterales indeseados.

En lo que respecta a efectos colaterales, la ARTILLERÍA guiada se convirtió en el arma idónea a utilizar dentro de zonas densamente pobladas...

- ◊ El fuego de ARTILLERÍA complementa el fuego aéreo (CAS, CCA y RPAS de ataque a superficie), debido a su independencia de las condiciones meteorológicas, reducido tiempo de respuesta, así como disponibilidad permanente de me-



Misil Táctico estadounidense ATACMS (de 300 km Alcance) y trayectoria seguida por el mismo. Procedencia "Internet"

dios productores de fuego y munición.

◊ La reducida entidad de la amenaza, desaconsejan el empleo en masa de la ARTILLERÍA, favoreciendo la utilización de municiones de precisión.

◊ La eficacia del fuego de ARTILLERÍA permite su integración en el sistema de Targeting, pero para ello resulta imprescindible disponer de la necesaria inteligencia de objetivos, así como alcance y precisión adecuados. A este respecto, cabe subrayar el salto cualitativo que ha supuesto para la ARTILLERÍA la implementación de municiones[6] de precisión[7], dotadas de guía terminal[8]. Este avance permite actualmente a la ARTILLERÍA batir con precisión métrica objetivos móviles, incluidos aquellos reservados al Targeting[9], ya que hasta ahora sólo podía actuar sobre este tipo de objetivos, cuando eran de naturaleza estática.

CONCLUSIONES

Finalmente, y en lo que respecta a la aplicación de estas Lecciones Aprendidas a nivel nacional, cabe hacer las siguientes consideraciones:

◊ La ARTILLERÍA carece de sistemas cohete y misiles tácticos con los que actuar en profundidad sobre la amenaza. En este sentido, resultaría idóneo dotar a nuestra ARTILLERÍA del sistema HIMARS estadounidense, el cual es capaz de lanzar tanto cohetes guiados, como misiles tácticos, según las necesidades de la operación. También dispone de una reducida dotación y puede ser aerotransportado por aeronaves del tipo C-130 Hércules.

◊ Del mismo modo, nuestra ARTILLERÍA carece de municiones inteligentes en su arsenal, que incrementen su alcance y precisión respecto a las convencionales, de modo que pueda emplearse sobre objetivos ubicados en zonas pobladas, sin temor a provocar efectos colaterales indeseados. A este respecto, sería conveniente adquirir munición guiada o semi-guiada para nuestros obuses de 155 mm del tipo EXCALIBUR y PGK (Precission Guidance Kit).

◊ Asimismo, nuestra ARTILLERÍA requiere dotarse de más y mejores medios ISR, del tipo RPAS, con los que alimentar una amplia, precisa y oportuna inteligencia de objetivos, corregir el tiro y evaluar los daños ocasionados sobre los objetivos batidos.

◊ Adaptar los medios y procedimientos para incorporar la ARTILLERÍA al Sistema de Targeting Conjunto nacional, de modo que

(6) Proyectiles y cohetes

(7) Fundamentalmente guía GPS

(8) Mediante designación laser efectuada por un observador con visión directa sobre el objetivo

(9) Bien sean objetivos de alto valor (HVT) u objetivos de alto rendimiento (HPT)

sea valorada como una posibilidad más a disposición del Jefe de la Operación, con la que batir los objetivos de alto valor (HVT) o alto rendimiento (HPT).

◊ Las semejanzas existentes entre el obús de 155/39 estadounidense M-777 A2 (Ultra-light Howitzer) y el obús español de 155/52 mm SIAC, resultan más que evidentes. Salvando las diferencias relativas al peso, movilidad y versatilidad de ambos materiales, puede afirmarse que el obús español hubiese desempeñado un papel similar a su homólogo norteamericano en dicho conflicto. Su alcance, calibre, cadencia y capacidad para emplear municiones inteligentes, permiten suponer que ello hubiese sido factible.

REFERENCIAS

◊ Publicación Doctrinal PD3-315 “Apoyos de Fuego”, 2015.
◊ FM 3-24.2 “Counter Insurgency”.
◊ “Fire Support Base (FSB). Los Apoyos de Fuego en Contrainsurgencia (COIN).” Cte. Fco. José Martín Moya. Memorial de Artillería nº 166, diciembre 2010.
◊ Revista Ejército nº 796 (2007). Cte. Carlos J. Frías Sánchez.
◊ Artículo La Fuerza de Artillería de Campaña del 2020 (The Field Artillery Force of 2020), Revista Fires, ejemplar de julio-agosto 2013.
◊ Artículo Futuro Concepto de Fuegos (Fires Force Future Concepts), Revista Fires, ejemplar de julio-agosto 2013.
◊ Weapon Systems Handbook 2013, octubre 2012, páginas 138 y 139 sobre el High Mobility Artillery Rocket System (HIMARS) M142.

El teniente coronel D. Alfonso Domínguez Barbero pertenece al Arma de Artillería y en la actualidad es el Jefe del GACA I/93 de la BRICAN XVI

Posicionamiento preciso de objetivos (Target Mensuration)

por D. Francisco José Martin Moya, teniente coronel de artillería y
D. Francisco Gonzalez Mené, ingeniero de telecomunicación

Este artículo analiza el problema de la artillería de campaña para actuar con eficacia en el campo de batalla urbano y destaca la necesidad de que sus acciones de fuego sean precisas, partiendo de la precisión en el conocimiento de la posición del objetivo. Presenta una visión general de los sistemas de armas disponibles y las recomendaciones del grupo de estudio de la OTAN "SG-201" liderado por la industria y las FAS españolas, para mejorar la eficacia de las acciones de fuego con municiones buscadoras de coordenadas con guiado GPS.

"Mide lo que sea medible y haz medible lo que no lo sea"
Galileo Galilei (1564 – 1642)

Para el año 2025 está previsto que el 85% de la población mundial resida en ciudades. Esta rápida urbanización del planeta, ha cambiado el contexto en el que se desarrollan las operaciones militares y es una realidad que desde hace años está empujando a los aliados a mejorar su eficacia en estos ambientes.

Quizás por ello, desde hace tiempo se viene cuestionando la utilidad de la artillería de campaña en los entornos urbanos. Sin embargo, la reciente aparición de sistemas de armas de gran precisión, ha proporcionado una primera solución eficaz al problema, pero como veremos a continuación, es incompleta.

A pesar de la alta sofisticación de los modernos sistemas de armas, si los datos de localización del objetivo no son lo suficientemente exactos, la precisión de las armas cuenta poco por sí misma.

El problema se agrava en situaciones de contacto con el enemigo, al limitarse el tiempo para calcular y transmitir las coordenadas a los centros directores de fuego. Es decir, el reto está no solo en la adquisición precisa del objetivo, sino en la transmisión rápida y segura de sus coordenadas.

En una "situación ideal" podría bastar con que el observador realizara una captura de la imagen del objetivo durante su visualización. Sin embargo, esta capacidad parece estar a día de hoy por en-

cima del estado del arte (lo último en tecnología). Por ello, se deben encontrar soluciones tecnológicas que rentabilicen la precisión de los sistemas de armas y potencien sus capacidades para evitar los daños colaterales.

Los sistemas del mundo civil integran dispositivos de alta movilidad con tecnologías de análisis y correlación de imágenes, presentación de cartografía, geolocalización y realidad aumentada, lo cual podría suponer una vía alternativa que optimizara costes y prestaciones, y redujera el tiempo de obtención y entrada en servicio de los equipos.

La evolución de las tecnologías comerciales y su fusión con las capacidades militares permitiría considerar la "situación ideal", como "real", a corto plazo.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Entorno futuro de actuación

El entorno operativo futuro estará caracterizado por desarrollarse en ambientes urbanos, con el riesgo de llevar a cabo acciones militares tácticas entre personal civil no combatiente y con tropas propias en contacto.

El reto de operar en estas circunstancias obligará a minimizar los efectos no deseados y a adquirir objetivos con un mayor poder de precisión y discriminación. El desafío será aún mayor cuando se trabaje en condiciones de señal GPS "degradada" e incluso "negada" por el enemigo.

Además, las ventanas de oportunidad para batir eficazmente un objetivo normalmente, serán muy limitadas en tiempo. Por consiguiente, será requisito fundamental localizar los objetivos con celeridad, pero con la precisión suficiente.

Por último, las operaciones serán generalmente de carácter multinacional y llevarán aparejada la necesidad de intercambiar información precisa de objetivos entre los sistemas de información para mando y control de las naciones actuantes.

A pesar de la alta sofisticación de los modernos sistemas de armas, si los datos de localización del objetivo no son lo suficientemente exactos, la precisión de las armas cuenta poco por sí misma.

Para evitar daños colaterales y bajas por fuego propio, cada vez está adquiriendo una mayor relevancia la capacidad de poder emplear municiones guiadas de precisión (PGM) buscadoras de coordenadas. Las municiones guiadas de precisión buscadoras de coordenadas, son tan exactas como lo sean las coordenadas que proporcionen los sensores de localización de objetivos.

Por lo tanto, las implicaciones del entorno operativo futuro en los apoyos de fuego conjunto, estará en obtener las coordenadas de los objetivos con un error que permita a las PGM buscadoras de coordenadas dirigirse a ellos con la precisión que estas son capaces de proporcionar. Dado que la precisión de las PGM ha mejorado notablemente en los últimos tiempos, también ha crecido en la misma proporción la necesidad de obtener unas coordenadas del objetivo útiles para su empleo.

Precisión de los equipos de localización actuales

Los estudios y experiencias de las naciones cuando emplean PGM guiadas por GPS, indican que los observadores avanzados encuentran serias dificultades para pro-

CAT 1	CAT 2	CAT 3	CAT 4	CAT 5	CAT 6
0-20 pies **0-6 metros**	21-50 pies **7–15 metros**	51-100 pies **16-30 metros**	101-300 pies **31-91 metros**	301-1000 pies **92-305 metros**	> 1001 pies **> 305 metros** or Large Elliptical Error

Arriba: figura 1. Las seis categorías (CAT) de los errores de localización de objetivo (TLE)

Abajo: figura 2. Cuando hablamos de "precisión" nos referimos a la dispersión de los impactos alrededor de su punto medio (MPI). Cuanto más agrupada sea dicha dispersión, mayor será la "precisión" del sistema de armas. Por el contrario, cuando hablamos de "exactitud", nos referimos a la cercanía del MPI respecto a la situación del objetivo deseado

porcionar coordenadas precisas de los objetivos.

Normalmente, las municiones guiadas con GPS tienen entre dos y cinco metros de error probable circular (CEP). Sin embargo, los equipos militares actuales proporcionan unas coordenadas con un error de localización del objetivo (TLE) de categoría CAT 3 (16–30 metros de error). Por lo tanto, insuficiente para su empleo con las PGM buscadoras de coordenadas.

Este problema es especialmente acusado cuando los datos provienen de una imagen satélite, o de la telemetría aportada por un sistema aéreo pilotado remotamente (RPAS). En este caso, el error podría llegar hasta los 100 metros.

Es decir, las municiones se podrían dirigir de forma precisa a las coordenadas designadas por el observador avanzado, sin embargo, con un alto grado de probabilidad no se corresponderían con exactitud con las del objetivo deseado.

Diferencia entre "precisión" y "exactitud"

Mientras que el CEP es una medida de precisión relacionada con el sistema de armas, el TLE está relacionado con la precisión del sensor de localización.

El TLE es la diferencia entre la localización del objetivo aportada por el observador y la esperada, esta última coincidente con el objetivo en cuestión. El TLE es la suma de todos los errores que se producen en el proceso de medición del objetivo y tiene dos componentes fundamentales:

1. La diferencia entre el lugar donde apunta la plataforma de fuego y el objetivo real.
2. La diferencia entre el lugar donde apunta la plataforma de fuego y el punto medio de los impactos (MPI).

La primera, principalmente depende de los métodos empleados para posicionar y orientar los sistemas de armas (topografía) y calcular los datos de tiro. La segunda, depende de la precisión de las coordenadas 3D del objetivo (x,y,z).

La figura 2 muestra la diferencia y la importancia entre la "precisión" y la "exactitud", y como una acción de fuego debe ser "precisa" y "exacta" para crear los efectos deseados y evitar los daños colaterales.

PRECISIÓN DE LOS SISTEMAS DE ARMAS

Los desarrollos de las PGM pueden agruparse en tres categorías principales (ver figura 3):

◊ **Las PGM con sistema de guiado GPS/INS:** que dirigen la munición hacia el objetivo sin la

necesidad de intervención de un operador. Son adecuadas para objetivos estáticos o semiestáticos (rara vez se mueven).

- ◊ **Las municiones PGM con sistemas "Man-in-the-Loop":** requieren que una persona tenga visión sobre el objetivo y que guie la munición en el tramo final de la trayectoria por medio de un iluminador.
- ◊ **Las municiones PGM con sistemas "Non-Man-in-the-Loop"**: que emplean un conjunto de sensores autónomos buscadores del tipo infrarrojo.

Las municiones guiadas de precisión (PGM) en servicio más relevante son:

El cohete guiado M31 del sistema de armas MLRS

En la actualidad la munición guiada de mayor éxito en operaciones es, sin duda alguna, el cohete guiado asociado al sistema de lanzacohetes múltiple de artillería en sus versiones cadena (MLRS) y ruedas de alta movilidad (HIMARS).

Apodado durante la guerra en Irak como el "francotirador de 70 km" por su capacidad de largo alcance y precisión, el HIMARS es por excelencia el sistema de armas a disposición del mando (ultima ratio regis)[1].

Por ejemplo, los jefes de las brigadas de combate en Irak llamaban a sus unidades HIMARS con el sobrenombre de "game changer", pues tenían la capacidad de intervenir directamente en situaciones de combate e influir con rapidez en las acciones decisivas.

Para evitar daños colaterales y bajas por fuego propio, cada vez está adquiriendo una mayor relevancia la capacidad de poder emplear municiones guiadas de precisión (PGM) buscadoras de coordenadas. Las municiones guiadas de precisión buscadoras de coordenadas, son tan exactas como lo sean las coordenadas que proporcionen los sensores de localización de objetivos.

Aparte de su mayor alcance en comparación con los proyectiles convencionales, el HIMARS se ha convertido en el sistema de armas más adecuado para neutralizar objetivos enemigos protegidos bajo estructuras de hormigón e incluso para neutralizar dispositivos explosivos improvisados, sin causar daños colaterales a la población circundante o a las tropas propias en contacto.

El proyectil de 155 mm M982 "EXCALIBUR"

El proyectil "Excalibur" es un esfuerzo de cooperación multinacional entre la empresa norteamericana Raytheon Missile Systems y la sueca BAE Systems Bofors.

Durante la operación "Arrowhead Ripper" en Baqubah (Irak), una batería de cañones ultraligeros M777 neutralizó un objetivo en la planta baja de un edificio; disparó dos proyectiles de forma que el segundo entró en la edificación por el orificio de entrada que había dejado primero, logrando los efectos deseados en la planta baja.

(1) Esta expresión se puede traducir directamente como "el argumento final o definitivo del rey". Actualmente se utiliza esta frase en algunas situaciones para expresar exactamente eso, que la última palabra la tiene aquel que dispone de la mayor fuerza. Algo parecido al "estas son mis razones" del Cardenal Cisneros. El rey Luis XIV de Francia reconocía esta certeza y afirmaba que el poder último del estado recae en la fuerza para imponer sus decisiones. Así hizo inscribir en sus cañones el texto "ultima ratio regum". La expresión "ultima ratio regis" fue tomada con el mismo sentido por Federico "el Grande". Y también en España, donde fue grabada en algunas armas de artillería

GPS/INS	Man-in-the-Loop	Non-Man-in-the-Loop
GLMRS	Switchblade	BONUS-Mk-II
Excalibur	–	SMart-155

Arriba: figura 3. Ejemplos de sistemas de guiado de las municiones de precisión

Abajo: figura 4. El HIMARS es capaz de disparar un cohete unitario M31 GMLRS con un error probable circular (CEP) de 10 metros. Tiene una carga de fragmentación de 200 libras y un alcance eficaz de 15 km - 70 km. Puede disparar hasta seis cohetes (a intervalos de cinco segundos) sobre seis objetivos diferentes

El coronel del US Army Kenneth J. Lull (exjefe de la brigada de artillería de campaña nº 169), tiene una valiosa experiencia con este proyectil, cuando neutralizó a los insurgentes que se encontraban en un edificio sin causar daños a unos niños que se encontraban jugando a 30 metros del edificio.

Las municiones BONUS y SMart-155

En Europa se están desarrollando otro tipo de municiones que tienen la capacidad de albergar una gran variedad de cargas útiles para atacar objetivos blindados con un error probable circular (CEP) de 10 metros. Son la Bofurs de 155 BONUS MkII Sensor Fused Munition (SFM) desarrollada por Suecia y Francia, y la SMArt 155 (DM702) de Rheinmetall Waffe Munition, desarrollada conjuntamente por Alemania, Grecia y Suiza.

Ambas, pueden dispararse por cualquier plataforma estándar de artillería de 155 mm. Consisten en un proyectil portador de submuniciones sensorizadas que son expulsadas del vaso del proyectil durante su trayectoria.

Los proyectiles SMArt-155 y BONUS cumplen todas las condiciones de la "Convención de Oslo sobre municiones en racimo" para no causar daños humanitarios. Son "todo tiempo" e incluso podrían desplegar efectos no letales de ondas electromagnéticas que provocarían la detención de convoyes logísticos al verse afectados componentes esenciales de los vehículos.

El RPAS armado "Switchblade (navaja plegable)"

El RPAS "Switchblade" es la última novedad en municiones de precisión de pequeña dimensiones empleada por el US Army en sus operaciones en Afganistán. Conocida como el "zombi asesino", es muy similar a un avión de combate que adquiere el objetivo y lo ataca con su munición de a bordo.

Su capacidad para identificar al objetivo por medio de imágenes nítidas y precisas, y posteriormente atacarlo con gran precisión con su carga explosiva interior, lo capacita para atacar objetivos móviles con una alta probabilidad de eficacia.

En caso de error, su pequeña carga explosiva provocaría un daño colateral muy bajo, siendo por lo tanto apta para entornos urbanos. Su empleo es similar al de un francotirador que puede batir un objetivo con cualquier ángulo de ataque tras casi veinte minutos de exploración.

LA OTAN AFRONTA EL PROBLEMA

Con la llegada de la crisis económica y la reducción de los presupuestos de Defensa, la OTAN busca nuevas formas de colaboración con la industria para aumentar la implicación de estas en el proceso de planeamiento estratégico, armonizando necesidades operativas, esfuerzos tecnológicos y de investigación y desarrollo (I+D).

El "Grupo de asesoramiento industrial (NIAG-NATO Industrial Advisory Group)", es el órgano principal asesor y de consulta industrial de la OTAN, que actúa en fases precompetitivas con estudios de viabilidad y análisis de riesgos.

En el ámbito nacional, el grupo de estudio logístico (GELOG-121) y su novedoso equipo de expertos industriales (ToE) apoyaron al portavoz nacional en el "Grupo OTAN de capacidades integradas de fuego indirecto (ICGIF-Integrated Capability Group Indirect Fire)", para que en el año 2015 el ICGIF hiciera una propuesta al NIAG para estudiar las soluciones potenciales que mejorasen las capacidades de localización de objetivos, hasta llegar a la precisión necesaria para el empleo de PGM buscadoras de coordenadas guiadas con GPS.

La empresa española NAVANTIA fue seleccionada por el NIAG para liderar, bajo la supervisión de la artillería española, el estudio SG-201 "Target Mensuration" junto con otras veinte empresas de otras naciones (entre ellas, las nacionales GMV, INDRA y E&Q).

Objetivo del estudio SG-201 "Target Mensuration"

El objetivo asignado por el NIAG al grupo SG-201 fue "explorar tecnologías actuales y futuras que mejorasen las capacidades de un observador (montado y desmontado), para posicionar objetivos con precisión hasta el nivel requerido para el empleo de PGM terrestres, aéreas y navales guiadas por GPS".

El alcance del estudio SG-201 ha cubierto aquellas situaciones tácticas en el que la naturaleza de la operación no requiere la creación de material gráfico de objetivos, finalizando con la generación de unas coordenadas útiles para el empleo de PGM con guiado GPS; este proceso se denomina Target Mensuration Only (TMO).

El posicionamiento preciso de objetivos, denominado "Target Coordinate Mensuration (TCM)", es la acción de medir de forma precisa las coordenadas geográficas absolutas (longitud, latitud y altitud) de un objetivo en la superficie terrestre (según lo contemplado en el STANAG 2934 AArtyP-1).

La idea principal fue que el estudio aprovechara las tecnologías actuales del mundo civil, llamadas de doble uso, por ser productos que pueden destinarse a usos tanto civiles como militares (incluye software y tecnología).

Tras un año de trabajo el resultado del estudio del SG-201 fue un informe entregado el pasado 13 de octubre de 2016, que señala las tendencias y recomendaciones para que las fuerzas de la OTAN dispongan de esta capacidad.

Estas conclusiones tendrán a corto plazo un impacto significativo en los sistemas de generación de coordenadas que emplean el observador avanzado (OAV), el observador nacional de fuegos (NFO), el controlador de ataque terminal conjunto (JTAC), las

Arriba: figura 5. Con un alcance de 50 km y un error probable circular (CEP) de 5 metros, el proyectil de 155 mm M982 "Excalibur" puede ser disparado por cualquier cañón de artillería de 155 mm

Abajo: figura 6. Las submuniciones guiadas por infrarrojos de los proyectiles Bonus y SMArt-155, son desplegadas desde el vaso del proyectil mediante paracaídas y buscan vehículos blindados. Una vez identificados positivamente, entran automáticamente en fase de ataque a unos 200 metros de altura del objetivo, se activan y atacan el vehículo blindado con su carga hueca, atravesando su parte superior más débil

unidades de reconocimiento, los sistemas aéreos tripulados remotamente (RPAS), así como, en beneficio del Targeting el proceso de reconocimiento, adquisición de objetivos, vigilancia e inteligencia (ISTAR) en general.

Tendencias señaladas por el SG-201 "Target Mensuration"

1. Las tecnologías avanzadas de la sociedad de la información (internet) presentan grandes posibilidades, pero ninguna debe catalogarse como "la mejor o más adecuada" para todas las situaciones posibles en un escenario urbano al nivel presente de análisis. En consecuencia, siempre que sea posible, debería disponerse de un conjunto de sistemas y tecnologías que permitieran optimizar el TLE hasta los niveles deseados.
2. La evolución en la tecnología de posicionamiento por satélite será relevante en los próximos 5 años, estando previsto que se alcance una precisión milimétrica en el posicionamiento del observador. Se contempla su combinación con sistemas inerciales más estables y precisos, de bajo coste y miniaturizados, que proporcionarán la orientación del observador con un error menor a 0.5 – 1 milésimas.
3. No se esperan avances significativos en las prestaciones de los telémetros. En todo caso, las mejoras se centrarán en la reducción de sus dimensiones, peso y alimentación necesaria para su funcionamiento.
4. Se espera una notable mejora en la capacidad de los equipos de adquisición de objetivos para fusionar sus datos con la proveniente de sensores multiespectrales[2].

(2) Proporcionan alta resolución espacial y espectral, selección flexible de las longitudes de onda por software y una amplia cobertura espectral desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, pasando por el espectro visible

5. Es necesario mejorar el detalle y cobertura de las bases de datos geográficas de imágenes para permitir la correlación de los sensores. Los GIS deben combinar datos de superficie del terreno de alta resolución y realidad aumentada, imágenes satélite, de visión estereoscópica procedente de sensores fijos y móviles.
6. Los sistemas de información geográfica (GIS) deben proporcionar soporte a la obtención y proceso de imágenes y datos en tiempo real con precisión mejor que 1 metro.

Recomendaciones del subgrupo de estudio SG-201 "Target Mensuration"

1. Se recomienda el empleo combinado de los equipos militares convencionales con las nuevas tecnologías y productos que ofrece el mercado civil.
2. Se recomienda que los elementos de vigilancia y adquisición de objetivos del sistema de fuego indirecto, así como, la función de Targeting, consideren emplear tecnologías y dispositivos de posicionamiento, geolocalización, sistemas geoespaciales y GIS con procesos de señal y capacidad de generar imágenes de "realidad aumentada" provenientes de las aplicaciones del mundo civil.
3. Para proporcionar al observador una perspectiva general de la situación (situational awareness), los datos geoespaciales deben contener información modelada en 3D de los elementos e infraestructuras del terreno. Se recomienda la consideración y posible publicación de un documento de criterios de normalización (STANAG) abiertos a la evolución del mundo comercial.
4. Las organizaciones operativas deben tener la capacidad de intercambiar información y bases de datos de objetivos de una manera abierta, recomendándose la coordinación de trabajos para crear una base de datos de alta precisión a nivel OTAN (similar al programa multinacional de coproducción geoespacial – MGCP, aunque de mayor precisión y con un modelo de datos mejorado).

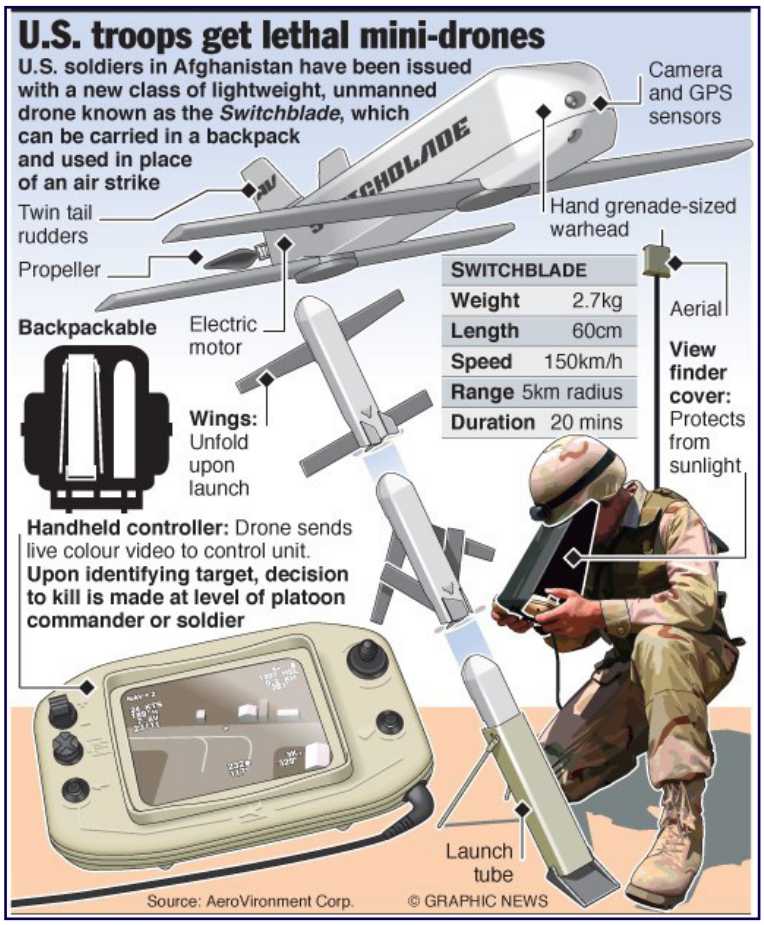
Sin embargo, las municiones guiadas de precisión con GPS no son suficientes para derrotar al enemigo. La exactitud de la localización del objetivo debe garantizarse a través del posicionamiento preciso de objetivos (Target Coordinate Mensuration - TCM), por medio de "soluciones tecnológicas de doble uso y realidad aumentada" señaladas por el grupo de estudio de la OTAN y liderado por España.

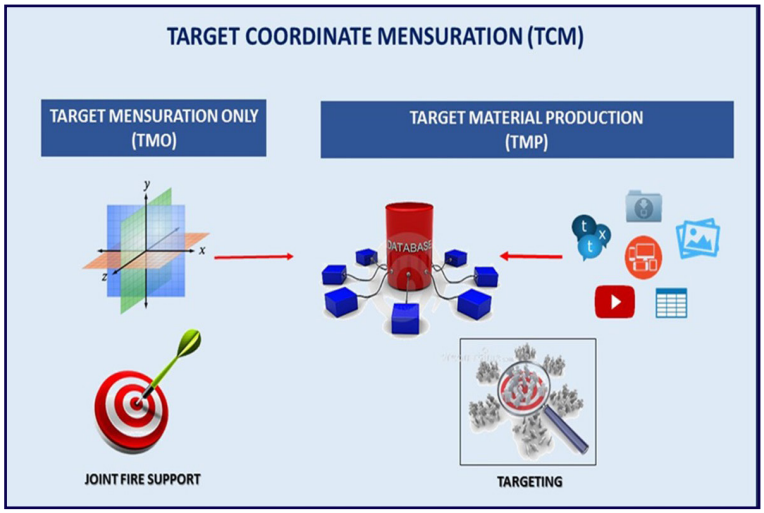
5. Los GIS militares deben evolucionar hacia las prestaciones que proporcionan los sistemas comerciales, integrando información de fuentes diversas con capacidad 3D y correlación de imágenes. Se recomienda el desarrollo de nuevas herramientas que mejoren las capacidades actuales de proceso de Big Data[3]: hardware de alta capacidad de proceso, algoritmos de mejora de imagen y nuevos métodos de análisis de información.

RECOMENDACIONES PRINCIPALES DEL GRUPO DE ESTUDIO DEL NIAG SG-201 "TARGET MENSURATION"

◊ Explorar y evaluar en ejercicios y demostraciones la integración de los datos cartográficos e imágenes del terreno, con los datos de posicionamiento, orientación y distancia e imágenes que proporcionen los equipos militares

(3) Big data, macrodatos o datos masivos es un concepto que hace referencia al almacenamiento de grandes cantidades de datos y a los procedimientos usados para encontrar patrones repetitivos dentro de esos datos





Arriba: figura 7. "Switchblade" es el RPAS armado ligero de las tropas americanas en Afganistán. Puede ser transportado en una mochila y empleado para llevar a cabo un ataque aéreo desde su posición. Pesa 2,7 kilogramos, tiene una longitud de 60 centímetros y una autonomía de vuelo de 20 minutos

Abajo: figura 8. El proceso TMO no contempla la integración de las coordenadas generadas en la base de datos empleada en el proceso de Targeting (base de datos integrada y modernizada de la OTAN - MIDB), en la que también se integra toda la información útil generada expresamente para el desarrollo de los blancos del proceso de Targeting conjunto

y comerciales disponibles para su uso inmediato en la designación de objetivos.

◊ Evaluar la aplicación de técnicas de visualización, fusión y correlación del mundo comercial, para reducir el error de localización de los objetivos (TLE) hasta la categoría de error tipo CAT 1 (entre 0 y 6 metros) para el empleo eficaz de municiones guiadas de precisión (PGM) buscadoras de coordenadas con guiado GPS.

SEGUNDA PARTE DEL ESTUDIO

El alcance del estudio SG-201 ha cubierto aquellas situaciones tácticas en el que la naturaleza de la operación no requiere la creación de material gráfico de objetivos, finalizando con la generación de unas coordenadas útiles para el empleo de PGM con guiado GPS; este proceso se denomina Target Mensuration Only (TMO).

Por lo tanto, la última recomendación del SG-201 es que, sería necesario identificar el problema de forma integral y elaborar el material específico de apoyo al proceso de Targeting, para proporcionar una mejor descripción de los objetivos y evaluación de la capacidad (letal o no letal) para conseguir los efectos deseados. Este proceso se denomina "Producción de material de objetivos (Target Material Production - TMP).

A propuesta del "Grupo de armamentos terrestres de la OTAN (NAAG)", en estos momentos el "Grupo de asesoramiento industrial de la OTAN (NIAG)" está deliberando sobre la posibilidad de crear un nuevo grupo de estudio para acometer esta segunda parte del problema.

SOLUCIONES TMO TRANSITORIAS

Actualmente existen aplicaciones comerciales de bajo coste

aplicables a los servicios topográficos, como por ejemplo: el LIDAR[4]; los sistemas de posicionamiento por satélite; los equipos portátiles de geolocalización y georreferencia; las imágenes de alta resolución; las bases de datos geográficas, etc. Y todas ellas podrían tener aplicación para el "Target Mensuration".

Además, existen productos comerciales basados en software de explotación geoespacial como "RAINDROP" o "SOCET GXP", que han empleado algunos ejércitos aliados en Afganistán, para comparar los datos generados por el observador con metadatos, para proporcionar la mejora de localización del objetivo.

Otro ejemplo es el británico. Para el Targeting tipo programado (24–72 horas), SOCET GXP es la única herramienta autorizada por la Directiva de Targeting de Gran Bretaña para que sus FAS generen localizaciones para el empleo de PGM con guiado GPS.

Más recientemente la suite empleada por las fuerzas de operaciones especiales americanas (PSS/SOF - Precision Strike Suite – Special Operation Forces) durante la operación Iraqi Freedom, proporcionó la capacidad de generar coordenadas extremadamente precisas en 3D, si bien tampoco proporcionaban un depurado completo de coordenadas, pero sí alcanzaban una precisión de 10 metros.

Por último, desde el año 2007 las fuerzas canadienses, británicas y estadounidenses en Afganistán e Irak, han empleado el "Excalibur" y el GMLRS logrando reducir en gran medida el TLE. Sin embargo hasta la fecha esta capacidad está bajo el control estrecho del gobierno norteamericano y solo es accesible a los ojos de cinco países (Australia, Canadá, Nueva Zelandia, Reino Unido y los EEUU).

(4) En general, la tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging) tiene aplicaciones en geología, sismología y física de la atmósfera

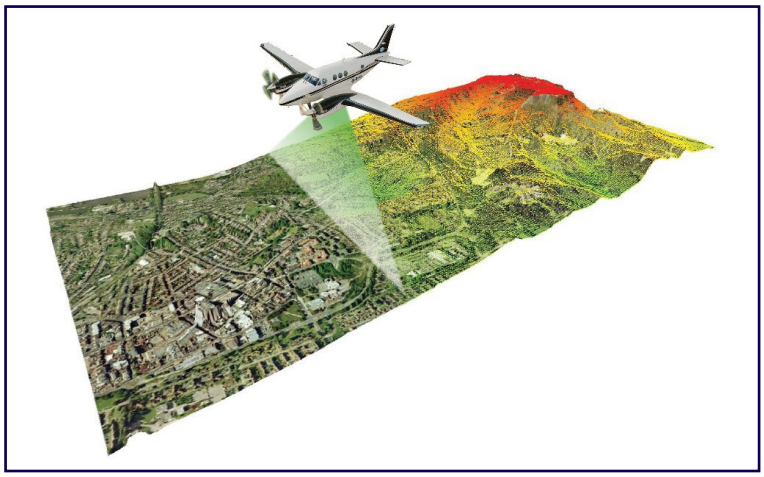
CONCLUSIONES

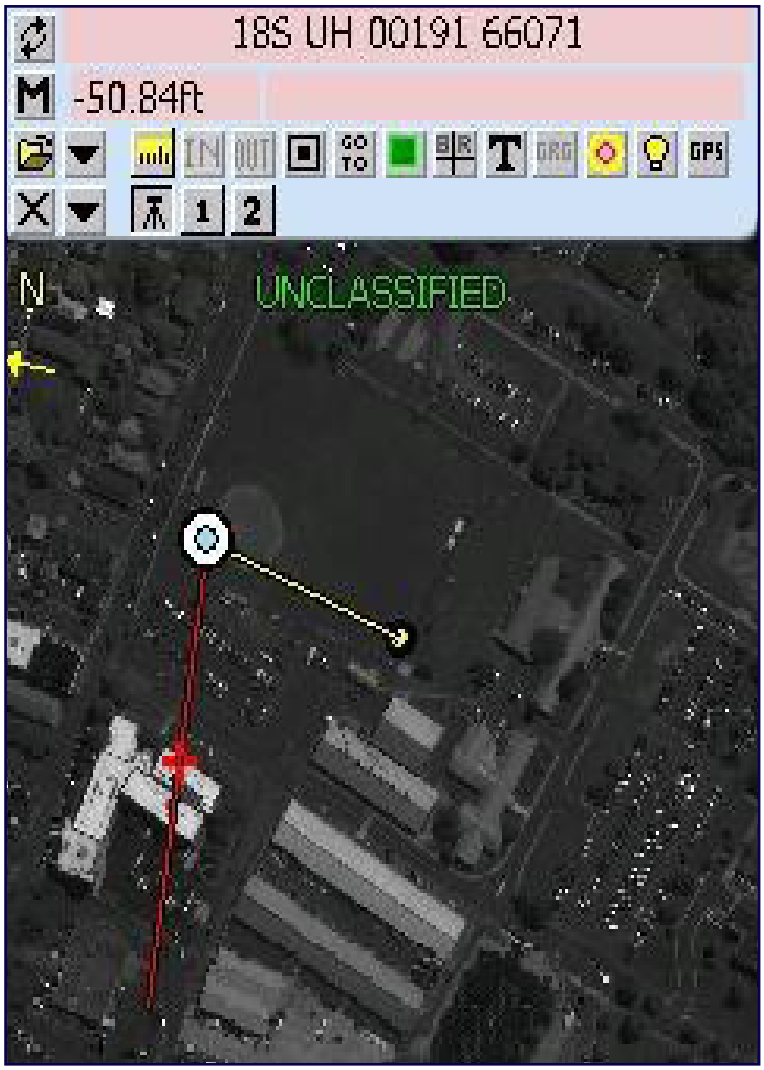
La variedad de los sistemas de armas actuales ofrecen diferentes opciones y suficiente flexibilidad para atacar objetivos con precisión en escenarios urbanos con normas muy restrictivas.

El uso de las tecnologías comerciales para tratamiento de imágenes geolocalizadas con procesos de correlación con bases de datos geográficas e imágenes del terreno en 2D y 3D supondrá un salto cuantitativo en la precisión y tiempo de respuesta para la localización de objetivos y peticiones de apoyos de fuego.

Según las características del objetivo (tipo, tamaño y la localización), el oficial de apoyos de fuego (FSO) de una organización operativa, podría elegir entre una bomba de 500 libras mediante una acción CAS, un cohete GLMRS de 200 libras, o un proyectil "Excalibur" de 50 libras. Además, los RPAS armados Switchblade, BONUS-Mk-II y SMArt 155 podrían destruir con eficacia objetivos ligeros y blindados cumpliendo los protocolos de la "Convención de Oslo".

Con esta variedad de capacidades de ataque conjunto preciso a disposición del jefe de la organización operativa, se asegura el empleo seguro y eficaz de los fuegos en entornos urbanos, y se puede acondicionar el campo de batalla para las acciones decisivas en todo el espectro del conflicto.





Arriba: figura 9. LIDAR permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado

Abajo: figura 10. El operador comprueba si las coordenadas del objetivo se corresponden con el objetivo a atacar, si no es así, arrastra la localización hasta hacerla coincidir con el objetivo, completándose el proceso en menos de un minuto

Sin embargo, las municiones guiadas de precisión con GPS no son suficientes para derrotar al enemigo. La exactitud de la localización del objetivo debe garantizarse a través del posicionamiento preciso de objetivos (Target Coordinate Mensuration - TCM), por medio de "soluciones tecnológicas de doble uso y realidad aumentada" señaladas por el grupo de estudio de la OTAN y liderado por España.

En la actualidad existen algunas soluciones transitorias, como los sistemas "RAINDROP, SOCET GXP y PSS-SOF" que a pesar de no depurar las coordenadas del objetivo hasta el nivel "Target Mensuration", proporcionan una precisión de 10 metros de TLE, aunque no en el tiempo necesario para llevar a cabo el apoyo a las unidades de combate.

El uso de las tecnologías comerciales para tratamiento de imágenes geolocalizadas con procesos de correlación con bases de datos geográficas e imágenes del terreno en 2D y 3D supondrá un salto cuantitativo en la precisión y tiempo de respuesta para la localización de objetivos y peticiones de apoyos de fuego.

BIBLIOGRAFÍA

- "2007 Surge of Ground Forces in Iraq – Risks, Challenges and Successes: An Interview with Lieutenant General R. T. Odierno," Fires Bulletin, April 2008. http://sill-www.army.mil/firesbulletin/2008/Mar_Apr_2008/Mar_Apr_2008.pdf.
- S. R. Gourley, "Precision Fires," Army, March 2009, http://www.ausa.org/publications/armymagazine/archive/2009/3/Documents/Gourley_0309.pdf.
- Major General (Ret) D. C. Ralston and P. Slayden Hollis, "PGM Effects for the BCT Commander," Fires Bulletin, January- February 2009.
- The SMArt-155 deploys its parachutes while BONUS spirals downwards using winglets to search for targets.
- "Twelve Facts and Fallacies About the Convention on Cluster Munitions," Cluster Munition Coalition, 26 November 2013, http://www.stopclustermunitions.org/wp/wp-content/uploads/2009/04/hrw-ccm-facts-and-fallacies-4-10-09.pdf. Article 2(2)(c) excludes munitions with sub-munitions if they have fewer than 10 sub-munitions and each sub-munition weighs more than 4kg, can detect and engage a single target object, and is equipped with electronic self-destruction and self-deactivation features.
- Joint Publication 3-09: Joint Fires Support (Joint Staff, June 2007), http://www.dtic.mil/doctrine/new_pubs/jp3_09.pdf.
- "JFIRE Multi-Service Tactics, Techniques and Procedures for the Joint Application of Firepower," Air Land Sea Application Center, December 2007, http://www.scribd.com/doc/95804836/6/Table-1-Target-Location-Error-Categories.
- "Target Coordinate Mensuration Certification and Program Accreditation," Chairman of the Joint Chief of Staff Instruction, January 2013, http://www.dtic.mil/cjcs_directives/cdata/unlimit/3505_01.pdf.
- "Scoping the Target Location Accuracy (TLA) Problem," DRA/6500 Joint Fires HQ DRA Thinkpiece, 23 November 2007.
- "Pamphlet No. 3 Joint Tactical Targeting Process," Artillery Training Volume 1: Artillery in Battle (United Kingdom Armed Forces, June 2010).

El teniente coronel D. Francisco José Martin Moya pertenece a la 280 promoción del Arma de Artillería, es analista de artillería de campaña en la Jefatura de Adiestramiento y Doctrina de Artillería (JADART), y es el representante español en el grupo de capacidades integradas de fuego indirecto (ICGIF)

D. Francisco Gonzalez Mené es Ingeniero de Telecomunicación por la ETSIT de la UPM de Madrid. Es el Delegado Español en el Grupo NIAG de la OTAN y "SME Senior Advisor" de la EDA. Es el representante de TEDAE en OTAN, EDA, LOI y OCCAR

Proyecto Eresma: Extensión de la Red de Sensores en Misión de Apoyos de Fuego

por D. José María Alonso Pelegrina capitán de artillería

Las Unidades de Artillería en misión de Apoyo Directo tienen que adquirir objetivos de forma rápida y precisa. Las Unidades apoyadas cuentan con sensores capaces de adquirir información aprovechable por el OAV de Artillería. Por tanto es necesario validar esos sensores para que la información proporcionada sirva para adquirir objetivos.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las operaciones militares se están llevando a cabo en escenarios muy complejos, en un espacio de batalla muy amplio y discontinuo, en las que es necesario considerar la capacidad de emplear apoyos de fuego hasta los niveles más bajos. Las unidades deberán afrontar el tratamiento de una gran diversidad y numero de objetivos. Escenarios de este tipo dificultan en gran medida el cometido de los elementos encargados de la gestión de los apoyos de fuego, demostrándose insuficientes para abarcar las necesidades de las Unidades. Concretamente, los Observadores Avanzados (OAV) como elementos encargados de transmitir las necesidades de APOFUS de las Unidades de maniobra, se ven desbordados e incapaces de asumir el volumen de peticiones de fuego generadas por las Unidades de maniobra en escenarios como los anteriormente expuestos. Incluso en operaciones "clásicas" con frentes reducidos y continuos, es materialmente imposible proporcionar todos los elementos de observación específicos necesarios para completar el sistema de apoyos de fuego.

Por otro lado, se ha constatado que la capacidad de los GACA de Apoyo Directo (A/D) para proporcionar elementos de enlace que se integren en las unidades de maniobra (OAV) es claramente insuficiente para cubrir las necesidades que presenta las unidades de maniobra integrantes de las BOP.

De esta observación y teniendo el cuenta los escenarios actuales anteriormente descritos, surge la

necesidad de potenciar las capacidades de los OAV para que todas las necesidades de APOFUS de las unidades de maniobra a las que un GACA de A/D debe proporcionar apoyo en el marco de una BOP, se puedan ver satisfechas.

DESARROLLO DEL CONCEPTO

Una vez planteado el problema, la idea original que posteriormente se convertirá en solución, surge del interés por las capacidades de observación de los medios de las Unidades de la BRI X (VCI Pizarro, CC Leopardo, VEC, cámara CORAL) y la posibilidad de aprovechar estos medios tecnológicamente avanzados, no sólo como medios de observación del campo de batalla, sino también como elementos capaces de proporcionar la información necesaria para batir objetivos conectándolos en el sistema de APOFUS a través de elementos integrantes de éste.

Para ello se debe analizar las capacidades de cada uno de estos medios y estudiar si es posible que puedan proporcionar la misma información que los medios de que dispone el OAV. Realizando diferente prácticas con cada uno de los medios de que disponen las unidades de maniobra para verificar sus capacidades, se establece una comparativa entre éstos y los medios de que dispone el OAV.

Para esta comparativa, se toma como referencia la precisión con la que los medios del OAV (Telémetro VECTOR + GPS DAGR) son capaces de designar un objetivo, de acuerdo a los criterios de Error de localización de objetivos (TLE), que, si bien, son empleados para municiones guiadas por GPS, nos proporciona un marco de referencia eficaz. De este estudio se desprende que las capacidades que ofrecen algunos de los medios de que disponen las unidades de la BRI X, son similares a los medios de observación y designación de objetivos de los OAV. Estos medios son: CC Leopardo, cámara CORAL y telémetro VECTOR.

Una vez identificados los medios que se ajustan a los requisitos exigidos, es necesario identificar al personal que disponiendo de estos medios, ocupa un puesto táctico que le permita poder actuar como tal y sea lo más eficaz posible a la hora de realizar una petición de Apoyo de Fuego. Así pues, se identifican los siguientes:

- ◊ Jefe de Sc/Cía. de CC sobre plataforma Leopardo y sistema LINCE.
- ◊ Jefe de Sc de Caballería sobre plataforma Leopardo y sistema LINCE.

En la actualidad, las operaciones militares se están llevando a cabo en escenarios muy complejos, en un espacio de batalla muy amplio y discontinuo, en las que es necesario considerar la capacidad de emplear apoyos de fuego hasta los niveles más bajos.Las unidades deberán afrontar el tratamiento de una gran diversidad y numero de objetivos. ...

De esta observación y teniendo el cuenta los escenarios actuales anteriormente descritos, surge la necesidad de potenciar las capacidades de los OAV...

- ◊ Equipos de Tiradores de Precisión de los Batallones de Infantería dotados con Cámara CORAL.
- ◊ Equipo de Obtención de la Cía. de Inteligencia.

El siguiente paso será formar a este personal que dispone de los me-

Arriba: captura de una barrera de humos vista desde la cámara CORAL. (GACA X)

Abajo: captura de una acción de fuego con espoleta MT vista desde la cámara de un CC Leopardo. (GACA X)

dios y puestos tácticos adecuados para que obtenga los conocimientos necesarios y, mediante su empleo, pueda proporcionar la información necesaria para batir un objetivo, realizar una corrección del fuego y evaluar sus efectos. Nace así el concepto de "sensor", que comprende el material adecuado para la designación de objetivos y el personal formado para emplearlo en misiones de Apoyos de Fuego. Para su formación se empleará como herramienta el "Ciclo Complementario Proyecto Eresma", consistente en un programa formativo dividido en tres fases (Teórica, Simulación y Tiro Real) tras las que el personal formado es certificado como "Sensor del Proyecto Eresma". Esta formación no los convierte en Observadores Avanzados, sino que los capacita para proporcionar la información necesaria para que uno de los elementos integrantes del sistema de APOFUS (normalmente el propio OAV) pueda transformarla en una acción de fuego, consiguiendo así satisfacer las necesidades de la unidad de maniobra a la que pertenece el sensor.

Estos sensores tienen como objetivo multiplicar las capacidades de los OAV, extendiendo el sistema de APOFUS y permitiendo así abarcar de una manera más amplia y precisa el campo de batalla. Para entender claramente el papel del sensor con respecto al OAV, se trata de una relación análoga a la existente entre el JFO/NFO y el JTAC, donde el JFO (en nuestro caso el sensor) proporciona la información del objetivo al JTAC (en nuestro caso el OAV) quien no tiene visión directa sobre la zona donde se va a realizar la acción.

INTEGRACIÓN DE LOS SENSORES

Una vez validados los sensores del Proyecto Eresma, cada uno de éstos utilizará los canales correspondientes para contactar con el

elemento del sistema de APOFUS, de acuerdo a su situación dentro de la unidad de maniobra a la que pertenece. Estos canales están claramente definidos en el caso del sensor Jefe Sc de CC sobre plataforma Leopardo, quien como sensor contacta directamente por su malla de Compañía con el Capitán, quien tiene a su lado al OAV que será el encargado de tramitar la petición de fuego a través del sistema.

En otros casos como pudieran ser los ETP, cuya disposición y encuadramiento varía ostensiblemente de una unidades a otras, el canal adecuado para contactar con el elemento del sistema de APOFUS podrá ser tanto el OAV, si se encuentra integrado en un S/GT, o el DECO, si por el contrario se encuentra encuadrado a nivel GT.

El caso más extremo lo encontramos en el Equipo de Obtención de la Cía. de Inteligencia, el cual debido a sus especiales circunstancias y dependencia, sólo podrá acceder al sistema de APOFUS a través del FSE de Brigada.

RESULTADOS OBTENIDOS HASTA EL MOMENTO

A día de hoy, se han comprobado y validado por parte del GACA X los siguientes sensores pertenecientes a distintas Unidades de la BRI X:

- ◊ Jefe Sc. Caballería sobre plataforma Leopardo, perteneciente al GCAC II/10.
- ◊ Jefe CC sobre plataforma Leopardo, perteneciente al GCAC II/10.
- ◊ 2 Jefes de CC sobre plataforma Leopardo, pertenecientes al BICC I/10.
- ◊ Jefe ETP perteneciente al BIP I/2.
- ◊ 2 Jefes ETP pertenecientes al BIMT I/45.
- ◊ Jefe Equipo Obtención de la Cía. de Inteligencia, perteneciente al BCG X.

CONCLUSIONES

La complejidad de los escenarios actuales, unido al gran número de unidades de maniobra a las que un GACA de A/D debe prestar apoyo, hacen necesario potenciar las capacidades de los OAV. Con este objetivo, el Proyecto Eresma pretende que, mediante la identificación de medios y personal adecuado perteneciente a las Unidades de maniobra y tras recibir una formación mínima, se certifiquen “sensores” capaces de designar objetivos, realizar una petición de fuego, corregir y/o ajustar el tiro y evaluar sus efectos. Esto sensores actuaran como multiplicadores de las capacidades de los OAV, extendiendo así el sistema de APOFUS.

El capitán D. José Mª. Alonso Pelegrina pertenece al Arma de Artillería, está en posesión de los cursos de observador de fuegos aéreos y controlador de ataque terminal conjunto, en la actualidad se encuentra destinado en el GACA X

Sistema de Vigilancia Dependiente Automática (ADS). Descripción de un prototipo para uso en unidades de artillería antiaérea

por D. Álvaro Carrasco Nogales teniente de artillería

En este artículo se describirá un prototipo para uso en unidades de artillería antiaérea y se mostrarán los materiales y el proceso para montar un sistema receptor de ADS-B con la ayuda de un decodificador de TDT.

A medida que el tráfico aéreo se incrementa año tras año, se hace más evidente la necesidad de un sistema de control de tráfico que permita una mayor cobertura y un control más dinámico entre estación en tierra y aeronave.

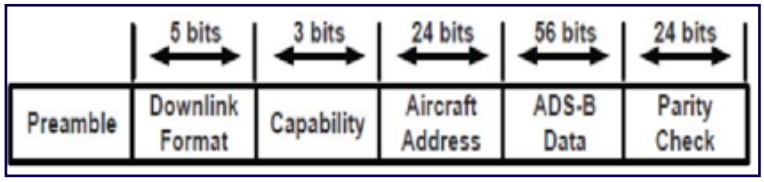
El uso de radares convencionales en la aviación lleva consigo una serie de limitaciones muy significativas en cuanto alcance y resolución. A su vez, los procedimientos actuales de seguridad requieren de una alta precisión en la localización y un alto refresco de la información. Si sumamos a la ecuación fenómenos medioambientales adversos, poca cobertura en baja cota y un alto coste del mantenimiento de los equipos, se ponen en evidencia las carencias de un sistema que lleva funcionando casi sin modificación desde los años 50.

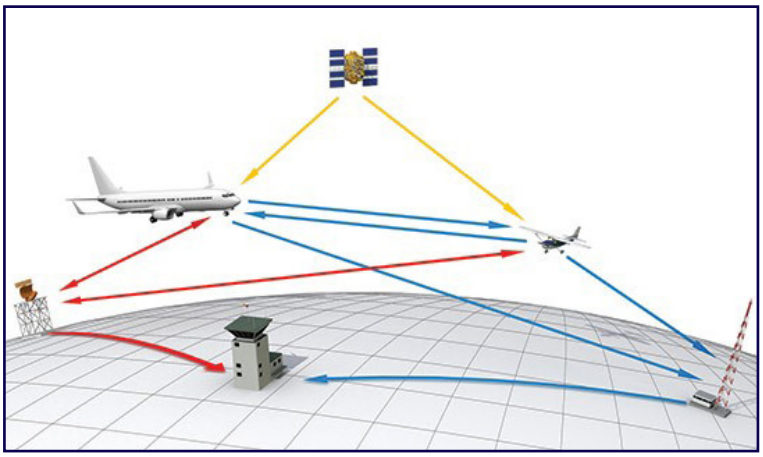
El radar primario solo nos proporciona la posición de la aeronave, en muchos casos sin la tercera dimensión. Al ser un método pasivo para la aeronave, que no confirma de manera alguna dicha posición, son muy frecuentes los ecos sobre el terreno y los falsos blancos. Si bien para un objetivo militar –que desee evadir ser detectado– es el único método de funcionamiento, para aeronaves amigas supone un sistema muy poco preciso y que además requiere un sistema en tierra muy complejo y poco eficiente.

A su vez, el radar secundario es una evolución del identificador

amigo-enemigo de procedencia militar (IFF) y permite complementar la falta de información del primario mediante una serie de "preguntas" a la aeronave. Aun así, el sistema conserva muchas de las debilidades del radar primario, sobre todo las relacionadas a precisión en las medidas. El sistema, exceptuando en el modo 3S, es incapaz de diferenciar la respuesta de dos aeronaves que se encuentren muy próximas.

Estas y otras limitaciones dan lugar a la necesidad de sistemas de vigilancia y gestión aérea más eficientes y precisos, así como sencillos. Sistemas como el Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B), donde la aeronave emite su posición de manera constante gracias a instrumentos de extrema precisión a bordo, están desarrollándose e implementándose durante los últimos años y son sin duda la línea que seguirá el desarrollo en este campo.





Arriba: formato del mensaje (Fuente: Abdulaziz et al., 2017)

Abajo: como interactua el sistema (Fuente: www.aopa.org/)

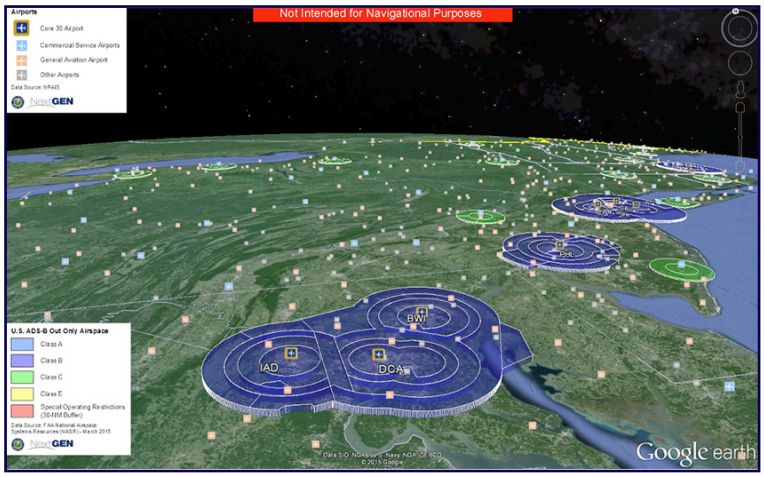
¿QUÉ ES?

El ADS es un sistema de localización de aeronaves orientado a controlar el tráfico aéreo. Como en el radar secundario, el sistema se basa en la cooperación de la aeronave al transmitir un mensaje con información sobre su posición, altitud, identificación del vuelo, IFF, etc.

La principal diferencia respecto al radar secundario reside en que el ADS, en su modo más básico, no necesita una estación en tierra que interrogue a la aeronave sino que la aeronave difunde los datos de vuelo de manera constante y en todas direcciones. Esta característica permite disminuir al máximo, en tamaño y costes, el equipo necesario en tierra, reduciendo éste a simplemente un receptor y una antena, suprimiendo así los costosos radares de interrogación.

El sistema ADS permite el intercambio de información entre aeronaves aumentando por tanto la seguridad en vuelo. Además, es posible enviar y representar gráficamente información del vuelo y meteorológica en tiempo real a aviones equipados con el sistema, disminuyendo la carga de trabajo de los controladores en tierra.

El uso de radares convencionales en la aviación lleva consigo una serie de limitaciones muy significativas en cuanto alcance y resolución...



Arriba: red de nodos terrestres (Fuente: www.faa.gov)

Abajo: componentes del sistema táctico: Antena, Receptor, Portatil y Fuente de alimentación

Actualmente casi la totalidad de aeronaves utilizan el sistema. En Europa, toda aeronave que pueda volar a más de 250 nudos o con un peso superior a 5700 kg construida después del 2016 debe portar el sistema. Se da un plazo de cuatro años más para actualizar al resto de aeronaves de las mismas características (Garmin.com, 2017).

Dentro del sistema ADS podemos diferenciar dos grandes técnicas de comunicación: ADS-B (Broadcast) y ADS-C (Contract) (Enaire.es, 2017).

Los sistemas ADS del tipo **Broadcast** basan su principio de funcionamiento en la emisión de información del vuelo y la aeronave en intervalos regulares de tiempo. Estos datos pueden ser recibidos por estaciones en tierra o por estaciones en otras aeronaves y se usan para la gestión del tráfico aéreo y seguridad en vuelo principalmente.

Por otro lado, los sistemas del tipo **Contract** implican un "diálogo" entre la aeronave y la estación en tierra, siendo esta última la que establece frecuencia, tipo de contrato y diferentes parámetros para que la comunicación sea posible. Cada contrato es único, solo contendrá a una aeronave y una estación de tierra, aunque una aeronave podrá gestionar varios contratos al mismo tiempo.

FISIOLOGÍA DE LA SEÑAL

En su modo Broadcast la señal de frecuencia 1090 MHz es transmitida desde la aeronave con una potencia suficiente para ser recibida a más de 400 km por una estación en tierra. Dicha señal contiene 112 bits de datos, (Abdulaziz et al., 2017) codificados mediante modulación de posición de pulso. El sistema permite una velocidad máxima de 1 Mbps.

El mensaje está precedido por un **preámbulo** de 8us que sirven al receptor para marcar el inicio de la transmisión y para determinar la posición de los bits altos y bajos dentro de la misma, podría asemejarse a una señal de sincronía.

Tras este, se encuentra el **Downlink Format** que con solo 5 bits permite informar del tipo de transmisión que se va a realizar.

A continuación, el sistema introduce la información relevante en el campo **Capability**, relativo a la especificidad de los datos que van a ser transmitidos.

El campo **Aircraft Adress** contiene la designación ICAO de la aeronave.

Precediendo la comprobación de paridad, se encuentra el campo de interés de la transmisión, **ADS-B Data** donde en 56 bits se informa al receptor de la siguiente información:

- ◊ Identificación del vuelo
- ◊ Posición (provista por los sistemas de la aeronave)
- ◊ Altitud Barométrica y Geométrica (provista por los sistemas de la aeronave)
- ◊ Ratio de ascenso o descenso (provista por los sistemas de la aeronave)
- ◊ Velocidad (provista por los sistemas de la aeronave)
- ◊ Código IFF y códigos de emergencia en vuelo (Secuestro, Fallo Radio, etc)

Por último el campo **Parity Check** permite al receptor la comprobación de errores del mensaje.

COMPONENTES DEL SISTEMA ADS

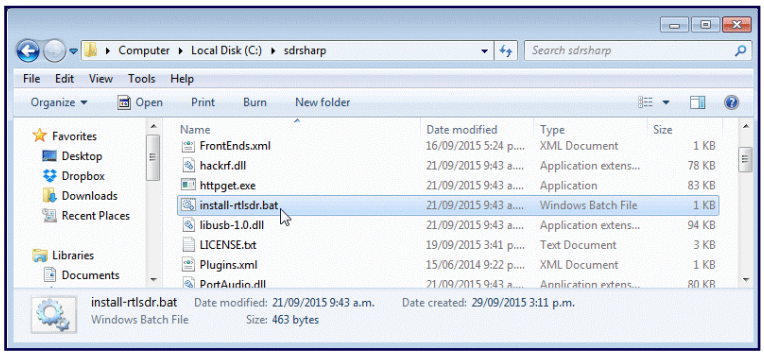
- **GPS:** Encargado de trabajar con la aeronave para permitirle saber la localización exacta en cada momento.

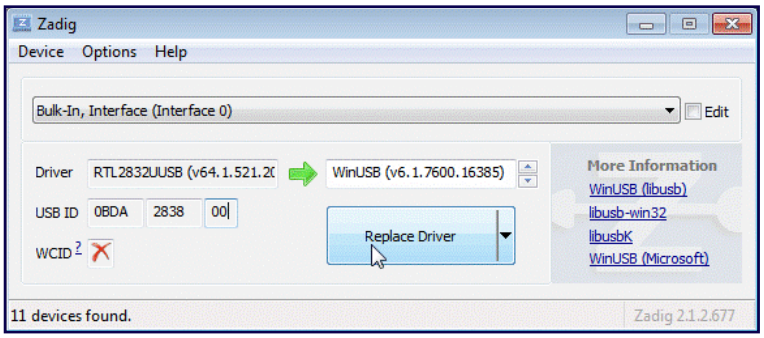
Receptor TDT (Fuente: www.amazon.es)

- **Sistemas a bordo:** Proveen la información que estará contenida en el mensaje a transmitir. (Altura, Código de la Aeronave, Código IFF…)

Los sistemas ADS del tipo Broadcast basan su principio de funcionamiento en la emisión de información del vuelo y la aeronave en intervalos regulares de tiempo...

- **Aeronaves:** Una o varias, son los elementos principales del sistema, emiten los datos relativos al vuelo a estaciones en tierra u otras aeronaves que ten-





Arriba: figura 1

Abajo: figura 2

gan capacidad de recibir dicha información.

- **Estaciones en tierra (red matricial):** Elemento que permite recibir la información de las aeronaves para su posterior gestión. El sistema permite que los datos que reciba una estación puedan ser enviados al resto de estaciones por redes de datos paralelas al sistema, conformando así una matriz de receptores ADS intercomunicados entre sí y permitiendo un solape de coberturas.
- **Otras fuentes de datos en tierra (radar meteorológico, tráfico en pista...):** Dan información añadida al sistema y permiten exportarla a las aeronaves.

¿QUÉ VENTAJAS APORTA?

1. Menores costes de implementación en aeronaves y aeropuertos. Siendo el mayor beneficio en los sistemas de tierra. Que no necesitan de un costoso radar secundario de interrogación.
2. Mayor precisión.
   Mientras los radares convencionales refrescan la posición cada 10 segundos aproximadamente, el ADS-B tiene un tiempo de refresco de apenas medio segundo. Además, los datos de localización de la aeronave son obtenidos mediante el receptor GPS de la aeronave que proporciona una precisión muy superior a la obtenida desde un radar primario.
3. Comunicación entre aeronaves (ADS-B In).
   Para aquellas aeronaves que cuenten con el sistema ADS-B In, es posible compartir datos de vuelo en tiempo real entre diferentes aeronaves de la zona.
4. Representación de tráfico aéreo y meteorología al piloto en tiempo real (FIS-B, TIS-B).
   Que permiten al piloto ver en todo momento el tráfico circundante y posibles fenómenos meteorológicos indeseados con suficiente antelación como para evitarlos.
5. Mayor cobertura mediante red de nodos en tierra.
   Una red de estaciones en tierra proporciona una cobertura casi global y de características muy superiores a los radares convencionales. El sistema es capaz de detectar una aeronave tanto en tierra como a una alta cota.
6. Separación y enrutamiento de aeronaves más seguro y eficiente.
   Conociendo la posición exacta de la aeronave con un tiem-

po de refresco muy elevado los controladores aéreos pueden aprovechar este aumento de precisión y seguridad para establecer corredores más eficientes y ajustados.

7. Facilita las labores de búsqueda y rescate tras un accidente. El aumento de la precisión en la localización GPS (error inferior a 5 metros) y la actualización en tiempo real de la aeronave permite la localización exacta del lugar del avión si ocurriese un accidente.

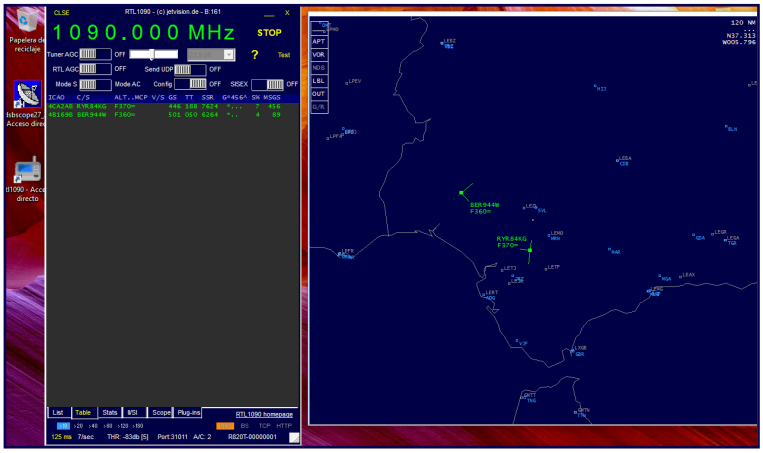
CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA INSTRUCCIÓN DE UNIDADES DE ARTILLERÍA ANTIAÉREA

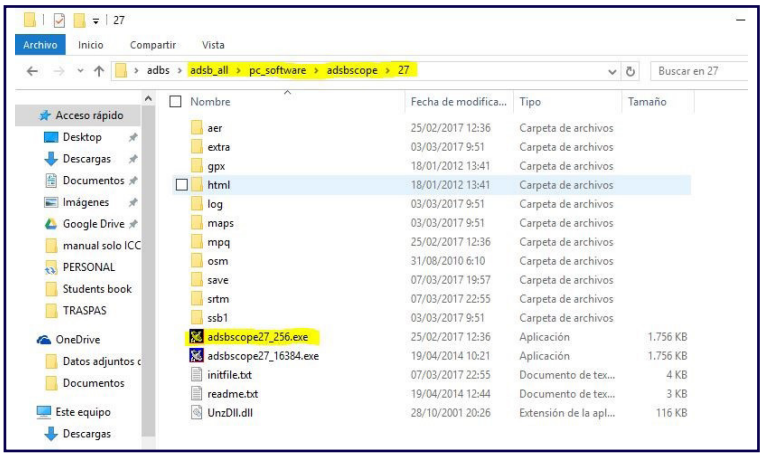
Sistema Dependiente de Autentificación de Trazas (SIDATRA)

Un prototipo fue probado durante ejercicios de una Batería HAWK del Regimiento de Artillería Antiaérea 74 para constatar la utilidad real del sistema. El funcionamiento superó las expectativas al trabajar de manera continuada durante 7 días y bajo ambiente de guerra electrónica, detectando trazas a más de 300 km. El prototipo permitió al oficial táctico comprobar la autenticidad de las aeronaves que no participaban en el ejercicio y descartarlas así de los objetivos reales.

Futuro del sistema, integración con COAAAS-M

La situación final deseada se materializaría con el diseño y construcción de un sistema que permita introducir los datos ADS-B en la red de datos del COAAAS-M y disponer de una fuente adicional de datos de trazas. Recordemos que estas trazas pertenecen a aeronaves que emiten de manera voluntaria sus datos para identificación, con lo que no servi-



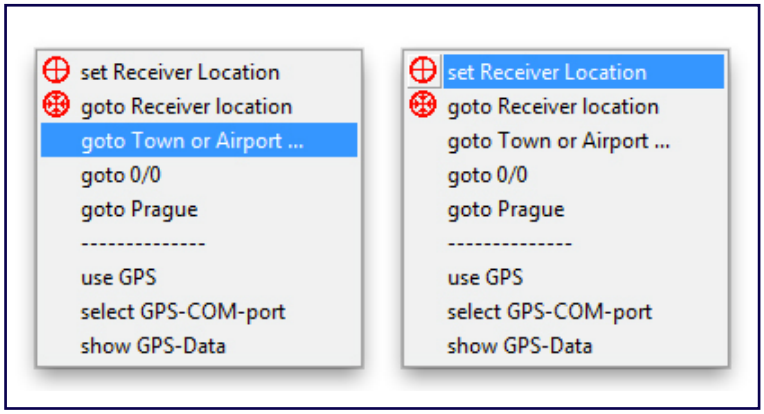


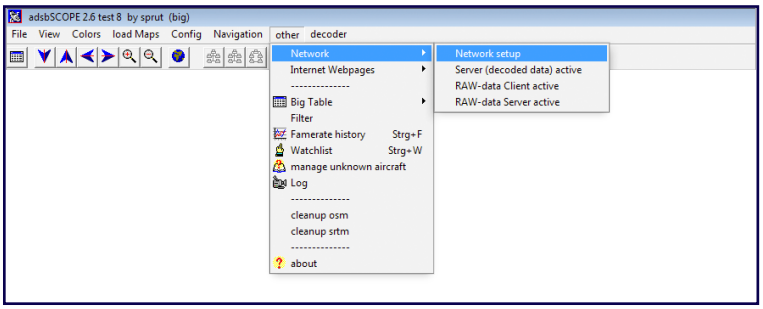
Arriba: figura 3

Abajo: figura 4

ría para localizar trazas enemigas, pero si para descartar aquellas que si son amigas. El sistema trabajaría de igual manera que se usa el IFF pero a diferencia de éste, el receptor ADS-B no tiene que emitir ninguna radiación que pueda ser usado por el enemigo para localizar nuestra posición.

Además, el sistema facilita la correlación y ajuste de los radares de detección, ya que la precisión de los datos ADS-B es extremadamente alta y nos informaría de las





Arriba: figura 5

Abajo: figura 6

capacidades de visibilidad de los radares en un determinado asentamiento, influyendo de manera directa no solo en el aspecto táctico, sino en labores de comprobación de las capacidades de un radar primario tras una reparación por parte de los escalones de mantenimiento.

Construcción de un prototipo que permita recibir los datos ADS-B

A continuación se muestra los materiales y el proceso para montar un sistema receptor de ADS-B con la ayuda de un decodificador de TDT y un ordenador. La motivación de este artículo es la de construir un receptor que permita entender de manera gráfica el funcionamiento y potencial del sistema y que pueda ser utilizado a su vez por unidades antiaéreas para la instrucción de sus tripulaciones en la detección y correlación de blancos de oportunidad, así como en la comprobación de capacidades de detección en los radares propios de los sistemas de armas.

El prototipo que a continuación se detalla fue construido en enero de 2017, acorde a instrucciones procedentes de diferentes webs especializadas en la materia y permitió localizar aeronaves a una distancia superior a 300 km y un rango de alturas de entre 0 y 40.000 pies.

El ordenador empleado fue un Notebook de pocas prestaciones de 2010 con 1 GB de RAM y un procesador de un núcleo a 1,4 Ghz.

Hardware necesario

- Ordenador con Sistema Operativo Windows 7 o superior.
- Decodificador TDT con chip basado en RTL2832U[1]

Software necesario

- Conexión a internet (solo para la instalación)
- Microsoft .NET 4.6 redistributable[2]
- Drivers Receptor TDT Modificados (AirSpy SDR Software Package)[3]
- Software de interpretación ADS-B (RTL1090 SCOPE Version)[4]

(1) http://amzn.eu/5mzA60S

(2) http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=48130

(3) http://airspy.com/?ddownload=3130

(4) http://planevision.de/download/rtl1090.beta3.zip

◊ Software de representación gráfico (ADSBSCOPE, opcional)[5]
◊ En algunos ordenadores es necesario instalar Visual C++ Runtime si no lo tiene instalado por defecto[6].

Introducción a la construcción

Todo se basa en la propiedad del decodificador de acceder a un rango de frecuencias en las que están comprendidas los mensajes ADS-B. El dispositivo (receptor TDT) solo permite la recepción de información y en ningún caso puede emitir información alguna que pudiera perjudicar al sistema aeronáutico.

Con objeto de agilizar la construcción (y hacerla accesible para cualquiera con conocimientos básicos de informática) se omitirán detalles tediosos y en parte innecesarios para la construcción del dispositivo. Se puede encontrar más información en las páginas de referencia que se encuentran en la bibliografía.

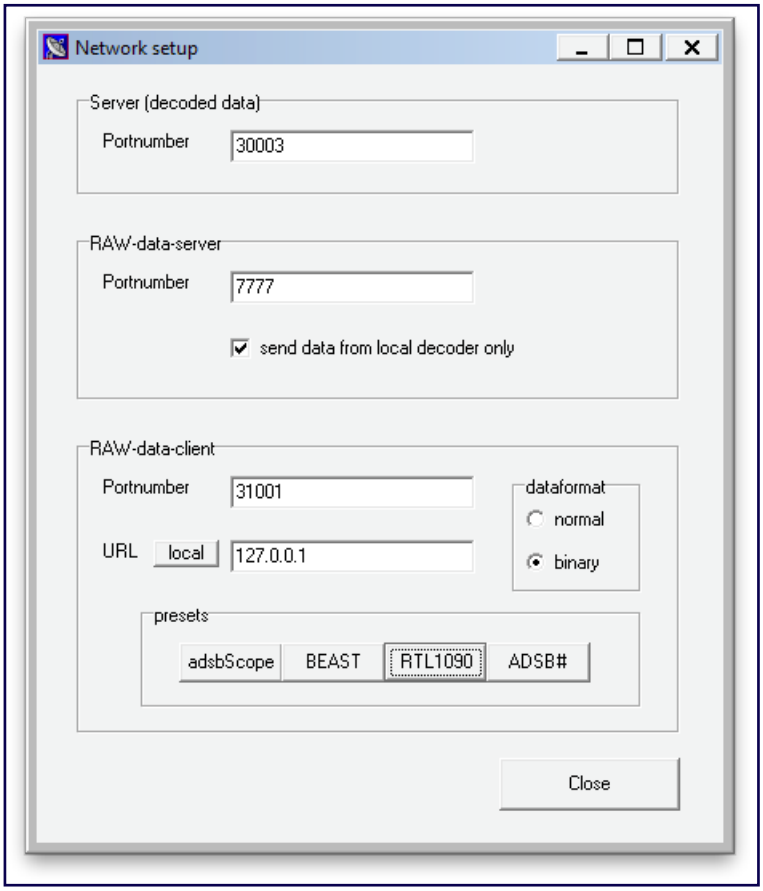
Descarga de contenidos

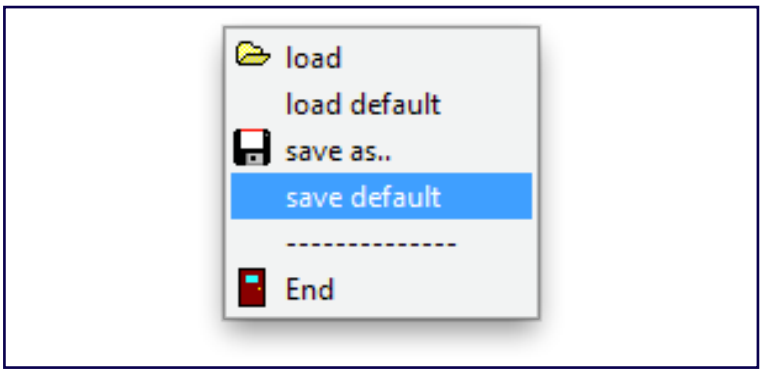
Una vez descargado todo el software comenzaremos instalando Microsoft .NET 4.6 redistributable que permitirá posteriormente el buen desarrollo del resto de aplicaciones.

De igual manera y si no lo tuviéramos instalado por defecto, instalaremos Visual C++ Runtime.

Una vez aquí descomprimiremos la carpeta sdrsharp-x86.zip en un directorio de fácil acceso.

Descomprimimos en el mismo directorio la carpeta del programa rtl1090 e introducimos todo su contenido en la carpeta sdrsharp-x86 ya descomprimida en el paso anterior.



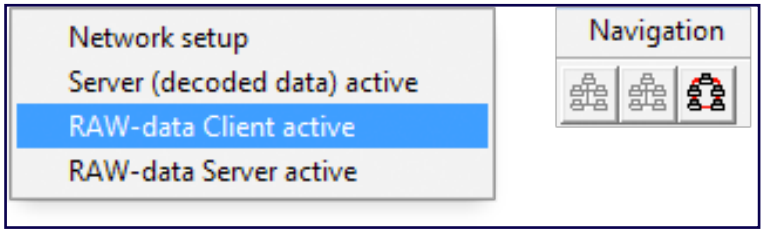


Arriba: figura 7

Abajo: figura 8

(5) http://www.sprut.de/electronic/pic/projekte/adsb/adsb_all.zip

(6) https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=8328



Arriba: figura 9

Abajo: pantalla de trabajo de la aplicación

Instalación de drivers

1. Abrimos la carpeta sdrsharp-x86 y ejecutamos con permisos de administrador (y conexión de internet activa) el archivo install-rtlsdr.bat. Aparecerá una pantalla negra que indicará el proceso de descarga de los archivos necesarios, una vez terminado se cerrará. En la misma carpeta habrán aparecido dos archivos nuevos: rtlsdr.dll y zadig.exe. (Figura 1)
2. En este momento introduciremos el Decodificador TDT en un puerto USB del ordenador y dejaremos que el ordenador lo reconozca. De manera automática y si tenemos conexión a internet instalará los drivers propios del dispositivo TDT. Una vez terminado ejecutaremos con permisos de administrador el archivo zadig.exe que apareció en la carpeta, al final del paso 1.
3. Dentro del programa ir a Opciones y marcar la primera opción (List All Devices).
4. Una vez marcada buscaremos en el menú desplegable el dispositivo Bulk-in Interface (Interface 0).
5. Comprobamos que todo se asemeja a la imagen y damos a Replace Driver. (Figura 2)
6. Ya estarán instalados los drivers modificados para el receptor TDT.

Ejecutar el Interpretador ADS-B

Si hemos descargado la versión SCOPE del programa no será necesario utilizar otro software de visualización ya que esta versión tiene un mapa propio para visualizar las aeronaves.

7. Con el receptor TDT en el puerto USB navegamos dentro de la carpeta sdrsharp-x86 y ejecutamos la aplicación RTL1090.
8. Nos aparecerá una ventana con un botón START en la parte superior derecha. Pulsaremos ese botón y el receptor comenzará a recibir paquetes ADS-B de las aeronaves en un radio máximo de 450 km. Es interesante comentar que con la antena que trae consigo y situándola dentro de un edificio difícilmente podremos recibir información de aeronaves que se encuentren a más de 50 km. Para el aprovechamiento de todas las capacidades sería de interés la construcción de una antena ajustada a dicha frecuencia y la colocación de la misma en un lugar exterior algo elevado. (Existe información para la

construcción de una sencilla antena en la bibliografía).

9. Para acceder a las diferentes informaciones, en la parte inferior del programa podemos encontrar una serie de pestañas entre las que cabe destacar:

Table: que nos muestra una tabla con las aeronaves recibidas en tiempo real así como datos de vuelo.

Scope: Nos permite representar en un mapa aeronáutico las trazas en tiempo real. (Figura 3).

En esta misma zona es importante localizar la palabra Port seguida del número de puerto con el que trabajará la aplicación. Para poder ejecutar la siguiente aplicación será necesario conocerlo.

Ejecutar el software de representación gráfica

Existen además diferentes programas que utilizan los datos del software RTL1090 para mostrar de una manera más amena y gráfica la posición de las aeronaves así como su información complementaria (Numero de vuelo, Tipo de aeronave, Código IFF, Altura, Velocidad…). En este artículo se pretende explicar de manera somera el software ADSBScope.

Partiendo del punto en el que se ha conseguido visualizar las trazas en el RTL1090 extraeremos la carpeta del software llamada adsb_all y navegaremos hasta el programa ejecutándolo. (Figura 4).

Antes de comenzar es necesario hacer un ajuste[7] para que la comunicación entre ambos programas sea posible:

1. Una vez abierto el programa, estableceremos nuestra posición desde el menú Navigation/goto Town or Airport donde introduciremos la ciudad deseada. Completado este le diremos al programa que el receptor se encuentra en esa posición mediante el menú Navigation/Set Receiver Location. (Figura 5).

Existen además diferentes programas que utilizan los datos del software RTL1090 para mostrar de una manera más amena y gráfica la posición de las aeronaves así como su información complementaria (Numero de vuelo, Tipo de aeronave, Código IFF, Altura, Velocidad…). En este artículo se pretende explicar de manera somera el software ADSBScope.

2. Relacionaremos ambos programas mediante el menú other/Network/Network Setup. (Figura 6).
3. En la ventana que nos aparece pulsaremos el botón Local (para que nos establezca la ip 127.0.0.1) (Figura 7).
4. Y a continuación pulsaremos sobre RTL1090, que nos establecerá los puertos de este programa para la comunicación entre ambos. Este puerto debería coincidir con el que nos mostraba el programa RTL1090 tras la palabra Port en la zona inferior de la ventana. Si no fueran iguales introduciríamos a mano el puerto observado anteriormente en el programa rtl1090.
5. Pulsamos Close y guardamos la configuración en el menú File/save default (Figura 8).
6. Una vez llegados a este punto solo queda acceder al menú other/Network/Raw-data client active o directamente pulsar sobre el icono de la foto para empezar a mostrar las tra-

(7) http://sonicgoose.com/how-to-setup-adsbscope/

zas sobre el mapa. Pinchando sobre las mismas se nos abrirá un texto a la izquierda con toda la información de la aeronave. (Figura 9).

El programa permite variar muchas funciones de visualización así como descargar mapas de diferentes regiones para verlos después sin conexión.

BIBLIOGRAFIA:

◊ Garmin.com. (2017). Common Questions | ADS-B Academy | Garmin. [online] Available at: http://www.garmin.com/us/intheair/ads-b/seven-questions/#when-should-i-equip-for-adsb [Accessed 19 Apr. 2017].

◊ Enaire.es. (2017). Vigilancia dependiente automática (ADS) - ENAIRE - Navegación Aérea. [online] Available at: http://www.enaire.es/csee/Satellite/navegacion-aerea/es/Page/1043829981402//ADS.html [Accessed 19 Apr. 2017].

◊ Abdulaziz, A., S.Yaro, A., Adam, A., Kabir, M., Salau, H., Abdulaziz, A., S.Yaro, A., Adam, A., Kabir, M. and Salau, H. (2017). Optimum Receiver for Decoding Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B) Signals. [online] Article.sapub.org. Available at: http://article.sapub.org/10.5923.j.ajsp.20150502.01.html [Accessed 19 Apr. 2017].

◊ Aopa.org. (2017). Air Traffic Services Brief -- Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) - AOPA. [online] Available at: https://www.aopa.org/advocacy/advocacy-briefs/air-traffic-services-brief-automatic-dependent-surveillance-broadcast-ads-b [Accessed 19 Apr. 2017].

◊ rtl-sdr.com. (2017). rtl-sdr.com - RTL-SDR (RTL2832U) and software defined radio news and projects. Also featuring Airspy, HackRF, FCD, SDRplay and more.. [online] Available at: http://www.rtl-sdr.com/ [Accessed 19 Apr. 2017].

◊ SonicGoose. (2017). How to Setup ADSBScope. [online] Available at: http://sonicgoose.com/how-to-setup-adsbscope/ [Accessed 19 Apr. 2017].

◊ Adsbexchange.com. (2017). BEGINNERS #2: CANTENNA – Easy DIY Antenna to Improve Range/Plane count – ADS-B Exchange. [online] Available at: https://www.adsbexchange.com/forums/topic/beginners-2-cantenna-easy-diy-antenna-to-improve-rangeplane-count/ [Accessed 19 Apr. 2017].

El teniente D. Álvaro Carrasco Nogales pertenece al Arma de Artillería y en la actualidad se encuentra destinado en el GAAAM II/74

Desgaste y erosión de los tubos

Por D. Severino E. Riesgo y García, teniente coronel de artillería

Existe actualmente una gran debate dentro de los artilleros sobre el este asunto. La realidad es que se lleva muchos, muchos años sin ser actualizados estos conceptos, sin que la bibliografía nacional aporte nada nuevo, ni tan siquiera se han corroborado los conceptos antiguos que por buenos tenemos.

En definitiva para tener una opinión de peso sobre el desgaste de los tubos, ésta se debe fundamentar en el conocimiento más actual posible. A estas líneas traeremos un resumen sobre las últimas experiencias desarrolladas en los países de nuestro entorno y llegaremos a conclusiones sorprendentes.

Supongamos, pues, que unos tubos de una batería presentaran tres tipos de problemas:

- Uno localizado en el inicio del estriado, que se corresponde con un desprendimiento de campos (Fig. 1).
- Otro localizado en los agujeros del evacuador de gases con picaduras de erosión.
- Y por último, erosiones en la recámara.

¿Podríamos achacarle el problema al capitán de la batería por falta de mantenimiento? O, por el contrario ¿esos tubos, que fueron comprados en bloque, los problemas que presentan son debidos a una falta de control durante su fabricación?

He ahí la cuestión. Comencemos.

MODOS DE DEGRADACIÓN DEL TUBO

Durante el servicio de las piezas los tubos pueden llegar a quedar inservibles de una de las siguientes maneras:

- Si la presión máxima que se alcanza en la recámara, o en cualquier punto del ánima, sobrepasa el límite elástico del acero se producirá una deformación permanente en el tubo.
- En casos extremos, las altas presiones pueden hacer que las paredes del tubo se rompan. Si el tubo es de material frágil, el cañón podría reventar. Si el material es más dúctil, se producirá una fuga de gases.
- Incluso a presiones algo más bajas, pueden formarse microgrietas en el interior del tubo debido al calor generado durante el disparo. Durante muchos cientos o miles de disparos, estas microgrietas pueden crecer, unirse y eventualmente romper el tubo, este proceso se denomina fatiga.
- Finalmente, puede ocurrir un desgaste excesivo en el tronco de cono de unión o en el ánima causado o por la acción de los gases calientes a alta velocidad (un proceso llamado erosión que es debido a efectos térmicos, químicos y/o mecánicos) o por el rozamiento del proyectil con el ánima (un proceso conocido como desgaste que solo es debido a efectos mecánicos).

La probabilidad de una deformación permanente del tubo, de que reviente o que se produzca una fisura y la consiguiente fuga de gases puede ser reducida mediante un di-

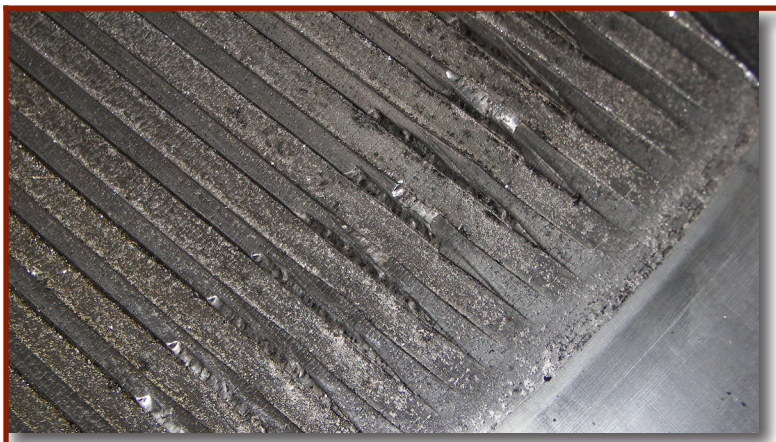


Fig. 1: desprendimiento de los campos al inicio del rayado

seño adecuado del tubo. La fatiga de los tubos se puede estudiar con una realización de pruebas y simulaciones de laboratorio, los resultados de estas estudios sirven para determinar estadísticamente la denominada "vida de fatiga" del tubo. Para maximizar la seguridad, lo normal es diseñar los tubos de tal manera que su "vida de desgaste" sea menor que su "vida de fatiga". El desgaste es lo que estudiaremos aquí.

Tabla 1		
Causas del desgaste		
	Erosión	Desgaste
Químico (CAZ)	•Cementación •Oxidación •Hidrógeno	
Térmico (HAZ)	•Melt-wipe •Tmax •Heat Checking •Pebbling	
Mecánico	•Blow-by-Flow •Melt-wipe.	•Side body engraving •Spiral wear

CAUSAS DEL DESGASTE Y LA EROSIÓN

Los tubos están sometidos, desde el primer disparo, a dos procesos, como hemos dicho, diferentes: la erosión y el desgaste. Pero comúnmente aplicamos el concepto "desgaste de los tubos" en las piezas de artillería a todas las causas, aunando los dos términos de desgaste y erosión.

La erosión es la destrucción progresiva del ánima del tubo (arranque de partículas de metal del interior del tubo), producida por fricción, compresión o por la acción de una sustancia corrosiva. El agente erosivo son los gases calientes procedentes de la combustión de la pólvora que interactúan con el ánima del tubo y con el proyectil a altas velocidades.

El desgaste o abrasión es la destrucción del ánima sufrida por acción de una superficie, comúnmente por el roce del proyectil con el ánima.

El desgaste (ya hablando de erosión y desgaste) depende no sólo de fenómenos térmicos sino también de la metalurgia de la superficie del ánima del tubo y de las reacciones químicas entre los gases de la carga de proyección y la superficie del ánima, por lo tanto los fenómenos a tratar son tanto químicos, térmicos como mecánicos.

La erosión

Las formas de erosión (Tabla 1) de un cañón se deben a fenómenos:

- ◊ Químicos. Son reacciones químicas (cementación, oxidación e hidrogenación) y difusión de sustancias químicas en los aceros de los tubos.
- ◊ Térmicos. Se asocia con cambios de temperatura, fusión de partes del proyectil y la creación de fisuras en la superficie del ánima debido a la dilatación y contracción (ciclo térmico) creándose unas zonas denominadas “Heat Check”, con apariencia de piel de cocodrilo.
- ◊ Mecánicos. Son el resultado del impacto directo los gases y partículas sólidas en la superficie del ánima.

Estos fenómenos actúan juntos en la erosión de los tubos. Además existen otros factores que

contribuyen a la erosión mecánica como el desprendimiento de parte de la banda de forzamiento del proyectil y la propagación de las fisuras debido a ciclos de presión balísticos.

Desgaste

El desgaste, un efecto sólo mecánico, es el resultado de la interacción entre el tubo y el proyectil. Las formas de desgaste principalmente pueden son:

- Cuando los gases de la carga de proyección sobrepasan la banda de forzamiento crean un empuje lateral al proyectil que junto con la velocidad de traslación axial y el rozamiento, puede causar desgaste en el proyectil (side body engraving), en el ánima o en ambos.
- Para tubos con ánimas rayadas, si el centro de masas del proyectil está desplazado de su eje axial de rotación puede hacerle que rote de forma excéntrica o precesione mientras que éste se mueve a lo largo del ánima, causando que alguno de los campos de las rayas que están cerca de la boca del tubo se desgasten (spiral wear).
- Durante la carga y las etapas iniciales de combustión de la pólvora, la banda de forzamiento se encastra en el rayado del ánima. A medida que el ciclo balístico continúa, la banda de forzamiento se mantiene ajustada en el rayado ejerciendo una fuerza radial al mismo. Esto puede contribuir al desgaste del rayado, especialmente si el ánima ha sido dañada térmicamente.

LA EROSIÓN QUÍMICA

La combustión de las cargas de proyección produce monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno, vapor de agua y nitrógeno, en proporciones variables dependiendo de la formulación particular de la pólvora. Los investigadores han desarrollado correlaciones entre las especies químicas de los gases de combustión y su acción erosiva mediante el análisis de grandes conjuntos de resultados obtenidos a partir de disparos experimentales.

Lawton produjo dos correlaciones semi-empíricas relacionando las especies de los gases con los niveles de erosión, que son las ecuaciones [1] y [2].

$$A = \exp\left(0{,}23\, f_{CO_2} + 0{,}27\, f_{CO} + 0{,}28\, f_{H_2O} + 0{,}74\, f_{H_2} + 0{,}16\, f_{N_2} + 1{,}55\, f_R - 31.36\right) \quad [1]$$

$$w = A \cdot e^{\frac{T\max}{B}} \quad [2]$$

Donde f es el tanto por ciento en volumen de cada especie, siendo el H_2 el más erosivo y N_2 el que menos. Siguiendo con los estudio de Lawton, Kimura explicó que las especies químicas influyen sobre la erosión principalmente a través de la transferencia de calor desde los gases hasta la superficie del ánima. La contribución relativa de la acción erosiva química a la acción erosiva total de cada especie según Kimura es la siguiente:

$$CO_2 \rangle CO \rangle H_2O \rangle H_2 \rangle O \rangle N_2$$

Se descubrió que el nitrógeno que es diatómico tiene una influencia químicamente protectora. Kimura posteriormente utilizó estos resultados para desarrollar una pólvora de baja acción erosiva, con alto contenido de nitrógeno y de

Fig. 2: zona degradada térmicamente

baja vulnerabilidad, los propulsores llamados LOVA[1].

La erosión producida por estas especies químicas es causada por dos procesos diferentes:

◊ En primer lugar, los compuestos que se forman mediante reacciones entre las especies químicas de los gases $(CO_2, CO, H_2O, H_2, O, N_2)$ y el material del ánima tienen un punto de fusión más bajo que el acero del tubo, y por lo tanto, estos compuestos se eliminan fácilmente mediante procedimientos térmicos y mecánicos.

◊ En segundo lugar, la rápida difusión térmica en dirección radial de las especies químicas que componen los gases, desde la superficie del ánima hacia las capas interiores del tubo, da como resultado átomos intersticiales (carbono, fundamentalmente) en la red metálica del ánima, alterando su estructura, las propiedades físicas y el punto de fusión del acero del tubo. El resultado es un material con menor la resistencia, más frágil, y por lo tanto, se vuelve más susceptible a la erosión.

La zona donde se produce la erosión química se denomina zona o capa del tubo químicamente afectada (CAZ/CAL), denominada también capa blanca (hite layer), es del orden de una a diez micras de profundidad y frecuentemente está atravesada por grietas.

Los procesos químicos más más comunes que participan de la erosión de los tubos son:

◊ La cementación o carburación.

◊ La oxidación.

◊ La fragilización por erosión por hidrógeno y agrietamiento.

La carburación

Las pólvoras que contienen carbono producen CO y CO_2 durante la combustión, y además, pueden producir carbono monatómico en el interior del ánima según las reacciones químicas:

$$2CO = C + CO_2, \text{ y}$$
$$CO = C + O$$

El carbono así producido se difunde en el ánima formando una solución sólida con el acero del tubo. Aunque la cementación aumenta la dureza de la superficie del acero, el exceso de carbono puede precipitar fuera de la solución cuando el tubo se enfría. El carbono precipita como compuestos de carburo de hierro mediante la reacción química:

$$3Fe + 2CO = Fe_3C \text{ (6ementite)} + CO_2$$

La fragilidad de la superficie del ánima aumenta a medida que aumenta el contenido de cementita y

(1) *Munición de baja vulnerabilidad:* Es aquella munición cargada con sustancias explosivas poco sensibles. También recibe la denominación LOVA (Low Vulnerability Ammunition), IM (Insensitive Munition) o MURAT (Municion de Riesgo Atenuado) *Pólvoras de Baja Vulnerabilidad (LOVA, IM o MURAT).* La tendencia actual es conseguir explosivos y pólvoras muy insensibles y de baja vulnerabilidad, para que cualquier contingente (accidente, detonación, fuego, etc.) que ocurra a su alrededor no afecte a la munición. Para ello se sustituye la nitrocelulosa y la nitroglicerina por otro tipo de compuestos activos, como RDX (hexógeno), HMX (octógeno) o TAGN (triamino guanidina), de manera que, debidamente micronizados y embebidos en un polímero, su régimen de descomposición sea la deflagración

disminuye su punto de fusión (entre 50-400°K), aumentando las posibilidades de eliminación de material por medios térmicos y mecánicos.

La oxidación

El oxígeno, un subproducto de la combustión, se difunde por la superficie metálica del ánima y tiende a oxidarla, el proceso es similar a la formación de cementita. La reacción química es la siguiente:

$$Fe + CO_2 = FeO + CO$$

El óxido de hierro forma una capa quebradiza, altamente susceptible al agrietamiento y a la erosión. La oxidación en tubos no recubiertos de cromo puede disminuir el punto de fusión superficial entre 100 y 200° K, lo que fomenta la erosión térmica también.

Erosión por hidrógeno, fragilización y agrietamiento (cracking)

Ya se ha visto en la correlación de Lawton que el hidrógeno es una de las especies químicas más erosivas.

Kimura explicó que el efecto de la erosión es debida principalmente una transferencia de calor: la conductividad térmica del hidrógeno es seis veces más alta que el nitrógeno. Y por otra parte Krishnan concluyó que el hidrógeno atómico se difunde por el tubo, reacciona con el carbono y descarbura el acero. La descarbonización debida al hidrógeno favorece la erosión por excesivo ablandamiento de la superficie del ánima.

Sopok atribuye otros procesos erosivos al hidrógeno. Apoyado en el trabajo de Troiano sobre el agrietamiento asistido por hidrógeno (HAC): la presencia de hidrógeno intersticial en el acero del tubo reduce su resistencia y ductilidad, causa grietas y lo hace más quebradizo. Además, cuando el hidrógeno es adsorbido a través de una superficie agrietada pero que no está oxidada, se reduce la energía necesaria para propagar la grieta aumentando el agrietamiento.

También realizó un modelo numérico con unos tubos genéricos de obús y de un carro de combate que indica que la adición de lubricantes aumenta la disponibilidad de hidrógeno dentro del ánima. Debido a la combustión adiabática (sin intercambio de calor) causa la disociación del hidrógeno diatómico en hidrógeno monoatómico que actúa como contribuyente. Esto se explica de la siguiente forma: el hierro actúa como catalizador disociando el hidrógeno molecular en atómico, produciendo una rotura homolítica y quimisorbiendo el hidrógeno atómico en la superficie del ánima. El hidrógeno atómico presenta una mayor actividad que el diatómico, de modo que éste reaccionará más favorablemente con el carbono presente en el acero produciendo metano (favorece la descarbonización). De este modo, el efecto del hidrógeno atómico es una “contribución” a la descarbonización neta, ya que éste actúa acelerando el proceso global.

Una forma de disminuir la riqueza de hidrógeno y aliviar el problema sería el desarrollo de combinaciones estequiométricas de pólvora-lubricante.

En definitiva. Los lubricantes en el interior del tubo favorecen la presencia de hidrógeno permitiendo la difusión del calor, la erosión térmica, y la descarburación, al reaccionar el hidrógeno con el carbono, ablandando el acero y favoreciendo la erosión. Y el hidrógeno intersticial favorece el agrietamiento y vuelve más frágil el acero.

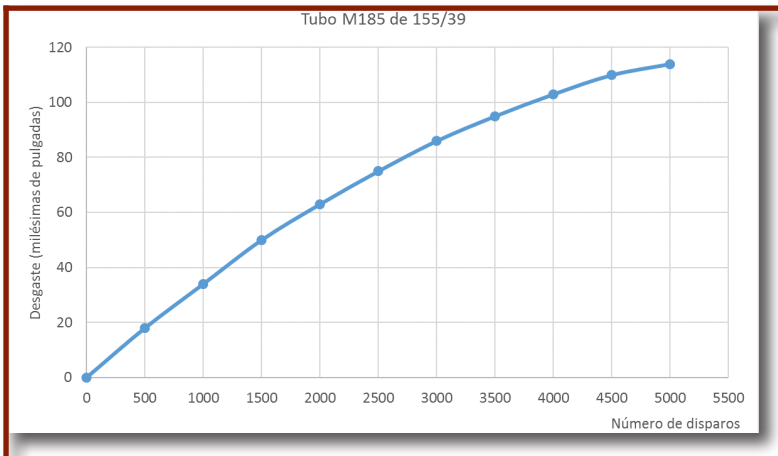


Fig. 3: desgaste del tubo M185

EROSIÓN TÉRMICA

El calentamiento del tubo se realiza principalmente dos formas:

- ◊ A través de la capa límite (capa que está en contacto con el ánima) de los gases de combustión. Es la trasferencia de calor por convección (propagación de calor en un medio fluido por diferencias de densidad). Hay que tener en cuenta que las cargas de proyección que tienen una alta temperatura de combustión pueden producir gases de temperaturas tan altas como 3700° K.
- ◊ Un calentamiento del tubo debido a la fricción del proyectil.

Dado que la transferencia de calor desde la combustión de la pólvora hasta la superficie del ánima tiene lugar en un lapso de tiempo de 20-30 ms, por lo que se acumula mucho calor sobre la superficie del ánima, normalmente a una profundidad de tan sólo 1 mm. La temperatura de los gases disminuye a medida que aumenta su volumen, por lo tanto la erosión térmica es crítica sólo en la parte inicial del rayado.

Los estudios realizados por Lawton concluyen que el desgaste erosivo al comienzo del rayado (w) por causas térmicas tiene en cuenta la temperatura máxima (T_{max}) que alcanza el tubo y el tiempo de calentamiento, según la ley exponencial:

$$w = A \cdot e^{\frac{T\,max}{B}} \quad [2]$$

Donde la constante A (formulada en la ecuación [1]) depende de la composición de los gases propulsores y B es otra constante que depende de la dureza del acero del ánima. Como se ve en la ley de Lawton la dependencia del desgaste por causas térmicas es muy fuerte.

En la ausencia de cambios en la composición de los gases propulsores, para un tubo de acero de dureza típica un aumento del 10% en T_{max} da lugar a un aumento de la erosión del 250%. Las formulaciones de pólvoras de alta temperatura de combustión pueden conducir a altas temperaturas del tubo, por lo que se concluye que estas pólvoras son altamente erosivas. Por lo tanto, se supone comúnmente que, la erosión se reducirá mediante el desarrollo de pólvoras de baja temperatura de combustión.

Existe otro proceso físico identificado como responsable de la erosión térmica, es el denominado proceso de fusión-fregado (melt-wipe), en el cual el material de la superficie del ánima se funde por causa del calor y este metal fundido es eliminado mediante la acción mecánica de partículas sólidas arrastradas en el flujo de gas propulsor o simplemente por el propio flujo.

El punto de fusión del acero de un tubo es de unos 1720° K, bastante alto, por lo que es improbable que se produzca la fusión de un tubo nuevo. Pero los puntos de fusión de los productos de las reacciones químicas desarrolladas en la superficie del ánima y que producen erosión química

(carburación, 1420°K, oxidación, 1640°K) son puntos de fusión más bajos que el acero lo que hace a los tubos más vulnerables al proceso de melt-wipe. Como ejemplo a esto, podemos decir que la fusión en la superficie del ánima de la Fe3C es la principal causa de la erosión del cañón del tubo del carro de combate australiano de 105 mm. Estrictamente, sin embargo, este proceso representa una erosión termoquímica más que solo puramente térmica.

Sin embargo, el proceso de erosión térmico denominado Heat Checking, es un proceso muy conocido y es solo puramente térmico. El calentamiento del acero del tubo induce un cambio de fase de la austenita a temperaturas relativamente bajas (1000° K). Al enfriarse el tubo, se forma martensita que es frágil pero en el proceso sigue habiendo alguna austenita. A medida que el cañón experimenta ciclos de temperatura con cambios de fase asociados (de martensita a austenita), los volúmenes dispares de cada una de las fases del acero producen estrés y formación de grietas. La superficie agrietada es entonces vulnerable a la erosión mecánica, además de que la austenita es, supuestamente, más propensa al ataque químico. La profundidad de esta capa alterada térmicamente (también conocida como la zona afectada por el calor, HAZ) es de unas 100 micras. También puede ocurrir la combinación del proceso Heat Checking con la fusión parcial de la CAZ, proceso denominado pebbling.

Finalmente, la presencia repentina de un fuerte gradiente de temperatura desde el ánima hacia las partes frías del tubo puede causar un choque térmico, con la consiguiente disparidad en la difusión térmica causando y facilitando el agrietamiento. Una zona CAZ (zona químicamente afectada) quebradiza y débil puede ser particularmente vulnerable al choque térmico.

EROSIÓN MECÁNICA

Las propiedades mecánicas de la capa afectada químicamente, CAZ (capa blanca), se degradan por lo que es más fácil su desgaste por medios mecánicos. Las ánimas con revestimiento protector, son susceptibles a la creación, debajo de la superficie del revestimiento, de óxidos que pueden causar un abultamiento. El abultamiento eleva el revestimiento que el proyectil arranca y retira durante el disparo. Incluso si la superficie no se abulta, la fuerza de cizallamiento producida por fricción entre el proyectil y el ánima es suficiente para eliminar el material de la superficie agrietada, degradada o ablandada térmicamente.

La erosión mecánica también incluye las acciones de abrasión, barrido y lavado por medio del flujo de gas propulsor a través de las partículas sólidas presentes dentro de los gases de la combustión. La fuga de gas propulsor, a alta presión, al cuerpo del proyectil durante el disparo puede crear unos chorros de gases, aumentando así los efectos erosivos del chorro de gases. Esto se denomina erosión por soplado por flujo (blow by flow) entre el proyectil y la superficie del ánima.

EFECTOS Y PROCESO DEL DESGASTE Y EROSIÓN EN UN TUBO

Vistas las causas de la erosión y el desgaste de los tubos veremos a continuación los efectos que producen estos fenómenos en los tubos. Algunos de estos efectos son:

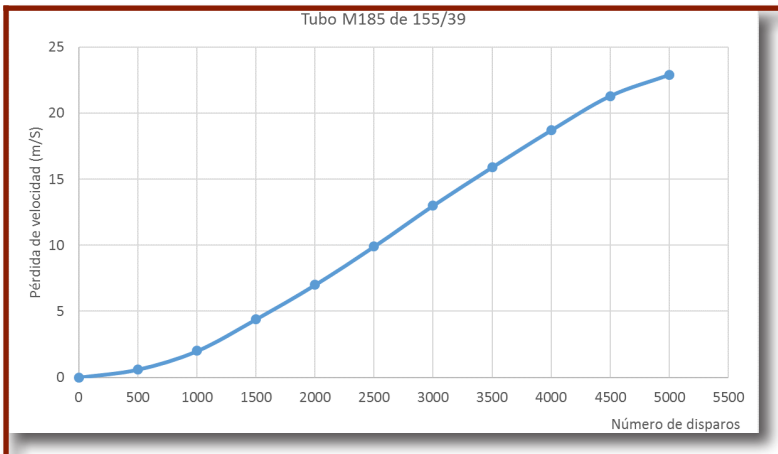


Fig. 4: pérdida de velocidad inicial del tubo M185

- Disminución de la velocidad inicial, disminuyendo el alcance del proyectil.
- Disminución de la precisión.
- Aumenta la dispersión.
- Produce una trayectoria del de proyectil inestable (hace que el proyectil se llegue al objetivo incorrectamente).
- Impide el correcto funcionamiento de la espoleta (se inicia en un momento inapropiado o simplemente falla).
- Daña otros componentes sensibles del proyectil (electrónica, sensores o sistemas de guía).
- Agrava la erosión de la banda de forzamiento y desgasta lateralmente el cuerpo del proyectil.
- Aumenta los defectos en la superficie del ánima y de la recámara (acelera la fatiga del tubo).

Estos efectos no son peligrosos para los sirvientes de la pieza pero sí pueden serlo para las tropas propias que están cerca de los objetivos, además si no conseguimos destruir al enemigo, éste estará en condiciones de responder al fuego, y, finalmente, el desgaste crea la necesidad de reemplazar los tubos representando un alto coste por lo que la conservación de los tubos se convierte en una necesidad imperiosa.

El proceso de desgaste del tubo, según experiencias recientes realizadas con tubos modernos es como se detalla a continuación. Así, si tomamos los datos del desgaste del tubo de 155 (Tabla 2):

Tabla 2: Tubo M185 de 155

Número de disparos con carga máxima	Diámetro del ánima (pulgadas)	Desgaste (pulgadas)	Pérdida velocidad inicial (m/s)
0	6,100	0	0
500	6,118	18	0,6
1000	6,134	34	2
1500	6,150	50	4,4
2000	6,163	63	7
2500	6,175	75	9,9
3000	6,186	86	13
3500	6,195	95	15,9
4000	6,203	103	18,7
4500	6,210	110	21,3
5000	6,214	114	22,9

La tabla 2 la trasformamos en las gráficas mostradas en la figuras 3 y 4 que relacionan número de disparos con desgaste y velocidad inicial respectivamente.

Se observa en la figura 3 que el desgaste comienza desde los primeros disparos, siendo éste más o menos lineal hasta los 3500 en el que el proceso del desgaste comienza a disminuir, además se observa en la gráfica que la velocidad (pendiente) de desgaste es mayor precisamente en los primeros disparos, en contra de lo sostenido en el proceso tradicional del desgaste. Sin embargo, la pérdida (Fig. 4) de velocidad es pequeña durante los primeros 500 disparos a partir de los cuales se sufre una pérdida lineal de velocidad y comenzándose a estabilizar a partir de los 4000 disparos.

En definitiva un tubo tiene que soportar un desgaste muy intenso en el inicio del rayado y cerca de la boca del tubo. En la figura 5 se observa el desgaste de un tubo genérico.

Para controlar y medir el desgase de un tubo tenemos el hipocelómetro (Bore-mapping system) que nos da un visualización completa (cualitativa y cuantitativa) de la condición

del tubo, es capaz de realizar mediciones ópticas (usualmente láser) de toda el ánima, y presentar cuantitativamente la condición del tubo utilizando técnicas de formación de imágenes avanzadas. Además el hipocelómetro tiene la ventaja que guarda digitalmente los datos. Esta técnica provee un entendimiento holístico, desde varios puntos de vista, del degaste y la erosión en el interior de los tubos.

En la figura 6, por ejemplo, se muestra una vista parcial de un ánima rayada, concretamente el tronco de cono de unión y la recámara.

FORMAS DE REDUCIR EL DESGASTE MEDIANTE EL DISEÑO Y LA FABRICACIÓN DE LOS TUBOS Y MUNICIONES

Existen varias maneras que se pueden emplear para mitigar el desgaste. El grado en que cualquiera de estos procedimientos que vamos a describir es desarrollado depende de muchos factores, siendo el más importante una evaluación de los costes en la aplicación de un procedimiento determinado versus los beneficios en el aumento de la vida del tubo. De esta manera, podemos actuar en el diseño y fabricación de:

- ◊ Las cargas de proyección.
- ◊ El proyectil.
- ◊ El tubo.

Las cargas de proyección

En el diseño de las cargas de proyección se puede actuar en:

- ◊ Temperatura de combustión de la pólvora. El primer factor que se puede estudiar en el diseño de las cargas de proyección es la temperatura de combustión de la misma. Dado que la erosión es un fenómeno instigado térmicamente, no es de extrañar que la reducción de la temperatura de combustión de la carga de proyección proporcione una reducción significativa en el desgaste. Pero hay que tener en cuenta que la energía específica del propulsor es casi siempre una función directa de su temperatura de combustión. Por lo que si reducimos la temperatura de combustión disminuye su rendimiento, concretamente la velocidad en boca del proyectil, por lo que para muchos sistemas esta estrategia no es, por lo tanto, una opción satisfactoria.
- ◊ Aditivos reductores del desgaste. Otra alternativa para reducir el desgaste es colocar una cierta cantidad de aditivo reductor del desgaste (por ejemplo, dióxido de titanio, talco, silicona o una mezcla de éstos) dentro de la carga de proyección, que normalmente se coloca en la parte delantera. Cuando se inicia la carga de proyección, este aditivo se dispersa sobre las superficies interiores del ánima. Esto tiene el efecto de reducir la cantidad de calor que se trasmite a las paredes del tubo dando como resultado temperaturas de ánima más bajas y por lo tanto se reduce la erosión. Este hecho es muy beneficioso para la vida de los tubos por lo que esta estrategia se emplea muy comúnmente.
- ◊ Uso de pólvoras sólidas de alto contenido de nitrógeno. Existe un acuerdo inequívoco en todas las investigaciones de que el nitrógeno en el gas propulsor es, o poco erosivo, o tiene un efecto protector. Sobre un conjunto de trece propulsores, Lawton encontró que aquellos que contenían más N_2 y menos H_2 tendían a ser menos erosivos, a pesar de que sus temperaturas de combustión eran mayores.

La pre-nitruración de los tubos durante la fabricación ayuda a reducir la erosión por endure-

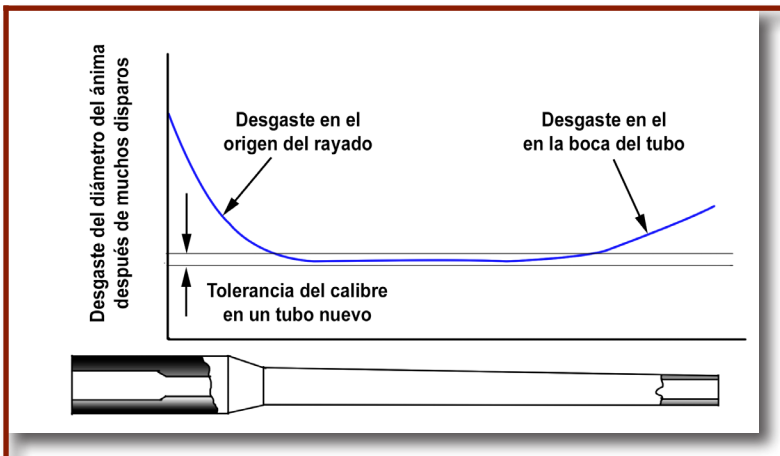


Fig. 5: desgaste de un tubo genérico

ciendo de la superficie. La nitruración también puede ocurrir durante el disparo, por medio de la adsorción de nitrógeno en el acero del tubo a partir de los gases calientes [Lawton]. Pero aunque durante el disparo el cañón está expuesto al nitrógeno caliente durante un tiempo muy corto, la temperatura superficial del tubo es significativamente más alta que la alcanzada en el proceso de pre-nitruración. Según Hirvonen, existe una alta concentración de nitrógeno (8%) en la superficie de acero del tubo por los disparos efectuados con cargas de proyección con alto contenido en nitrógeno y que esta nitruración inducida por la combustión tendía a reducir la erosión. Además de mejorar la dureza, el aumento del nitrógeno usado puede elevar el punto de fusión del material superficial.

Los experimentos han demostrado que las capas blancas de la CAZ no se forman en entornos de nitrógeno puro o mezclas de nitrógeno-aire [D. M. Turley]. Conroy ha propuesto que el aumento del contenido de nitrógeno de los gases propulsores puede inhibir la disociación de CO y CO_2, reduciendo la disponibilidad de carbono y, por lo tanto, mitigando la cementación.

Por todo ello es conveniente o la nitruración de los aceros de los tubos o de las pólvoras, siendo el primer proceso más conveniente.

- Otros productos que modifican la erosión química. El sulfato de potasio, comúnmente utilizado para suprimir la llamarada en la boca de tubo, y en la composición de algunos iniciadores, puede tener un impacto en la erosión del cañón. Sin embargo, hay desacuerdo sobre si este aditivo ayuda o modera la erosión. Algunos investigadores afirman que el sulfato de potasio actúa para reducir la acción erosiva química [Lawton]. Otros creen que el azufre es absorbido por el acero del tubo formando sulfuro de hierro, que tiene un punto de fusión de aproximadamente 250°K más bajo que el acero, ayudando así a la erosión térmica [P. J. Cote].
- Material descobreante, como láminas de plomo o estaño, en la carga de proyección que impiden que se deposite cobre procedente de las bandas de forzamiento en el ánima del tubo.

El proyectil

En el diseño del proyectil se puede actuar en:

- La simetría del proyectil. En un tubo rayado, la velocidad de rotación del proyectil cerca de la boca puede ser del orden de 104 revoluciones por minuto (rpm). A estos niveles, incluso una ligera diferencia radial entre el centro de gravedad del proyectil (CDG) y el centro de rotación (CDR) puede resultar giro excéntrico o una precesión, los cuales hacen crecer el golpeteo entre el proyectil y la pared interna del tubo. Por esta razón, minimizando la distancia entre el proyectil CGD y CGR, o sea, mejorando la simetría del proyectil, siempre será beneficioso,

aunque esta solución pueden producir costes adicionales de fabricación de las municiones.

◊ La banda de forzamiento. El material de la banda de forzamiento debe ser lo suficientemente blando que permita su encastre en el rayado del ánima, pero lo suficientemente robusto como para resistir su movimiento a lo largo del tubo. Las fuerzas de rozamiento generadas en el movimiento del proyectil dentro del el tubo, combinadas con la aceleración que se imprime al proyectil al comienzo de su movimiento, pueden ser suficientemente importantes como para provocar una fusión excesiva de la superficie de la banda de forzamiento. Como se ha descrito anteriormente, esto puede dar lugar a una fuga de los gases propulsores, un desplazamiento del CDG respecto del CDR, y, por lo tanto, una degradación de las características balísticas del proyectil. Por todo esto se debe emplear un material para las bandas de forzamiento con un punto de fusión lo más elevado posible teniendo en cuenta que debe ser encastrado en las rayas del tubo.

◊ La banda de obturación. Otra banda que emplean los proyectiles y que está situada cerca del culote, encima de la banda de forzamiento, es la banda de obturación con el propósito de sellar los gases de la carga de proyección impidiendo que se escapen hacia lo ojiva del proyectil. Actualmente el diseño de estas bandas de obturación ha mejorado, mejorando así mismo el sellado de los gases lo que ha llevado a la reducción del desgaste del ánima cerca de la recámara.

En el tubo

En el diseño del tubo se puede actuar en el:

◊ Material del tubo. Normalmente las cañas de los tubos de los cañones sólo se mecanizan aplicándoseles aceites de limpieza y lubricantes para retardar la corrosión mientras que a las recámaras y los troncos de cono de unión además se galvanizan con aceros termorresistentes[2] o refractarios como el acero HC cromo (HC) para protegerlos del desgaste y la corrosión. El uso de acero de mayor resistencia puede proporcionar mayor resistencia al desgaste, debido a la mayor dureza comparada con la del cuerpo del proyectil que también se hace a menudo de acero. La tendencia actual en la fabricación de los tubos es hacia este tipo de material.

◊ Recubrimiento del ánima. El cromo es un revestimiento protector razonablemente eficaz debido a su punto de fusión más alto en comparación con el acero al que recubre (1850°C frente a 1430°C) y también tiene mayor resistencia al cambio fase (microconstituyentes) que la del acero cuando éste se calienta. El espesor aplicado del acero HC cromo normalmente es del orden de 1 a 2 x 10-1 mm, que es la distancia radial hasta la cual es mayor el gradiente de temperatura en la pared interna del tubo después del disparo. El cromo tiene, como hemos dicho, el beneficio adicional de ser resistente a la corrosión y consecuentemente sirve para proteger el acero del tubo de un ataque químico que degrade sus propiedades. Desafortunadamente, el acero HC cromo tiende a ser algo frágil, y se produce una red de micro-

(2) Se denominan aceros y superaleaciones termorresistentes a aquellos materiales aptos para solicitaciones mecánicas en servicios a altas temperaturas (entre 260 a 1200ºC) y que además poseen resistencia a la formación de cascarilla por oxidación a alta temperatura

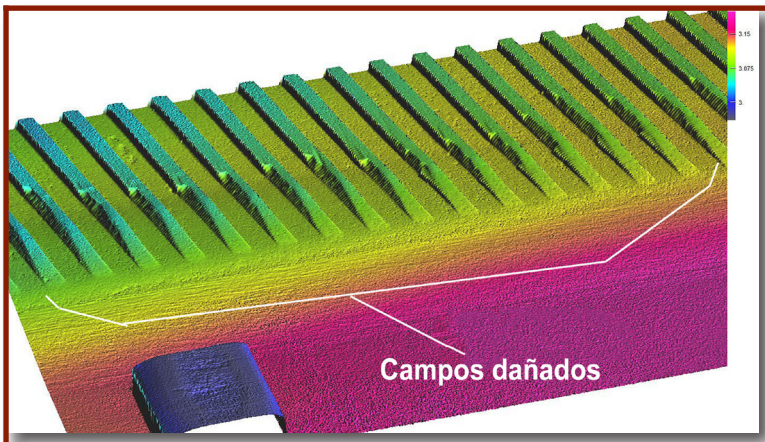


Fig. 6: imagen realizada con un hipocelómetro

fisuras durante el proceso de cromado, proceso que además es perjudicial para el medio ambiente. Los gases propulsores se infiltran a través las microfisuras del revestimiento protector reduciendo su integridad y atacando al acero. Otro tipo de acero, el acero LC cromo puede ser una alternativa viable como capa protectora y además puede ser aplicado empleando un método más tolerable para el medio ambiente. Esta aleación ha demostrado ser más dúctil con un número significativamente menor de microfisuras, por lo que puede mantener mejor su integridad (adhesión y cohesión) protegiendo mejor al acero del tubo que el revestimiento hecho con HC cromo. Como actualmente se aumentan los requisitos de presión que soportan los tubos para aumentar la velocidad en boca[3] de los proyectiles conlleva que el revestimiento de cromo es cada vez menos significativo ya que se está llegando a su límite protector. Por ello se están realizando investigaciones para evaluar otros materiales de revestimiento como el tántalo, un metal refractario con un punto de fusión de 2990°C.

◊ Paso del rayado. A una velocidad axial determinada, a mayor paso del rayado (número de vueltas por calibre) mayor fuerza tangencial se aplica al tubo debida a la aceleración de rotación del proyectil. Esta aceleración puede contribuir a desgastar la banda de forzamiento del proyectil, lo que a su vez puede producir un deterioro (producción de muescas) en el cuerpo proyectil y el consiguiente desgaste de la parte inferior del ánima. Las estrategias empleadas para minimizar estos efectos incluyen reducir el paso del rayado (siempre y cuando se pueda lograr la estabilización giroscópica) y el rayado progresivo.

FORMAS DE REDUCIR EL DESGASTE MEDIANTE EL BUEN EMPLEO DE LOS TUBOS Y MUNICIONES

Pasaremos breve revista a las medidas por su conservación mediante el servicio de las piezas. Son pocas las cosas que se pueden hacer desde el punto de vista del empleo de las piezas pero seguir pero este poco contribuye en gran medida a la conservación de los tubos. Así, hay que:

Dejar el cierre abierto durante el tiro para su refrigeración. Nunca refrigerar con agua, el rápido enfriamiento provoca la creación de martensita favoreciendo la erosión.

◊ Limpiar de restos de aceite los tubos antes del tiro, como hemos visto los aceites lubricantes favorecen la erosión por acción del hidrógeno.

◊ Limpiar con agua y jabón y aceitar después del tiro, tanto

(3) En el Joint Ballistic Memorandum of Understanding de la OTAN (JBMoU) para el sistema de cargas modulares (MCS) de seis módulos de 155 mm se acordó que las recámaras de 18 litros de los tubos de 39 calibres, como el M109A5E, puede utilizar hasta cinco módulos, mientras que los tubos de 52 calibres con recámaras de 23 litros pueden usar hasta seis módulos. Para la zona 6, entre 16900 y 30000 m de alcance, la velocidad en boca del proyectil tiene que tener 945 m/s

el ánima como la recámara y el cierre, para evitar la oxidación.

- ◊ Evitar el tiro rápido y sostenido. El calentamiento excesivo favorece la erosión térmica.
- ◊ Emplear la menor carga posible, evitando tirar con carga máxima.
- ◊ Mantener en perfecto estado la munición, limpia de sustancias extrañas y seca, sobre todo, la banda de forzamiento.

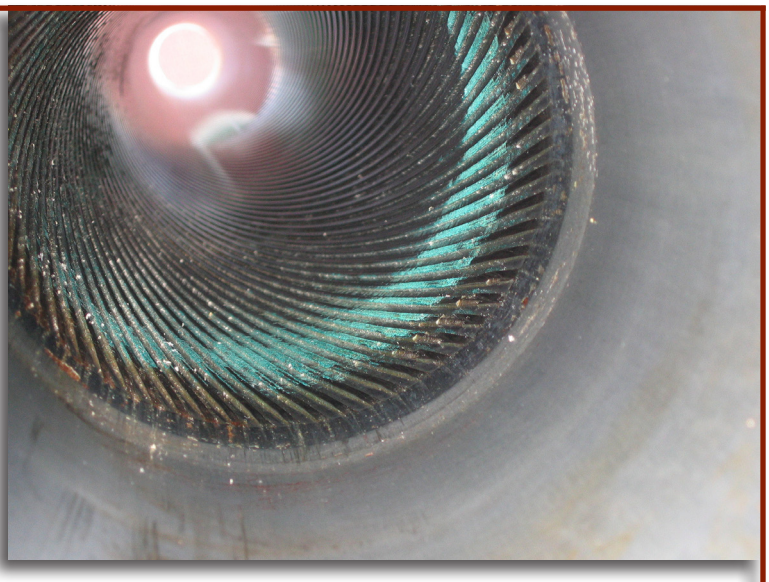


Fig. 7: comienzo del rayado

LA RESPUESTA AL DETERIORO DEL TUBO M284

El primer problema planteado es una fuerte erosión localizada al comienzo del rayado (Fig. 7), que se corresponde con un desprendimiento de campos. Esta parte del tubo es la que está más expuesta a la erosión térmica, química y al desgaste mecánico. Sabemos que en los tubos donde se produce mayor desgaste es al comienzo del rayado, por lo que esta situación puede ser normal, ahora bien el desprendimiento de los campos requiere un análisis más detallado.

El proceso side body engraving puede deberse a dos causas: a un mal atacado o a una banda de forzamiento defectuosa por culpa del proceso de fabricación o por un manejo del proyectil poco cuidadoso. El proceso de spiral wear es debido principalmente a una falta de calidad en el proceso de la fabricación de los proyectiles, y por último si el tubo se ha sobrecalentado soportando ciclos térmicos se crea la capa HAZ junto con el proceso Heat checking debilita el inicio del rayado llegándose a producir, en mi opinión, desprendimientos de los campos si los proyectiles están mal atacados o son defectuosos.

El segundo problema son las picaduras en la parte cercana a los orificios (Fig. 8) del evacuador, esto podría corresponder a un proceso de cromado realizado sin calidad porque, como sabemos, el cromo tiende a ser algo frágil, y se produce una red de microfisuras durante el proceso de cromado, los gases propulsores se infiltran a través de estas microfisuras del revestimiento protector reduciendo su integridad y atacando al acero.

Y por último, erosiones en la recámara, podrían ser debidas al mal mantenimiento, es decir, falta de limpieza, si se ha producido la oxidación, como sabemos el óxido de hierro forma una capa quebradiza, altamente susceptible al agrietamiento y a la erosión.

En definitiva el tubo tiene diferentes procesos de erosión que son originados por causas diferentes: mala fabricación de los tubos, posiblemente de las municiones o de su manipulación, y por último mal mantenimiento.

Entonces ¿cuál podría ser la causa?

¿Cuándo recibimos los tubos se le realizaron las pruebas de desgaste del tubo similares a las que se describen en International Test

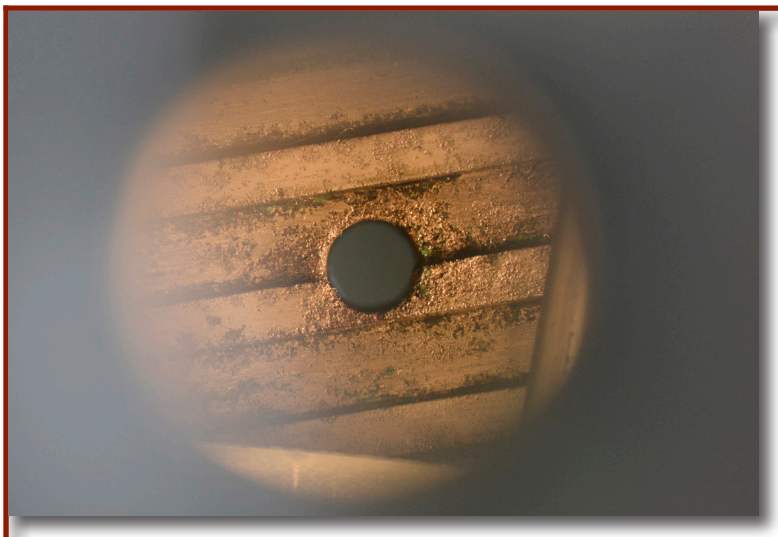


Fig. 8: imagen del orificio del evacuador

Operations Procedure (ITOP) 3-2-829 Cannon Safety Test?

¿Cuándo recibimos las municiones se realizaron las pruebas similares a las que se describen en International Test Operations Procedure (ITOP) 4-2-504 (1) Safety Testing Of Artillery Ammunition? Bueno, aquí el JIMALE lleva el control de la calidad en la fabricación de la munición.

¿Nuestros alumnos dedican en tiempo suficiente al aprendizaje de las materias artilleras?

¿Nuestros artilleros tienen la instrucción necesaria?

Pero hay más, en un viejo manual americano en el TM 9-1000-202-35 Evaluación del desgaste y de los desperfectos de un tubo de artillería de 1959 del ejército de los EE. UU. en su versión española de 1964 dice "que la erosión en ánimas cromadas no es apreciable hasta haber efectuado un cierto número de disparos"… "Una porción limitada de la película de cromo se desprende"… "ello es debido a irregularidades en el cromado"… "este arranque puede ser a modo de un desconchado"… "o de picadura"… "en ánimas de 120 mm y mayores este fenómeno tiene lugar en mayor grado en el extremo de la boca".

"Cuando el fuego continua, la erosión comienza a los lados de los campos, en la iniciación del rayado"… "arrancando el metal base y minando la película de cromo, siendo origen de que se rompa".

Es decir, que a pesar de que es un problema de todos, el origen está en la fabricación de los tubos, sin más.

BIBLIOGRAFÍA

- RIESGO GARCÍA, SEVERINO ENRIQUE. Municiones de Artillería. Departamento de sistemas de armas. Segovia. 2016. 68-85 pp.
- Bocas de fuego. ACART-FM-002. Academia de artillería. Segovia. 13 de octubre de 2011. 6-1- 6-11 pp.
- HASENBEIN, RICHARD G. Wear and Erosion in Large Caliber Gun Barrels. RTO-MP-AVT-109-16. Weapon Systems & Technology Directorate, Armament Engineering & Technology Center, U.S. Army Armament Research, Development & Engineering Center. rhasenb@pica.army.mil. Junio de 2004.
- CLIVE WOODLEY, RAY CRITCHLEY & DAVE WALLINGTON. QinetiQ Studies on Wear and Erosion in Gun Barrels. RTO-MP-AVT-109-15. RTO AVT Specialists' Meeting on "The Control and Reduction of Wear in Military Platforms", held in Williamsburg, USA. 7-9 Junio 2003.
- MIRKO JAKOPČIĆ, KREŠIMIR GRILEC. Influence of artillery weapon barrel superheat on abrasion wear resistance of material. Croatian Defence Academy "Petar Zrinski" mjakopc@yahoo.com and Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb (Croatia). kgrilec@fsb.hr. Technical Gazette 18, 2(2011), pp. 173-177.
- ABHILASH, A., PUTTI, M. R., CHOPADE AND CHAUDHARI, P. E. A review on gun barrel erosion. International Journal of Current Engi-

neering and Technology. Department of Mechanical Engineering, MIT College of Engineering, Pune India. Available at http://inpressco.com/category/ijcet. Marzo 2016.

- MIRKO JAKOPČIĆ, KREŠIMIR GRILEC. Investigation of the material chemical composition influence on artillery weapons barrel hardness. Croatian Defence Academy "Petar Zrinski" mjakopc@yahoo.com and Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb (Croatia). kgrilec@fsb.hr. Technical Gazette 19, 4(2012), pp. 893-898.
- Estructura y Propiedades de las Aleaciones. Aceros y superaleaciones termorresistentes. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (Argentina).
- Aceros refractarios. Fundinox Chile SA.
- IAN A. JOHNSTON. Understanding and Predicting Gun Barrel Erosion. Weapons Systems Division, Defence Science and Technology Organization Edinburgh, South Australia, Australia 5111. August, 2005.
- NESS, L. Watervliet Arsenal Modified MRAAS In Order To Support RAVEN Low-Recoil Gun. Jane's International Defence Review. 15 de junio de 2005.
- GANGLOFF, RICHARD P. Hydrogen Assisted Cracking of High Strength Alloys. In Comprehensive Structural Inteqrity, I. Milne, R.O. Ritchie and B. Karihaloo, Editors-in-Chief, J. Petit and P. Scott, Volume Editors, Vol. 6, Elsevier Science, New York, NY, pp. 31-101 (2003).
- ALEKSANDAR STAYKOV, JUNICHIRO YAMABE Y BRIAN P. SOMERDAY. Effect of hydrogen Gas Impurities on the Hydrogen dissociation on Iron surface. International Journal of Quantum Chemistry, 2014, 114, pp. 626–635.
- ESTADO MAYOR DE LA ARMADA. Reglamento de pólvoras, explosivos y municiones para buques, fuerzas y dependencias. Edición 1. Octubre de 2002.
- US ARMY. TM 9-1000-202-35. Evaluación del desgaste y de los desperfectos de un tubo de artillería. 1959. Imprenta del Servicio Geográfico del ejército. Madrid. Versión española de 1964.

El teniente coronel D. Severino Enrique Riesgo y García pertenece a la 275 promoción del Arma de Artillería, es diplomado en SDT/DLO y Medidas de protección Electrónica para los sistemas de armas, y en la actualidad es el director del departamento de Sistemas de Armas de la Academia de Artillería

Talos, sistema de información, mando y control de los apoyos de fuego: la necesaria evolución II.

por D. Emilio Negredo Madrigal, teniente coronel de artillería

En el presente artículo se recoge el resultado del análisis que ha realizado el GT Talos en relación con las necesidades de evolución de este sistema.

Este artículo se ha dividido en dos partes. En esta segunda parte se abordan los aspectos relacionados con la evolución del subsistema táctico en busca de la máxima interoperabilidad, también se abordan aspectos generales, como la simulación o los niveles de seguridad de la información.

En la primera parte de este artículo, y tras fijar el marco de actuación del Talos, se establecieron los tres aspectos de este C2IS que deben ser objeto de evolución y la dirección de estas evoluciones:

- Los que afectan fundamentalmente al subsistema técnico, como son la adaptación a la estructura de la Suite S4 (SG-2 Shareable Fire Control Software Suite) de la OTAN o el empleo de unidades de apoyos de fuego tipo sección con materiales heterogéneos.
- Los que afectan fundamentalmente al subsistema táctico, como son los relacionados con la interoperabilidad e integración en la estructura del Plan de Modernización de los Sistemas de Mando, Control y Comunicaciones (Plan MC3).
- Los que afectan a las características generales de Talos, como son los relacionados con la seguridad del sistema, simulación, etc.

Posteriormente se desarrolló el análisis de los aspectos relacionados con el subsistema técnico y el empleo de las unidades de apoyos de fuego tipo sección y con materiales heterogéneos, dejando para esta segunda parte el análisis de los aspectos relacionados con el subsistema táctico y los que afectan a las características generales de Talos.

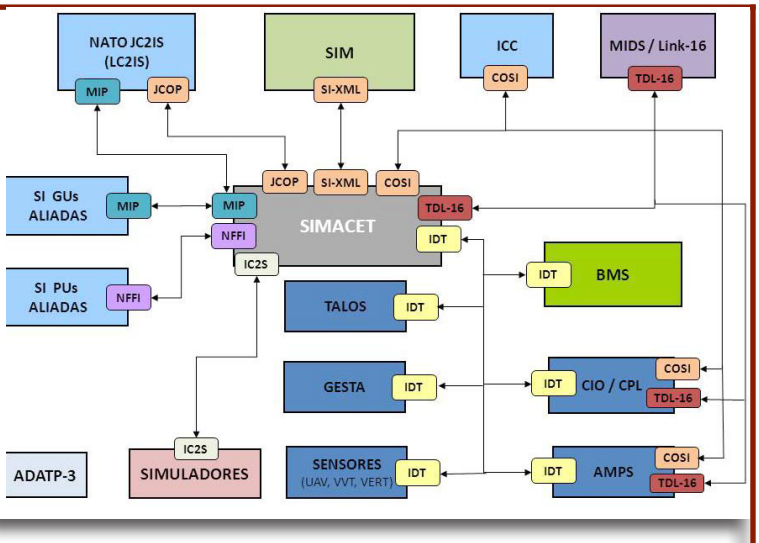
LOS REQUISITOS RELACIONADOS CON EL SUBSISTEMA TÁCTICO

Los requisitos relacionados con la interoperabilidad, la integración en la estructura del Plan MC3 y la adaptación del subsistema táctico a los nuevos conceptos doctrinales, tienen una gran importancia, pero a diferencia de los relacionados con el subsistema técnico, que ya vimos en la primera parte de este artículo, están menos definidos y además, y más importante, se deben implementar de una forma coordinada con el desarrollo del citado Plan MC3, que tiene un horizonte final establecido para 2021.

Cuando en este artículo se habla de interoperabilidad de sistemas, los elementos que hay que diferenciar y definir son:

- Por un lado los elementos de definición técnica de las herramientas de intercambio de información, recogidos en los documentos "Interfaz de Datos Táctico (IDT)" e "Interfaz de Datos de Plataforma (IDP)". En la actualidad JCISAT tiene definida la IDT, mientras que la IDP está pendiente de desarrollo. Estas herramientas proporcionan a los ingenieros diseñadores del sistema de intercambio de información, todos los datos técnicos necesarios para que se pueda realizar un intercambio de información, sin entrar en el contenido de esa información.
- Por otro lado los elementos de información que se van a intercambiar en cada caso, que están recogidos como "requisitos operativos de intercambio de información (ROII)", y que son elaborados por MADOC. En estos elementos se describe la información que se desea intercambiar.

Es decir por un lado JCISAT establece los aspectos técnicos que permiten "entenderse" a los usuarios del sistema, y por otro MADOC establece que información hay que transmitir entre esos usuarios.



Arquitectura de referencia del sistema MC3[1]

Interoperabilidad con SIMACET

De acuerdo con las líneas generales de la Política de Defensa y en línea con el proceso de modernización de las Fuerzas Armadas, el Ejército de Tierra elaboró en 2009 el Plan de Modernización de los Sistemas de Mando, Control y Comunicaciones (Plan MC3), del cual Talos forma una parte fundamental. Por ello, el diseño de la arquitectura del sistema Talos debe realizarse conforme al conjunto de "Arquitecturas de Referencia del Plan MC3 de ET".

Este Plan MC3 contribuye a la implantación del concepto SP-NEC del Jefe de Estado Mayor de la Defensa (JEMAD), por el que se considera que las estructuras de mando operativas de los Ejércitos y de la Armada deberán estar interrelacionadas funcional y operativamente. Es decir todas las estructuras de Mando de nuestras fuerzas deben ser interoperables. Ello exige que cualquier actuación sobre un elemento que afecte de alguna mane-

(1) La última versión del Plan MC3 sustituye CIO/CPL por SIMACET+ ICC

Radar Arthur

ra a un sistema de mando y control debe ser controlado por una única autoridad que asegure esta interoperabilidad, normalmente a través de garantizar el cumplimiento de los estándares establecidos (como la IDT).

La actualización de octubre de 2015 del Plan MC3 recoge la integración del C2IS Talos en la estructura de mando y control del ET (SIMACET) en dos niveles:

- Por un lado la versión final de SIMACET (V6) debe incorporar la aplicación de Talos para el Elemento de Apoyos de Fuego Conjunto (JFSE) de esa GU, es decir que esa aplicación de Talos estará incluida en SIMACET como una aplicación más.
- Por otro lado Talos será el C2IS de las unidades de apoyos de fuego y por ello el subsistema táctico de Talos debe interoperar con SIMACET (V6) (concretamente con esa aplicación para JFSE de GU que hay en el nodo de GU).

Al objeto de conseguir una adecuada coordinación técnica y de alto nivel entre todos los organismos que intervienen en la interoperabilidad de los CIS en el ET, se estableció un Comité de Interoperabilidad (COINTER), el cual, en su reunión de abril de 2014, establecía la necesidad de la integración del C2IS Talos con el sistema SIMACET a través de la Interfaz de Datos Tácticos (IDT).

La interconexión de los Interfaces lógicos debe responder a una estructura como la de la figura siguiente:

Por lo tanto, en el Ejército de Tierra, el mecanismo que posibilita la distribución de información en el entorno táctico entre distintos sistemas, es el servicio de distribución de datos definido por la IDT.

La implementación de esta interfaz es necesaria para el intercambio de información entre los distintos escalones que conforman una GU con el escalón inferior (Batallón), así como con otros sistemas específicos del Ejército de Tierra (Talos).

La IDT permite la distribución de la información mediante el paradigma de publicación y suscripción utilizando el estándar DDS (Data Distribution Service), y requiere de medios de transmisión con soporte IP para su funcionamiento.

En el caso de que haya información recogida en los ROII correspondientes, que no esté incluida en la IDT (apoyo logístico, etc), se podrá utilizar el servicio de mensajería táctica y distribución de archivos. Para ello, será necesario definir el formato de los mensajes (XML) para que puedan ser tratados de forma semiautomática por los sistemas según un formato estándar establecido por parte de JCISAT la cual estudiará la posibilidad de incluir esa información en posteriores versiones de la IDT.

Una vez establecido que es la IDT la herramienta de intercambio, en el seno del GT COINTER se establecieron los ROII entre Talos y SIMACET. Si tenemos en cuenta que

Talos es el C2IS de las unidades de apoyos de fuego y por su parte SIMACET es el de las GU, vemos que básicamente los elementos de información que hay que intercambiar, tanto en las fases de planeamiento como en la conducción de una operación, son aquellos que corresponden al Anexo de Apoyos de Fuego en el sentido Talos-SIMACET y la visión común del campo de batalla (COP) en el sentido SIMACET-Talos.

En resumen: Las futuras versiones de Talos deberán proporcionar un mecanismo de intercambio de información con el sistema de información para el mando y control del ET SIMACET, de acuerdo con los Requisitos Operativos de Intercambio de Información (ROII) definidos. Ese mecanismo de intercambio de información estará basado en la Interfaz de Datos Tácticos (IDT) definida por JCISAT.

Interoperabilidad con BMS

La puesta en funcionamiento del sistema BMS-Lince, junto con el desarrollo del programa de adquisición del VCR 8x8, hace que, desde el punto de vista conceptual, a nivel Grupo Táctico se repite la necesidad de intercambio de información entre el sistema para mando y control de pequeña unidad (BMS) y Talos, que se ha reflejado en el apartado anterior.

Para esta interoperabilidad hay que tener en cuenta que en el documento de especificaciones de diseño del "vehículo de combate sobre ruedas 8x8" aprobado por el DIGAM en junio de 2015, se hace referencia a Talos en el apartado que recoge los requisitos de diseño preliminar del sistema E: "Comunicaciones, Mando y Control":

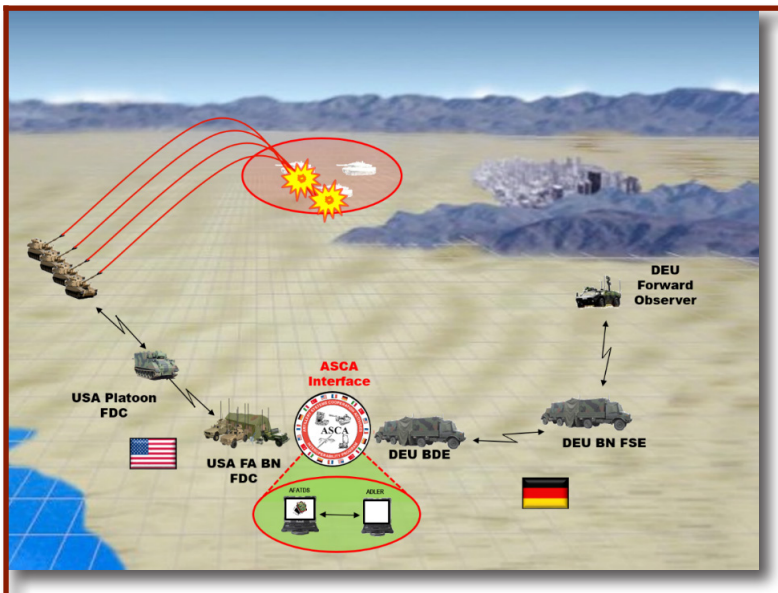
- ◊ "Se integrará la IDT sobre DDS establecida por JCISAT en el C2IS TALOS TÁCTICO de forma que intercambiará información con el BMS-VCR."
- ◊ "Los servicios que implementará la IDT en TALOS serán definidos por la OP tras el análisis de las propuestas del contratista."

Estas acciones implican una actuación sobre el sistema Talos, enmarcadas en el desarrollo de un programa (VCR 8x8), ajeno al programa de I+D a través del cual evoluciona Talos. Como ya se ha comentado, se deben coordinar estas actuaciones en el seno de la DGAM.

En resumen, de forma similar a como pasaba con SIMACET: Las futuras versiones de Talos deberán proporcionar un mecanismo de intercambio de información con el sistema de información para el mando y control de pequeña unidad BMS, de acuerdo con los Requisitos Operativos de Intercambio de Información (ROII) definidos. Ese mecanismo de intercambio de información estará basado en la Interfaz de Datos Tácticos (IDT) definida por JCISAT, y su implantación debe estar coordinada con el resto de programas por DGAM.

Interoperabilidad con Sistemas de Sensores

La arquitectura del Plan MC3, prevé que el intercambio de información de los sistemas de senso-



res con el resto de la estructura, se realice a través de la interfaz IDP. Con esta arquitectura la información de estos elementos es explotada directamente por una Gran Unidad, ya que el intercambio de información lo realizan los sistemas de sensores directamente con SIMACET.

Sin embargo cuando las unidades de localización y adquisición de objetivos (ULAO) generadas por el GAIL, trabajen en beneficio de la ACA, sus sensores se deben integrar en el sistema Talos como un elemento más del sistema, es decir, deben contar con los medios de transmisiones, hardware y software (Talos técnico y táctico) que les permitan montar una "Red de Datos" la cual se define como: "Es el elemento principal de la red de enlace de la ULAO. Permite el tráfico de datos desde los medios de adquisición de objetivos (AO), al elemento de adquisición de objetivos (EAO) y desde éste, al resto del PCART. El enlace técnico canaliza los datos de todos los sensores y sistemas activos, pasivos, meteorológicos y RPA. El enlace táctico permite transmitir las localizaciones que el EAO ha discriminado tras el estudio de los datos procedentes de todos los medios de AO". (PD4-301 "Empleo táctico del grupo de artillería de información y localización (GAIL)).

Para hacer realidad esta red de datos, los pelotones de adquisición de objetivos (radar, sonido y RPAS), deben contar con una aplicación de Talos técnico, nueva y específica, para enviar al EAO sus adquisiciones, con un volcado de datos automático a través de la adecuada interfaz.

Por su parte el elemento de adquisición de objetivos (EAO), debe contar con una aplicación de Talos técnico, también nueva y específica, que permita analizar la información volcada por los medios de AO y otra para el Talos táctico que permita transmitir al centro de operaciones (CO) de la unidad de apoyos de fuego, las localizaciones que deben ser consideradas.

En la actualidad los medios de adquisición de objetivos a considerar son el sistema radar Arthur y el sistema de adquisición por el sonido HALO. En un futuro se deberán incluir sistemas RPAS.

También se debe considerar los aspectos de interoperabilidad con las estaciones meteorológicas de dotación en el GAIL.

En resumen: las futuras versiones de Talos deberán proporcionar un mecanismo de intercambio de información con los Sistemas de Sensores de acuerdo con los Requisitos Operativos de Intercambio de Información (ROII) definidos para cada caso, de forma que para la integración de los medios sensores de las unidades de localización y adquisición de objetivos (ULAO) que trabajen en beneficio de las unidades de apoyos de fuego, se cuente con aplicaciones específi-

cas para Talos (táctico y técnico), que permitan la transmisión automática de las localizaciones al elemento de adquisición de objetivos (EAO) del PC, así como el posterior análisis y filtrado de las que deban ser tenidas en cuenta en el subsistema táctico.

Interoperabilidad con sistemas de armas

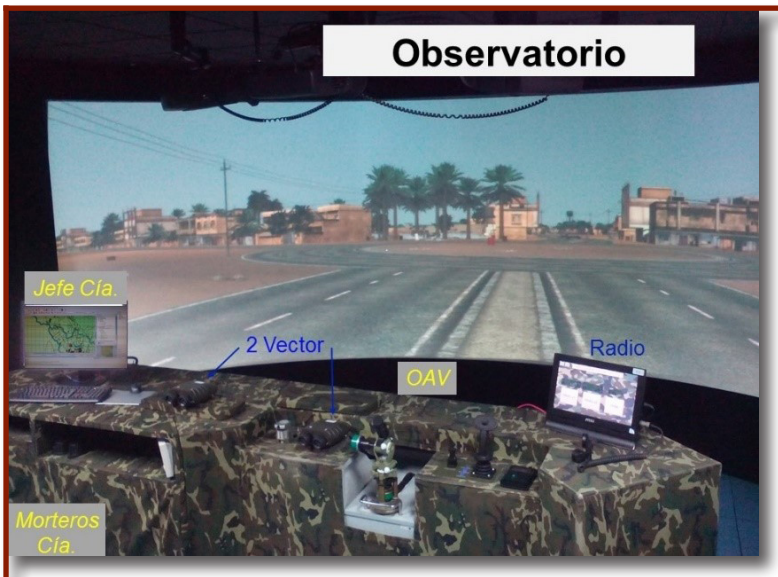
La precisión en los fuegos indirectos se está beneficiando de los nuevos desarrollos tecnológicos, fundamentalmente con la aparición de las "municiones guiadas" (elementos con capacidad de conocer la posición del proyectil en vuelo y modificar su trayectoria de forma que se ajuste a la trayectoria ideal prevista).

Hasta que el empleo generalizado de estas "municiones guiadas" sea una realidad, para alcanzar una mayor precisión en el tiro es necesario que se produzca un intercambio de información entre los sistemas de armas dotados de sensores y elementos de control y gestión del tiro, y el Talos, de forma que los sensores del arma proporcionen los datos precisos de posición y estado de la pieza así como velocidad inicial del proyectil. Esta información, junto con un conocimiento de las condiciones atmosféricas a lo largo de toda la trayectoria proporcionada a través de Talos, ayuda a minimizar los mayores factores de error en la precisión de los fuegos indirectos.

En este sentido se ha desarrollado un "prototipo" de interfaz entre el sistema de cálculo y gestión del SIAC y el Talos. Si bien esta integración no se ha realizado a través de una interface estandarizada (IDP) que independice evoluciones de alguno de los dos elementos conectados, la implementación de esta interface en todos nuestros SIAC cubriría nuestras actuales necesidades, en espera de la necesaria sustitución/evolución del M-109A5 y del Ligh Gun de 105 mm, por sistemas dotados de sensores y calculadores.

Los requisitos que se establezcan en las adquisiciones de nuevas plataformas de lanzamiento, junto con un mayor automatismo y capacidad de cálculo balístico autónomo, deberán recoger la adecuada capacidad de interoperabilidad con Talos, que será el encargado de proporcionarle, no solo la información meteorológica necesaria para el cálculo balístico, sino también las órdenes de tiro o de fuego según el caso.

En resumen: las futuras versiones de Talos deberán proporcionar un mecanismo de intercambio de información con los Sistemas de Armas de acuerdo con los Requisitos Operativos de Intercambio de Información (ROII) definidos para cada caso. Para la integración de la información de los sistemas de armas el sistema implementará una interfaz que estará basada en los elementos del NATO Generic Vehicle Architecture según la especificación IDP (Interfaz de Datos de la Plataforma) del ET.



Interoperabilidad con unidades de apoyos de fuego de naciones "ASCA"

Las actividades del programa multinacional ASCA (Artillery Systems Cooperation Activities) se centran en la definición de una interface que permita el enlace directo entre los medios de apoyos de fuego de diferentes países, considerando los mensajes a transmitir, su estructura, contenido, reglas de gestión y permitiendo el enlace entre estos medios de una forma inmediata y segura.

España perteneció al foro ASCA en calidad de país observador hasta el año 2008, fecha en la que cambió el MOU por el que era obligatorio ser "participante de pleno derecho". El coste que se debía asumir para integrarse como miembro de pleno derecho junto con el escenario económico restrictivo impidió asumir las obligaciones de la nueva situación.

En la actualidad los ejercicios que se están desarrollando como consecuencia de la generación del VJTF 16, y 17, así como la participación en diversos foros internacionales, están mostrando la necesidad de acometer la implantación de esta interfaz dentro de los elementos de evolución de Talos.

Las acciones encaminadas a la incorporación de la interface ASCA en Talos deben ser coordinadas con las actuaciones de interoperabilidad que se especifican en este apartado 2º.

En resumen: las futuras versiones de Talos deben facilitar el intercambio de información directo con los medios de apoyo de fuego de las naciones que dispongan de interfaz ASCA.

LOS REQUISITOS RELACIONADOS CON LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES

Dentro de este apartado se incluyen los requisitos relacionados con la simulación, securización, transmisiones y medios hardware:

Interoperabilidad con Simuladores

El desarrollo de los nuevos sistemas informáticos de simulación del terreno y realidad virtual, junto con elevado coste económico de las acciones instrucción y adiestramiento hace que cada vez sea más necesario contar con sistemas simuladores tanto para la instrucción individual en el uso de sistemas de armas o plataformas como en el del adiestramiento de unidades. Estos medios de simulación alcanzan su máxima eficacia cuando son capaces de interoperar con los sistemas de mando y control reales que emplean nuestras unidades.

Uno de los aspectos a analizar de los requisitos exigibles a las futuras versiones del C2IS Talos, es el que tiene que ver con la interoperabilidad entre Talos y los sistemas de simulación relacionados con el mando y control, así como

con los apoyos de fuego, concretamente, el Simulador de Artillería de Campaña de la ACART (SIMACA) y los simuladores instalados en las aulas de simulación de las unidades (fundamentalmente VBS y Steel Beasts) de acuerdo a lo señalado en el "Plan de acción de la simulación del ET" y en el "Plan director de simulación".

En el seno de la Comisión Permanente de Simulación, se está analizando cual debe ser la herramienta que facilite la interoperabilidad entre los sistemas de mando y control, como Talos, y los diversos sistemas de simulación (VBS o Steel Beats). Por su parte el Elemento de Simulación de la SUBDINS de MADOC/DIEN, está elaborando el documento "Requisitos operativos de intercambio de información entre sistemas de mando y control y sistemas de simulación" A la conclusión de ambos trabajos se dispondrá de las especificaciones técnicas de la interfaz de intercambio a implementar y de la información a intercambiar.

Actualmente la modernización de que está siendo objeto el SIMACA lo dota con capacidad, no solo de poder relacionarse con otros simuladores a través de la arquitectura de interoperabilidad HLA (High Level Architecture), sino que es el primer simulador con capacidad para interoperar con un C2IS (versión actual de Talos).

En resumen: los requisitos que en los aspectos relacionados con la simulación que se establezcan para las futuras versiones de Talos, deben conseguir que no se pierda esta capacidad de interoperación actual con SIMACA y que además se alcance una capacidad similar con los simuladores de las aulas ya mencionados.

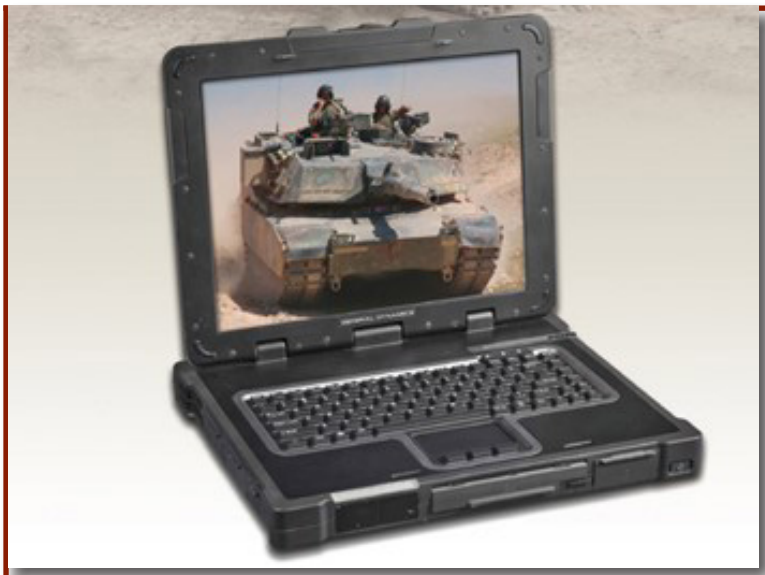
Securización

La versión actual de Talos funciona como un sistema completamente aislado, siendo precisamente este aislamiento lo que le proporciona las condiciones de seguridad.

Las futuras versiones de Talos se abren a la interoperabilidad y deben ser dotadas de las adecuadas medidas de seguridad. Se debe analizar cuáles son los adecuados niveles de seguridad que se deberían garantizar en este C2IS, diferenciando tres aspectos:

- ◊ Nivel de seguridad para el subsistema técnico.
- ◊ Nivel de seguridad para el subsistema táctico, (relacionado con el nivel de seguridad de la estructura MC3).
- ◊ Necesidad de una interfaz de seguridad en la pasarela que comunica ambos subsistemas.

En resumen: las futuras versiones de Talos deberán cumplir los requisitos de seguridad adecuados al nivel de seguridad de la información que debe manejar, y conforme a la actualización de octubre de 2015 del documento "Plan MC3" (ap. 12.3 "Área de SEGINFOSIT"), los subsistemas estarán dotados de los medios de seguridad adecuados, una vez certificados por el CCN del CNI, con objeto de alcanzar un entorno



completamente cifrado (AEN, All Encrypted Network).

Características del material hardware

Las capacidades de las futuras versiones de Talos no deben verse limitadas por la falta de capacidad de los medios hardware. La evolución en la velocidad y capacidad de almacenamiento y cálculo de los actuales sistemas informáticos, debe ser aprovechada para dotar de coherencia al sistema Talos.

En resumen: se deberá acompañar cada evolución del sistema Talos del correspondiente informe sobre las capacidades necesarias de los medios hardware.

Características del material de transmisiones

En analogía con lo recogido en el apartado anterior se debe de dotar de coherencia global al sistema de forma que los medios de transmisión empleados no resten capacidades al C2IS.

En resumen: se deberá acompañar cada evolución del sistema Talos del correspondiente informe sobre las capacidades necesarias de los medios de transmisión.

CONCLUSIÓN

La necesaria evolución del C2IS Talos debe satisfacer todos y cada uno de los aspectos señalados en el presente artículo, aunque estas nuevas capacidades se vayan obteniendo de una forma secuencial. Como se ha descrito, estos aspectos son numerosos y hacen referencia a ámbitos muy diversos, desde la evolución de las capacidades técnicas del tiro según la estructura de la suite s-4, hasta la plena interoperabilidad con múltiples elementos (Plan MC3, simuladores, sistemas de armas, ASCA, etc). Para que esta evolución sea coherente es necesaria una labor de coordinación, que debida a su complejidad, solo se puede realizar al más alto nivel (DGAM), y con una estructura con dedicación plena y capacidad de visión de conjunto y de actuación sobre todos los elementos implicados.

Es de esperar que la generación de una “Oficina de Programa MC3”, proporcione la estructura deseada, con visión de conjunto y capacidad de actuación y coordinación.

El teniente coronel D. Emilio Negredo Madrigal pertenece a la 275 promoción del Arma de Artillería, está diplomado en SDT/DLO, y en la actualidad está destinado como analista en la Jefatura de Artillería JADART, perteneciente a la Dirección de Orgánica y Materiales DIDOM.

Un breve recorrido por la historia de la balística exterior

por D. Francisco José Gómez Ramos, coronel ingeniero (CIPET)

En este articulo se tratará el desarrollo a lo largo de la historia de la balística exterior pasando por sus principales etapas, hasta nuestros días.

LA BALÍSTICA Y SUS CAMPOS DE APLICACIÓN

La *Balística* constituye una de las ramas de la *Mecánica*, la que estudia el movimiento de los cuerpos que tras ser lanzados quedan sometidos *exclusivamente* a la acción del campo gravitatorio terrestre[1]. Su denominación se deriva del verbo griego *βαλλωç (Ballos) - βαλληιν (Ballein)* que signigica lanzar. La raíz del término se ha mantenido prácticamente en todas las lenguas actuales[2] La primera vez que se empleó con el significado que se le aplica actualmente fue en el título de un tratado del que era autor el fraile de la orden de los Mínimos *Marín Mersenne* (1588-1648)[3]. Esta obra se publicó sólo seis años después de los *Discursi…*, de *Galileo*, de los que hablaremos con profusión más adelante y en los que sentaría las bases para un estudio matemático, riguroso desde el pun-

(1) En el desarrollo de la obra matizaremos esta definición para que queden incluidos los cohetes y proyectiles autopropulsados. Diremos entonces que, "el objeto no queda sujeto a más fuerza generada en su exterior que la gravitatoria"

(2) Así, Balistica (sin acento) en portugués e italiano, Ballistics en inglés, Balistique en francés, Balistik en alemán o danés, Balistika en checo, Balllistikka en finés, Баллистика en ruso. Balistyka en polaco, etc. O conserva una analogía fonética en idiomas, más exóticos como el chino, 弹道学, o הקיטסילב, en hebreo. Pero suena algo distinto en árabe o en el vietnamita (Tuât Phóng)

(3) MERSENNE, M.; Ballistica et Acontismologia in qua sagittarum, jaculorum, & aliorum missilium jactus, & robur arcuum explicantur..., Parisis. Antonipus Berlier, 1644

to de vista científico en su perspectiva moderna, del movimiento de los graves lanzados en un medio que no le opusieran resistencia, marcando así el nacimiento real de esta rama de la ciencia, y de hecho de todas las ciencias fisicomatemáticas tal y como hoy así las entendemos.

Se incluyó en el grupo de la *Mecánica*, incluida a su vez dentro de las Matemáticas Mixtas en la taxonomía establecida en la *Encyclopedie*. Desde el siglo XIX se considera a la balística como una rama de la mecánica aplicada y la termodinámica.

En el mundo actual existe la tendencia de asociar balística y armas de fuego, pero debe quedar claro que la definición que se le da no exige el que el objeto en movimiento este lanzado por un arma para que pueda ser objeto de estudio de la balística. De hecho, los meteoritos que entran en la atmósfera terrestre o las piedras volcánicas eyectadas en las erupciones, lo son, y se les estudia como si fueran proyectiles.

Aunque obviamente con otros principios, distintos de los actualmente reconocidos como válidos, nuestros antecesores, antes del empleo de la pólvora, intentaron explicar y predecir el vuelo de las piedras y jabalinas lanzadas a mano o la de los proyectiles lanzados por mecanismos mecánicos como arcos, hondas, ballestas, balistas, catapulta, etc. que se lanzaban al interior de las ciudades sitiadas[4] o contra sus murallas. Sus estudios no intentaban a la postre más que establecer modelos que intentaban predecir, o al menos elucubrar y analizar, el tránsito de los proyectiles hasta alcanzar su objetivo. En los dos primeros capítulos se pasará revista a estas teorías, que fueron profundamente revisadas tras aparecer en los campos de batalla europeos las primeras armas de fuego (Guerra de los Cien Años y luchas de Reconquista en la Península Ibérica).

FUNDAMENTOS Y CLASIFICACIÓN DE LA BALÍSTICA

En el mundo occidental, y desde el clasicismo griego hasta Galileo, prácticamente los principios en los que se basó su estudio fueron los establecidos ya por el filósofo griego Aristóteles en el siglo III a.C.

Con la introducción de las armas de fuego, el estudio abarcado hasta entonces por lo que luego entenderíamos por balística pasaría a incluir el ciclo completo del disparo, desde la iniciación de la carga propulsora hasta el momento en que el proyectil alcanza su objetivo o cesa en su movimiento. Es por ello que se ha ido consolidando la división de la balística en dos ramas principales: interior y exterior, a las que se añadirían con posterioridad la balística de efectos y la intermedia.

La primera (balística interior) cubre desde la iniciación (o disparo) hasta el instante en el que el proyectil sale por la boca del arma. La segunda (balística exterior), desde ahí hasta que aquel alcanza el objetivo y por último el estudio de los efectos que el proyectil provoca en éste constituye el objeto del estudio de la balística terminal o de efectos. Ya bien entrado el siglo XX se segregó de la exterior la balística intermedia, que estudia el efecto que la salida de los gases, producto de la combustión de la pólvora y que acompañan al proyectil en su salida, provocan en el vuelo de éste. Cubre así ésta última desde la sa-

(4) Incluyendo los cadáveres de los caballos o incluso de personas muertas por enfermedades infecciosas, al objeto de buscar así la propagación de las mismas en el interior de las fortalezas, constituyéndose así en las primeras armas bacteriológicas empleadas en la historia. El primer empleo de las mismas ha sido adjudicado a mercenarios genoveses en lucha contra los mongoles

lida del proyectil por la boca hasta que cesa ese efecto de los gases, en donde, a partir de entonces, se considera comienza realmente la balística exterior propiamente dicha. Ésta última suele extender su inicio a la boca del arma pero con unas condiciones iniciales ficticias que absorben respecto al resto de la trayectoria los efectos de los gases, como si estos no existieran (velocidad y deceleración iniciales).

Con esta división, la balística, en concreto la interior, pasó a incluir el estudio de la combustión de las pólvoras y en general de las cargas propulsoras, y los estudios balísticos y sus métodos de aplicación abrirían paso al desarrollo de nuevas materias que se desarrollarían con posterioridad de modo independiente. Así, la resistencia estructural de bocas de fuego y montajes, la dinámica de gases, la termoquímica. La Exterior abriría el camino a la propulsión cohete, el guiado y control o la misilística.

Es fácil reconocer que estos desarrollos y sus consecuentes aplicaciones han ido en conjunción con los de los medios de lanzamiento y, consecuentemente, las prestaciones que estos eran capaces de proporcionar (velocidad, exactitud y fidelidad en reproducir las condiciones iniciales deseadas,etc). Adicionalmente, como en otras ramas de las ciencias y las artes, su desarrollo ha estado además influido por las necesidades, los intereses, la formación y capacidad de los técnicos y científicos que se han aplicado a ella, así como, por los desarrollos y avances efectuados en otras ramas de las ciencias y de las matemáticas y por los principios religiosos, científicos o morales imperantes en cada época y zona geográfica, el contexto histórico y político, o el estado general de la filosofía de la ciencia en cada momento o época particular, e incluso en mayor o menor medida a la ocurrencia de descubrimientos casuales.

MÉTODOS, DESARROLLOS Y APLICACIONES

Como ya se ha mostrado en el apartado anterior, es preciso indicar que a lo largo de su evolución, la balística ha ido adaptando sus principios, métodos y desarrollos a las necesidades de su aplicación práctica. Aunque ya se ha visto que no exclusivamente, ésta última ha estado fundamentalmente ligada al campo militar, y en menor medida al de la caza y la seguridad. Por ello, la balística nació con el interés práctico de proporcionar al tirador métodos de puntería eficaces. En el campo militar se le ha pedido principalmente el auxiliar al artillero, o de forma más genérica al tirador, a realizar su misión, i.e. conseguir batir un objetivo asignado, efectuando el menor número de disparos, y a ser posible con el primero de ellos. Este auxilio se ha ido materializando en proporcionar los conocimientos necesarios para fabricar instrumentos de puntería y posteriormente elementos calculadores y direcciones de tiro. De este modo, la balística se ha convertido en el fundamento de una disciplina aún más amplia, que busca el diseño eficiente de sistemas integrales de control de la dirección de tiro[5]. La definición de estos sistemas incluye tres fases: la detección, identificación y seguimiento del potencial objetivo; el cálculo de la trayectoria que seguirá el proyectil que lo neutralizará en un “punto futuro” de su trayectoria (la exactitud de su cálculo dependerá de la balística de efectos del propio proyectil, que define su área, o volumen, de influencia y su eficacia al activarse), y proporcionará por tanto los datos de tiro; y, por último, de los sistemas que materializan

(5) En la literatura técnica española se suele simplificar denominando genéricamente a estos sistemas como “direcciones de tiro”, abreviadamente, DT

la puntería del arma[6] (que van desde las más simples alzas (primero fijas y luego "de corredera"), hasta visores o radares, gobernando los más complejos sistemas de control a base de mecanismos hidráulicos, electromecánicos o servomecanismos).

Así, la Balística Exterior ha terminado por buscar como uno de sus principales objetivos el proporcionar al artillero y, genéricamente, al ingeniero de armamento, una base matemática que se materializa en una herramienta, que en sí no es otra que lo que de forma general podemos denominar como un sistema calculador de los datos de tiro (SCDT). Éste, en función de la posición del objetivo, del arma y de las condiciones imperantes en el momento del disparo, determina la orientación final, o posicionamiento, del arma/tubo lanzador para permitir que se logre batir el objetivo, o "lograr un blanco"[7].

En su origen la balística se dedicó fundamentalmente al estudio de las trayectorias de un proyectil lanzado por un arma estacionaria contra un objetivo también estacionario. Este es el caso más simple, que ya a partir de finales del S. XIX se iría complicando buscando su aplicación a las direcciones de tiro de costa y navales y en el S. XX en las antiaéreas y a las de vehículos acorazados y aeronaves de combate.

En el caso de la Artillería de Campaña (ACA), de Costa (ACTA) y Antiaérea (AAA), estos datos de tiro se resumen por lo general en un ángulo de elevación del cañón sobre la horizontal (α ó θ_0), una orientación de la línea de tiro (o acimut) respecto de una dirección fija (OLT ó Ac) y, en ocasiones, en un tiempo de graduación de la espoleta (TG). Todas ellas función de la carga de pólvora, y por tanto la velocidad en boca, del disparo. En el caso de las armas de tiro tenso, el objetivo suele quedar a la vista del tirador, por lo que una línea de referencia privilegiada es la que viene definida por los dos: arma y objetivo. Como mínimo la solución del problema del tiro implica resolver el ángulo que hay que elevar el eje del ánima para compensar la caída gravitatoria del proyectil.

En los sistemas automáticos de puntería, el SCDT se materializa directamente en el mecanismo que enlaza el eje virtual de un visor con el axial del tubo del arma, de forma que al llevar su centro sobre el objetivo se provoque el movimiento del cañón en concordancia con aquel e incorporando la corrección balistica.

Modernamente y en el caso más general, el Sistema Calculador de los Datos de Tiro (SCDT) se basa en un Modelo de Simulación de Trayectorias (MST), que le permita predecir la que sigue un proyectil determinado en unas condiciones prefijadas cuando se introduzcan unos datos de tiro (DT) concretos en la pieza. Este modelo deberá por tanto introducir como entradas los propios DT, ciertos parámetros del proyectil y otros representativos de las condiciones específicas en que se va a efectuar el tiro particular[8] y deberá dar como salida resultados que puedan compararse con los que definen

(6) Por lo general la dirección en la que se apunta el arma, o dirección de tiro, viene angularmente referida a la línea de mira o segmento lineal que une el centro de la boca del arma y el objetivo

(7) Aunque esta denominación castellana del objetivo ha sido rechazada por algunos artilleros, tenía una clara referencia a una maniobra real realizada desde antiguo. La de colocar una pancarta de ese color a cierta distancia de la pieza, y sobre la que, tras efectuar la puntería, se intentaba golpear con la bala, demostrando así la pericia en su oficio del "apuntador" (que no tenía por qué ser el mismo tirador). La máxima distancia a la que dicha operación era factible por puntería directa con independencia de quien la realizara definía la que se llamaba "distancia de punto en blanco de la pieza", y que era una de las características principales que ésta poseía

(8) Por razones de economía de medios éstas han estado reducidas a unas muy particulares, conocidas bajo el término genérico de "condiciones tipo" y que concretaremos más adelante

la posición del objetivo (por ejemplo: alcance, altura y desviación). Un paso posterior implantado en el SCDT deberá permitir invertir el proceso, convirtiendo estas últimas en entradas y dando los DT como salidas, manteniendo los mismos valores de los parámetros, proporcionando así las salidas finales del sistema, bien en forma numérica o trasladando mecánicamente estos valores a la orientación definitiva del tubo lanzador.

De hecho veremos que desde un principio los modelos predictivos que ha manejado la balística exterior se han basado en modelos, más o menos arcaicos (que con posterioridad han ido evolucionando y complicándose), que pretenden simular la trayectoria que seguirán los proyectiles lanzados virtualmente por el arma en esas condiciones.

Por todo lo dicho, se puede inferir que la calidad de un SCDT (caracterizada fundamentalmente por su capacidad predictiva del fenómeno real y su rapidez de respuesta) está directamente ligada a la verosimilitud y adecuación que posee el modelo elegido para las condiciones de tiro previsibles. Asimismo está estrechamente ligada a una adecuada elección de los parámetros de ajuste y a una también sistemática, coherente (y en la medida de lo posible normalizada e interoperable) determinación de estos, y que además sea representativa y extensible a todas las condiciones en las que se espera que el modelo deba utilizarse como predictor. Todo este proceso es el que se engloba bajo el término "Calibración del Modelo de Simulación de las Trayectorias del Proyectil" y constituye en la actualidad una parte importante de cualquier desarrollo de balística exterior general, siendo una de las ramas en los que los especialistas en la materia vuelcan una mayor parte de sus esfuerzos.

Se debe recapitular indicando que la modelización en Balística Exterior debe cubrir por tanto, según la perspectiva actual, las siguientes etapas:

- ◊ El establecimiento y la validación de un modelo adecuado para la simulación de las trayectorias. En la mayoría de los casos de empleo el MMPM (Modelo Modificado de la Masa Puntual, o Modelo de la Masa Puntual Modificada) parece suficiente, aunque en condiciones particulares éste podría perder su posición de ventaja.
- ◊ La validación de métodos de caracterización balística de diversos modelos de proyectiles (estimación de sus coeficientes aerobalísticos).
- ◊ La normalización de los algoritmos que realicen la integración numérica de las ecuaciones diferenciales que surgen de la aplicación del modelo a unas condiciones particulares dadas.
- ◊ El desarrollo de métodos de planificación de las condiciones de prueba y de explotación de los resultados que permitan ajustar el modelo completo a los resultados experimentales mediante la aplicación de factores de ajuste y llevar a cabo lo que se denomina su calibración.

PRINCIPALES ETAPAS EN SU DESARROLLO

Englobaremos dentro del término Protobalística a todos aquellos estudios y desarrollos que se realizaron con anterioridad al triunfo de las ideas galileanas plasmadas en la ley de caída de los graves, o que, aunque realizados con posterioridad a aquella, se sustentaran en fundamentos que no fueran los galileanos.

La Balística Especulativa (o Prebalística) contituirá el origen de la

Balística. Ya aquellos desarrollos de modelos que tienen (o intentan tener) su base en una explicación matemática de la naturaleza, aunque sin seguir plenamente los principios galileanos, ni mucho menos los newtonianos, basándose por ello necesariamente en una especulación de raíz peripatética.

La Balística Galileana, o del vacío, incluye todos los desarrollos que buscan predecir el movimiento de los graves en un medio que no le oponga ninguna resistencia. Proporciona valores relativamente fiables en el caso de proyectiles lanzados con baja velocidad y altos ángulos de elevación (caso de los morteros). Sus principales desarrollos iniciales están asociados al propio Galileo, así como, a Torricelli, Mersenne, Blondel o Cavallieri. Es clásico el libro del francés François Blodel, "L'Art de Jetter las Bombes", declarado secreto de estado por el rey de Francia; terminaría por publicarse a finales del S. XVII, ayudando definitivamente a extender las ideas de Galileo entre los artilleros.

El inicio de la siguiente lo constituiría la edición de los Principia de Isaac Newton que marcaría el inicio de la aplicación de los principios de la nueva dinámica al estudio del movimiento de los proyectiles que se llevaron a cabo en el segundo tomo de esta obra crucial en la historia de la ciencia (Balística Newtoniana). Iniciados por el propio Newton desde una perspectiva geométrica pero sin éxito. Le darían nueva forma dentro del cálculo diferencial, Leibniz y los hermanos Bernouilli. Johann consiguió publicar en 1719 una primera solución aproximada en el caso de trayectorias de los proyectiles lanzados con poco ángulo de elevación.

Robins, que es considerado por muchos el padre de la balística moderna, iniciará lo que ha venido en denominarse la Revolución Balística. Introdujo la necesidad de la medida de la velocidad, que materializó con su péndulo balístico y estableció un primer modelo matemático que representara la evolución de la presión por la generación de los gases en una combustión instantánea de la pólvora. Asimismo, demostró empíricamente la importancia que juega la resistencia aerodinámica en la forma de la trayectoria balística y apreció lo diferente que ésta resulta a velocidades elevadas respecto de velocidades menores. Euler matizaría sus ideas incorporando la faceta racionalista y matemática del Cálculo Diferencial e Integral que pretendía dominar la complejidad de los fenómenos y mejoraría los procedimientos de aproximación en el caso de resistencias proporcionales al cuadrado de la velocidad; que aún se refinarían más por Legendre, Jacobi, Graewenitz y Otto, levantando las primeras tablas de tiro como hoy las entendemos. Basadas en los métodos de Euler, que siguieron siendo útiles en el caso de los morteros, pretenderían sacar provecho de los avances técnicos introducidos en la artillería por el sistema del francés Gribeauval (mejora en los procesos de fabricación y como consecuencia de la exactitud, introducción del alza y de elementos de puntería más fiables, como los husillos de elevación que progresivamente sustituirán a las cuñas). Esta aplicación del nuevo cálculo a la Balística marcará el nacimiento de ésta como una auténtica disciplina de aplicación a la artillería, que se verá enriquecida por la aportación de científicos tan eminentes como, Legendre, Lagrange, Laplace, Poisson, …

La dificultad y las contradicciones abiertas por los resultados de las propias medidas realizadas con los péndulos balísticos (Hutton, Di-

dion, Hélie), iniciará una época empirista liderada por el profesor Helié, que incluso llegaría a aborrecer esa capacidad predictiva de los modelos eulerianos aduciendo que la tremenda complejidad de los procesos que se suponían tras los fenómenos escapaba a una representación matemática rigurosa distinta a la de meras fórmulas empíricas que se obtenían de los resultados medidos y se resumían en su Balística Experimental (1868), que pretendía dar un cuerpo de doctrina aplicable a las piezas de ánima lisa y a las primeras rayadas. Es la época del desarrollo de los cronógrafos balísticos que reducen la medida de la velocidad de los proyectiles a la de intervalos de tiempo muy precisos (Wheastone, Bashforth, Boulengé, Navez) y de su utilización en la búsqueda de la ley de resistencia que dejaría de suponerse que tenía una forma analítica tras comprobarse la imposibilidad de obtenerla (Bashfort, Hogel, Krupp, Mayewsky, Hélie, la Escuela de Metz,...) y que culminaría con las leyes de Gâvre. Además del propio Helié, dominan esa época Hugoniot y Didión que continúan la estela de los métodos de aproximación eulerianos, Piobert, Resal y Sarrau que racionalizan la balística interior y Piton-Bresant, Bashforth, Mayevsky, Zabudski y Siacci, que establecen distintas expresiones para las leyes de resistencia. Este último logrará por fin independizar los métodos balísticos de la forma explicita de esa ley, incluyendo las expresiones segmentadas que introdujo Mayevski, y los métodos de integración por arcos de Adams, Runge, Kutta, Sugot, Charbonnier, etc. Piobert y los profesores de la Escuela de Metz resolverán el problema sustancial de la coherencia de los resultados con la introducción del cálculo de probabilidades justificada por la dispersión de los resultados. Una vez comprobada (si no demostrada) la imposibilidad de obtener una solución cerrada (reducible a cuadraturas) de las ecuaciones de la balística y su condiciones iniciales, se plantea su solución desde una doble perspectiva diferenciada. La solución exacta (o cuasi exacta) de ecuaciones aproximadas, o la solución aproximada de ecuaciones exactas (o cuasi exactas).

La introducción de las pólvoras pardas (Rodman) y las de base nitrocelulósica (Shonbein, Vieille) en la segunda mitad del siglo XIX; mejorarán también la consistencia de los resultados y aumentarán la velocidad de los proyectiles; y requerirán de nuevos desarrollos en la balística interior. La potenciación y aparición de nuevas herramientas de cálculo y la vuelta al intento de deducción de leyes de resistencia teóricas con el uso de principios termodinámicos, como los de Onofre Mata y Bianchi. Esta época verá la consagración del rayado en los tubos de las piezas, que terminará por provocar la evolución de la forma de los proyectiles desde la esférica a la oblonga (con la introducción del rayado se tipifica el modelo Krupp con un radio de ojiva igual a dos calibres, y se experimenta exhaustivamente con él y su equivalente británico (de 1,5 calibres de longitud de ojiva) hasta deducir la ley G1 de Gâvre ya mencionada y que mantiene su universalidad de empleo hasta el período entreguerras (y aún hoy día es ampliamente usada en la balística de las armas ligeras y de caza); y el control de la desviación lateral de los proyectiles, que aunque se acentúa, paradójicamente se somete a la predicción y abandona la aleatoriedad que tenía en la artillería lisa. También se generaliza la carga por la culata y el empleo del acero en la fabricación de las bocas de fuego, que terminará por desplazar completamente al bronce. Ello conllevará el cambio de la táctica del tiro naval que alarga-

rá progresivamente la distancia de combate y paralelamente aumentará la potencia y tamaño de los cañones, exigiendo los mismos requisitos de exactitud (incluso mayores y más complejos de lograr) que los que ya se demandaban en el campo terrestre. La introducción hacia finales del siglo XIX de los montajes de deformación permitirá, con el mantenimiento más efectivo de la puntería y el aumento de la cadencia de tiro, aumentar a su vez la efectividad del empleo de la artillería.

El inicio del siglo XX trajo también el inicio de otra nueva época. La diversificación de los tipos y perfiles de los proyectiles requirió en un principio el aumento del número de "proyectiles tipo", a los que individualmente se aplicaban los mismos procedimientos de cálculo que al de perfil tipo Krupp; y la aplicación de reglas de semejanza.

Pero fue realmente la I Guerra Mundial la que produjo importantes, y a veces críticos, cambios en muchos aspectos de la tecnología militar. La aparición del avión y la necesaria potenciación de los estudios aerodinámicos tendrá con posterioridad amplios ecos en los desarrollos balísticos que se plasmarán en las teorías de Fowler (que estudia el movimiento del proyectil como un sólido rígido siguiendo los primeros intentos de Poisson y Mayewsky) y que permite calcular los valores de los parámetros aerodinámicos con el empleo de la teoría epicíclica y el análisis de las huellas que dejan los proyectiles en los paneles sobre los que estos de disparan), origen de los métodos actualmente empleados y que marcaron el inicio de la escuela metodológica anglosajona, iniciada en el siglo anterior por los británicos Noble, Abel, Greenhill y Niven, junto con los desarrollos de los americanos Moulton, Bliss y Veblen del recién inaugurado Aberdeen Proving Ground, los cuales cambian el parámetro fundamental del cálculo, que hasta entonces había sido el ángulo de inclinación de la trayectoria, o la pendiente, por la duración (tiempo) y aplican métodos numéricos que ya eran normales en el cálculo de órbitas de la Mecánica Celeste a las trayectorias balísticas.

Al mismo tiempo, en Alemania la balística de Cranz, Becker y Eberhard trata de adaptarse a los requerimientos introducidos por la artillería de gran alcance, cuyo ejemplo paradigmático lo constituyó el Cañón de París, iniciando con otros la aplicación al estudio de la aerodinámica de los proyectiles en los primitivos túneles aerodinámicos. También cabe mencionar la escuela balística italiana de los seguidores de Siacci: Braccialini, Ronca, Bassani, Fasella, Burzio…etc y la escuela francesa, continuadora de la Gävre, que sigue incorporando estudios y desarrollos entre los que cabe destacar los de Charbonnier, Sugot, Garnier, Haack, Marcus, Dupuis…etc. que incluyen el método de integración por arcos G.H.M. y el desarrollo de las leyes de resistencia de Dupuis, que ya se podían aplicar a proyectiles con diferentes tipos de perfiles y en particular los llamados "aerodinámicos".

En la Segunda Guerra Mundial, los EEUU vuelven a aplicar el método desarrollado en la Primera, reclutan matemáticos, físicos e ingenieros civiles para aplicarlos rápidamente al estudio y aplicación de la Balística y fundan el BRL (Balistic Research Laboratory) en Aberdeen. Rápidamente se obtienen resultados. Nielsen y Singe depuran de inconsistencias la aerobalística de Fowler, mientras que McShane, Kent, Reno,… desarrollan la teoría de la estabilidad de los proyectiles, y la Aerodinámica Tricíclica o Lineal.

La aplicación se impulsa grandemente con el empleo de dos importantes nuevas herramientas. Los ordenadores[9], que nacen con los requisitos de Aberdeen precisamente para aumentar la velocidad de producción de tablas de tiro y que además se aplicaran a la extracción de los valores de coeficientes aerodinámicos a partir de las imágenes obtenidas en la otra gran novedad, las galerías instrumentadas o "Ballistic Ranges" que se van plagando de la presencia de equipos fotográficos y cinematográficos de alta velocidad.

Tras la guerra podemos decir que los desarrollos se estancan algo, hasta la irrupción de la artillería de gran alcance moderna, con los proyectiles ERFB[10] y los desarrollos del grupo de Gerald Bull y sus dispositivos "BaseBleed", que habían tenido su origen en estudios de ingenieros suecos (como Gunners) de la compañía Bofors. Bull y su equipo retoman los estudios alemanes del equipo del cañón de Paris de Rosemberger, Cranz, Becker, Eberhardt, Molitz,... para lo cual aplican profusamente las nuevas técnicas numéricas. También en el BRL, Lieske y Reiter aprovechan la potencia de cálculo desarrollada progresivamente en los ordenadores y los resultados de la nueva instrumentación (rádares de efecto doppler de seguimiento, y fotografía, cinematografía y video de alta velocidad) desarrollando el Modelo de la Masa Puntual Modificada (MMPM) profusamente empleado en los desarrollos de la nueva artillería de gran alcance efectuados por Bull, Murphy y Lyster, que buscan incluso el poner en órbita pequeños satélites lanzados por cañones (proyecto americano HARP, High Altitude Research Project). De ellos nacerá el GHN-45; artillería de 155 mm/45 calibres, con recámaras de 24 litros, de la que son herederas muchas de las piezas hoy modernas. En esa época también se completan estudios teóricos sobre los coeficientes de configuraciones tipificadas de proyectiles y se desarrollan códigos empíricos de predicción de coeficientes aerobalísticos de distintos elementos de las configuraciones, como, los del Naval Surface Weapon Center (NSWC-2 de Moore) o los que nacen de los desarrollos efectuados por la compañía General Electric en la década de los 70 del siglo pasado (SPINNER-77 y PRODAS, Projectile Design and Analysis System, de Whyte y Hathaway); y por último en el desarrollo de códigos CFD ("Computerized Fluid Dynamics"), que buscan la predicción de los valores de esos mismos coeficientes mediante la aplicación de principios de mecánica de fluidos y métodos de cálculo numérico, y que hoy día ya no se encuentran limitados por la potencia de cálculo requiriendo supercomputadores y se pueden utilizar con éxito en ordenadores tipo PC.

Las naciones de la Alianza Atlántica (OTAN-NATO) acordaron en la década de los 80 del siglo pasado, el llevar a cabo un acuerdo normalizador en el campo de la Balística, que se ha materializado en diversos STANAG (Standardization Agreement), en particular el STANAG 4355 que normaliza el MMPM en los países de la OTAN y otros varios relacionados con los métodos de presentación de tablas de tiro, formatos de boletines meteorológicos, cálculo de valores estimados para coeficientes balísticos... etc. Todos ellos se han integrado en el NABK o NATO Artillery Ballistic Kernel, para la gestión de apoyo de fuegos. Se trata del núcleo de cálculo balístico para la artillería

(9) El propio término inglés, "computer" nace de aquel con que se conocía a las calculadoras (por lo general eran mujeres, que, al parecer eran más fiables en la realización de cálculos tediosos) de tablas de tiro

(10) Extended Range Full Bore. Proyectiles de alcance extendido subcalibrados

y otros sistemas de apoyo de fuego tierra-tierra de la OTAN, que constituye el núcleo de un sistema C2 para la artillería terrestre y naval al que se le van añadiendo módulos de cálculo meteorológico, geográfico y de balística de efectos. El núcleo central de cálculo se basa en el MMPM tipificado por la OTAN.

En el plano teórico y experimental se han de destacar todos los estudios llevados a cabo fundamentalmente por el ARL (Army Research Laboratory) en los EEUU y el ISL (Saint Louis Institute) en Europa, junto con los de otras instituciones, así como la labor catalizadora realizada por los diversas ediciones de symposiums internacionales, fundamentalmente el International Symposium of Ballistics, que se han venido celebrando y cuyas actas (proceedings) han constituido una referencia para los estudiosos en la materia. No se puede olvidar tampoco la labor que en este aspecto de difusión del conocimiento han tenido importantes obras y manuales, como, los de McCoy, Murphy o Carluci y revistas periódicas como el International Ballistics Journal, el Memorial de l'Artillerie Française y su sucesoras, o el IDTJ (International Defence Technical Journal) indio, además de las memorias e informes de los diversos institutos y centros dedicados a la investigación balística.

En definitiva, aunque innegablemente la balística conduce a aplicaciones que pueden llegar a catalogarse como indeseables, ha implicado a muchos de los más grandes personajes de la ciencia y de la técnica. A veces por motivos idealistas, y otras no tanto. Muchas veces en el más estricto secreto, y otras en un esfuerzo colectivo encauzado a través del intercambio de ideas en revistas profesionales. Resulta innegable la contribución que su propio avance ha inducido en el desarrollo de la historia de la humanidad (aunque suene paradójico el decirlo) y en los avances de la ciencia y la técnica en particular. Es por ello que el interés en la materia se extiende más allá que al especialista, ingeniero de armamento o artillero, para alcanzar a otros tan dispares como, historiadores, y filósofos de la ciencia, o de otras materias que busquen referencias y ejemplos específicos del desarrollo e implantación de modelos para la búsqueda de soluciones de problemas complejos.

El coronel D. José Gómez Ramos pertenece al Arma de Artillería en la actualidad se encuentra destinado en la Escuela Politécnica Superior del Ejército

LECCIÓN DEL DOS DE MAYO DE 1808

por D. Andrés Moreno Guerra, capitán de artillería

Elogio de los capitanes Don Luis Daoiz y Don Pedro Velarde, Héroes de la Independencia Española, muertos en el Servicio Supremo de la Patria Pronunciado en la Plaza de la Reina Victoria Eugenia junto al Monumento levantado en honor de Los Héroes del 2 de mayo frente al Alcázar de Segovia

Mi General,
Excelentísimos e Ilustrísimas autoridades, señoras y señores, Artilleros:

En primer lugar, quisiera trasladarles el infinito orgullo que me produce el haber sido designado como responsable del elogio a los Capitanes Daoiz y Velarde.

Nos trasladamos a 1808, época convulsa. España, un país de apenas diez millones y medio de habitantes. Éramos los vecinos del Sur de la Gran Potencia de la época: la Francia de Napoleón, hasta aquel momento, nuestra Aliada.

Años antes, el Conde de Gazola, por iniciativa de Carlos III, fundó en 1764 el Real Colegio de Artillería, instalándolo en el Alcázar de Segovia, que llegó a ser uno de los centros de enseñanza más destacados del panorama científico y militar de la Ilustración Española.

Y para que se hagan una idea del grado alcanzado en enseñanza e innovación, en este año de 2017, se cumplen 225 años desde que alumnos de esta academia realizaron el primer vuelo militar oficial, efectuado en el Escorial ante Carlos IV en el año 1792.

Volvamos a los hechos, se acababa de firmar el tratado de Fontainebleau en 1807 en el que se estipula la invasión militar conjunta franco-española de Portugal, para lo cual se permite el paso de tropas francesas por territorio español.

Lo que parecía una alianza fructífera para España, se tornó en una TRAICIÓN por parte de nuestro aliado. De repente, las principales ciudades de nuestro

país estaban "tomadas" por los franceses, la convivencia se hacía insoportable por los abusos cometidos por las tropas napoleónicas. El objetivo verdadero de nuestro traidor aliado era tomar España y sustituir la dinastía de los Borbones por los Bonaparte.

Madrid unos días antes del 2 de mayo era un hervidero, la guarnición francesa era de 10.000 soldados en la ciudad y más del doble a las afueras. Se alternaban tropas de élite como los Mamelucos, con bisoños jóvenes franceses recién incorporados a filas. Además, la familia Real se encontraba prisionera en Bayona, a donde habían sido atraídos mediante ardides y engaños. Circulaban rumores de que Murat, gran Duque de Berg y lugarteniente de Napoleón en España, quería llevarse también a Bayona al infante Don Francisco de Paula. El Infante era el símbolo de lo que quedaba de la dignidad y de la soberanía española. La Junta de gobierno que dirigía España en ausencia de Rey se mostraba indecisa, dicen que firmaban sus bandos en nombre del Rey, sin especificar si se trataba de Carlos IV o Fernando VII. La parálisis de la Junta se alimentaba con la falta de noticias. Lo único claro es que la sombra del cambio de dinastía oscurecía España. El pueblo rugía ofendido y los imperiales se reforzaban arrogantes. Mientras esto sucedía, los militares españoles tenían orden de no intervención, debiendo estar acuartelados y sin munición.

Conozcamos a los protagonistas de este elogio:

D. Luis Daoiz y Torres, de la 18 Promoción de Oficiales de esta Academia. Un sevillano distinguido, acreditado en combate, enorme prestigio en el Cuerpo, donde los artilleros por su talante sereno, edad y prudencia, lo llamaban El Abuelo. Ocupaba aquel día el puesto de Jefe del Parque de Artillería de Monteleón, su hoja de veintiún años de servicio, donde el valor figuraba desde hacía tiempo como acreditado, era riguroso reflejo de la historia militar de la España de la época: defensas de Ceuta y Orán, campaña del Rosellón contra la República francesa, defensa de Cádiz contra la escuadra del almirante Nelson y dos viajes a América en el navío San Ildefonso. Tenía aquel día 41 años.

D. Pedro Velarde y Santillán, de la 30 Promoción de Oficiales de Artillería, nacido en Muriedas (Cantabria), 28 años el día de los hechos. Se trataba de un oficial inquieto, ambicioso, inteligente, con seria formación científica y prestigio entre sus compañeros, que había desempeñado trabajos técnicos de relevancia, estudios sobre artillería y comisiones diplomáticas importantes. Durante un tiempo, fue profesor de esta Academia y salvo una intervención en la Guerra con Portugal, carecía hasta la fecha de experiencia en combate relevante. Pero conocía bien a los franceses, ya que figuró en la comisión enviada cuando se produjo la entrada de los imperiales en España y el puesto que desempeñaba aquellos días como Secretario de la Junta Superior del Arma, le permitía observar desde una posición privilegiada las intenciones verdaderas de los franceses.

Por eso participaron en un plan, llamado la Confabulación de los artilleros, que pretendía ser la chispa que prendiese una vasta insurrección nacional. Se estaban fabricando secretamente cartuchos de fusil, balas y metralla, rehabilitando piezas de artillería... También convinieron puntos de concentración para tropas y futuras milicias, depósitos de pertrechos, lugares donde interceptar los correos franceses y donde cortar las comunicaciones. Pero llevar todo eso a la práctica exigía recursos superiores y además, hacerlo a espaldas de su cadena de mando era una situación que les

incomodaba, ya que se debían a la lealtad. La lealtad que siempre debe ser bidireccional, sólo fue en una sola dirección, del subordinado al superior en este caso.

Velarde dio cuenta de todo el plan al entonces Ministro de la Guerra. Este, aunque inicialmente tuvo frases de aprobación, tomó todas las medidas oportunas para desbaratarlo.

Cuando rebosante de alegría, informó de lo sucedido a DAOIZ, éste palideció, le miró serenamente y le dijo: "TODO ESTÁ PERDIDO, PERO TU Y YO, SACRIFICAREMOS LA VIDA POR LA PATRIA",

De repente todo se precipitó, aquella mañana de 2 de mayo de 1808. La muchedumbre se agolpaba en la Plaza de Oriente, lo que era un rumor se tornaba en verdad: Se llevaban al infante. El pueblo español quedó herido en su orgullo, y la turba se descontroló. El ejército napoleónico actuó sin contención y emplearon incluso sus piezas de artillería masacrando a la multitud.

Ante aquella tremenda situación, nuestros héroes tuvieron que poner en orden los valores adquiridos: Amor a la Patria, Compañerismo, Disciplina, Ejemplaridad, Espíritu de sacrificio, Espíritu de servicio, Excelencia profesional, Honor, Lealtad, Sentido del deber, Valor... Todos ellos pasaban por la cabeza de nuestros héroes y la solución a la que llegaron ante aquel dilema moral... los llevó a la gloria eterna.

Lección del dos de mayo pronunciada en la Plaza de la Reina Victoria Eugenia junto al Monumento levantado en honor de Los Héroes del 2 de mayo frente al Alcázar de Segovia, por el Capitán del Arma Don Andrés Moreno Guerra

El Capitán Velarde lo hizo al llegar a su puesto de trabajo como Capitán de Estado Mayor en la Junta Facultativa del Arma... el panorama desolador que pudo observar le hizo reaccionar de forma impetuosa, consiguió reunir a una Fuerza de Voluntarios del Estado, de 33 fusileros al mando del Capitán Goicochea y con el Teniente Jacinto Ruiz entre sus filas...quienes, junto a una veintena de alborozados paisanos, se dirigieron al Parque de Artillería de Monteleón.

En las cercanías al Parque, la muchedumbre pedía Armas para el pueblo, pues estaban siendo aniquilados. La resistencia que podían ofrecer era poca, ya que estaban mal pertrechados y mal

dirigidos. Mientras, hasta el momento, sus Fuerzas armadas permanecían impasibles.

Allí, su compañero y amigo el Capitán Daoiz, meditabundo, vio aparecer al Capitán Velarde decidido. Mientras escuchaba el tiroteo y los lamentos en el exterior fruto de la masacre que estaba perpetrándose por los franceses, extrajo la orden escrita de la casaca y leyó: No tomará en ningún momento iniciativa propia sin órdenes superiores por escrito, ni fraternizará con el pueblo, ni mostrará hostilidad ninguna contra las fuerzas francesas. Finalmente… los valores inherentes al militar vencieron al Servilismo y al Inmovilismo, que estaban disfrazados de falsa Lealtad y mal entendida Disciplina. Una vez terminada esa pugna interior… comenzó la Batalla: "¡Las Armas al Pueblo!"… ¡A batirnos! ¿Acaso, no son nuestros hermanos? dijo DAOIZ.

Apresaron a la incrédula Guardia francesa que estaba guarnecida en el Parque de artillería, desplegaron al personal y a varias piezas de artillería preparándose para recibir las acometidas de las tropas francesas: primero, contra una unidad de tiradores franceses, luego contra un batallón de Westfalia apoyado con artillería y finalmente contra todas las unidades francesas disponibles según ordenó Murat.

Nuestros héroes lideraron la resistencia a los franceses en el Parque de Monteleón, mandaron a sus tropas, dirigieron a sus paisanos que, hermanados junto a su Ejército, entregaron la vida por la Patria. El Teniente Arango, el cabo Eusebio Alonso, el artillero Portales, el almacenista Cosme de Mora, Clara del Rey, Benita Pastrana… el joven segoviano Francisco Huertas de Vallejo y el niño de once años Pepillo Amador son algunos de los combatientes de aquel día…

Finalmente, la predicción de Daoiz se cumplió: Velarde cayó muerto de un balazo y Daoiz fue rodeado y acribillado a bayonetazos.

Pero el final se convirtió en principio, y lo que para ellos fue el final de sus vidas, para España fue el estopín que inició la cadena de Fuego y explosionó con la victoria final del pueblo español en la Guerra de la Independencia en el año 1814, donde nuestros antepasados demostraron lo que hoy todavía somos, un pueblo orgulloso y valeroso, capaz de levantarse ante las mayores dificultades, demostrando gran resiliencia. Tras seis largos y duros años de guerra a lo largo de toda la Península Ibérica, con batallas con resultados diversos, en algunas de las cuales la labor de la Artillería resulto decisiva, como en Bailén o Alcañiz, y tras las victorias en Los Arapiles (Salamanca) y Vitoria, los invasores fueron finalmente expulsados.

Debido a los valores que nos trasmitieron y por la lección de liderazgo que nos dejaron en herencia, además de por los actos heroicos que protagonizaron nuestros Capitanes Daoiz y Velarde, el Real Decreto del Consejo de Regencia de 7 de julio de 1812 sigue vigente hasta nuestros días.

Tras adquirir una sólida preparación moral, técnica y física, sumado a sus condiciones innatas y a su experiencia profesional. El destino los situó en una España en la encrucijada. Una España carente de liderazgo, debido a sus conflictos internos. La clase dirigente estaba en connivencia con el ejército francés que nos oprimía y humillaba como invasores y que NO nos trató como a un pueblo respetable y mucho menos como aliados o amigos.

Ellos supieron encontrar el camino que preservaba la dignidad y la soberanía

del pueblo español, planeando una posible salida primero, desbaratada por el Ministro de la Guerra. Y conduciendo a sus tropas y al pueblo en el Levantamiento después. En el mayor acto de generosidad que España nos pueda reclamar, entregaron su vida por España. El cariño de sus familias y amigos, su posición privilegiada como Oficiales de Artillería de la época, sus brillantes carreras y su prometedor futuro... TODO, no se dejaron nada... TODO se lo dieron a España.

En 1814 el General Loygorri afirmó lo siguiente: Cuando una educación noble e ilustrada despeja el entendimiento y fortalece el corazón, aunque no alcance a transformar en héroes a todos los jóvenes que la reciben, tiene una gran probabilidad de predisponer a muchos y de conseguir algunos.

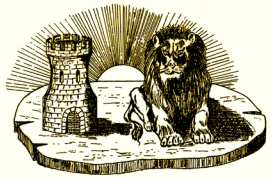
200 años después, esa afirmación sigue siendo totalmente vigente y actual, aunque la situación ha cambiado, y Francia es uno de nuestros socios defendiendo dentro y fuera de nuestras fronteras los valores occidentales que nos unen, los actuales retos en cuanto a Defensa y Seguridad no son baladíes:

Dama y Caballeros Alféreces Cadetes, Sargentos Alumnos, Damas y Caballeros Alumnos: honrad a nuestros héroes y ¡preparaos! España os necesita para liderar los equipos que os pongan a vuestra disposición para cumplir las misiones que se os encomienden.

Cimentad vuestra preparación en lo técnico y en lo científico, como Artilleros que sois. Nunca olvidéis que cuando los artilleros marchan Unidos, y cuando marchan Unidos a sus compañeros de otras armas, a sus compañeros de otros ejércitos, o a sus aliados y estando respaldados por la sociedad española a la que servimos y a la que debemos nuestra razón de ser... formamos una sinergia capaz de conseguir lo que nos propongamos.

Y tened siempre presente, que vuestros soldados son hombres y mujeres. Personas que están ávidos de ser mandados, que juraron dar su vida por España como vosotros, la mayoría con mucha experiencia y todos con ganas de hacerlo muy bien. Sed los líderes que ellos se merecen, sed los líderes que vuestros compatriotas civiles o militares se merecen. ¡Preparaos, y sed los líderes que necesita España!

El capitán D. Andrés Moreno Guerra pertenece al Arma de Artillería, y actualmente está destinado en la Academia de Artillería



ACADEMIA DE ARTILLERIA

Promociones del Cuerpo de Artillería

AÑO 1873

En 4 de octubre
Ricardo Génova e Iturbe
José Belmonte Guinerá
Federico Sardiña y Flores
Estanislao Guin y Martí
Manuel de Miguel y Basols
Miguel Goded y Guevara
Máximo Pascual de Quinto
Navor Rodríguez de la Flor y
Rodríguez Villamil
José García y Garelly
Enrique Sánchez Bernal
José Nalino y Javaloyes
Ángel Barrero y Trillo
Isidoro Guerrero y Miguel
Gerardo Bonifa y Ruiz Zorilla
Luis Ibarra y Cortazar
Julián Wais y Facorro
Octavio Molló e Izquierdo
Julio Fernández y Fernández
Gustavo del Corral y Philippi
Federico Gassis y Minondo
Teodoro Ugarte y Guerrero
José de Pablo Blanco y Baular
Gabriel de Mazarredo y Tamarit
Antonio Loriga y Herrera Dávila
Manuel Martí y Díaz de Jauregui
José de Llano y Grillot
Eduardo Maldonado y Peña
Fernando Valcón y Villasís

En 3 de diciembre
Francisco Moya y Jiménez
Ramón Gávila y Gávila
José Romani y Cardona
Cristóbal Reyna y Massa

AÑO 1874

En 26 de mayo
Priano Cebrián y Yusti
Luis Santiago y Aguirrebengoa
Manuel Moncada y Soler
José Brull y Seoane
Manuel Morán y Morán
Manuel Gener y Sánchez
Gabriel Olivar y Febrer
Joaquín Castelló y Carrasco
Juan Dusmet y Azpiroz
Ricardo Quesada y Salvador
Juan Becerril y Blanco
Alejandro Martín Arrue
Rafael Javal y Magallón
Agustín Lucio y Huerta
Luis Fernández Zoro y Moxó
Joaquín Asiain y Ventura
Federico Llorel y Morata
José Donal y Mora
Leopoldo Jofre y Montojo
Antonio Morales Prieto
Manuel Velasco y Belmonte
Rafael Diez de Rivera y Muro
Lorenzo Aquerreta y Ochoa
Román Auchoriz y Zamora
Alejandro Zarraga y Parreño
Rafael Pirla y Sasot
Ricardo Pozo y de la Cueva
Eduardo Alfonso Casanova
Ramón Montesde y Mangas
Francisco Fernández Puente y
Mugaslegui
Manuel Ibarra y Ganero Cívico
Fernando Norragaray y Urreiola
Joaquín Yusausti y Salló

En 14 de julio
Ricardo Loño y Gómez
Roque Reig y Escalante
Enrique Ochoa y Galiano
José González Estefani y
Campurano
Gerardo Díaz Laspra y González

En 1 de octubre
Ramón de Rotaeche y
Menchacatorre
Luis Alvarado y González
Manuel Sánchez Pardal
Manuel de la Tapia Ruano y
Cisneros
Juan Durán y Lóriga
León Urzáiz y Cuesta
Ricardo Pinazo y Aillón
Rodrigo Vara y Ariona
Miguel Grech y Gulo
Antonio Goicoerrotea y Montoro
Emilio Moreno y Castro
Joaquín Giner y Pareja
Ricardo Rich y Morell
Enrique Puig y Romaguera
José Pila y Caramés
Mariano Dusmet y Azpiroz
Federico Valera y Galvez
Juan Mateos de las Cagigas
Jesús Egaña y Oquendo
José Rora de Zogores y Aguirre
Sobarte

En 25 de octubre
Manuel Pardo y Solano

En 29 de diciembre
Francisco Cerón y Cuervo
Pedro Gassis y Minondo
Arturo Suárez de Negrón y
Valdés
Isidoro González Carpintier y
Montero de Espinosa
Enríquez Abellá y Pérez
Ramón Santiago y Laguna
Federico Puig y Romaguera
Ricardo garrido y Badino

AÑO 1875

En 26 de mayo
Ignacio Gómez Cánovas
José Francés y Roselló
Antonio Valcarce y Quiñones
Urbano Buitrago y Gallego
Servando D'ozonville y Cruz
Álvarez
Augusto Esteban Larzabal
Antonio Menacho y Peirón
Emilio Campuzano y Abad
Joaquín Sangrán y Domínguez
José de Souza y del Real
Tomás de Ona y Zapata
Isaac de Merlo y Abad
José Bellón de Arcos
José Brandaris y Rato
Fernando Sola y García
José Galera y López Argueta
Luis Salamanca y Márquez
José Tobar y Macmahon
José Prat y Bucelli
Francisco Lugo y García
Ramón Valdés y Amavera
Francisco Llinas y Breva
José Ruano y Quero

En 19 de septiembre
Manuel Valera de la Riva
Manuel Álvarez Santullano y
Fonsdeviela
Eduardo García Camba
José Quiroga y Losada
Juan Ugarte y Guerrero

En 13 de noviembre
Julio Moya y Berdos
Arturo Camilleri y Villaroya
Luis Hernández y Barbero
Fernando Ceballos y Solís

En 24 de diciembre
Glodoaldo Piñal y Rodríguez

Lámina 16

Decía el MEMORIAL hace 100 años

◊ **ENERO 1917: EL GENERAL ARANAZ NOMBRADO ACADÉMICO DE CIENCIAS**

El General de Artillería D. Ricardo Aranaz Izaguirre es nombrado Académico de Ciencias. El nuevo académico siempre se ha dedicado a estudios técnicos relacionados con la profesión artillera, y en particular a la rama de la química, en la que ha logrado adquirir profundos conocimientos que le permitieron dar gran impulso en España a la fabricación de pólvoras y explosivos, organizando la Fábrica Nacional de Granada, que puede competir con las más acreditadas del extranjero. Posteriormente, y apreciando la necesidad de que el material de Artillería dispusiera de una granada rompedora, ideó un proyectil de esta clase, declarado reglamentario para el cañón de campaña. Además proyectó un nuevo modelo de granada rompedora para el servicio aeronáutico.

◊ **ENERO 1917: EL MUNICIONAMIENTO EN LA GRAN GUERRA EUROPEA.**

La gran lección de la guerra europea son las municiones, cuyo suministro, exige una organización, hasta el último detalle de todos los recursos de la nación hombres y material.

En la ofensiva de los aliados, en septiembre de 1915, el ataque duró ocho horas y en él, la artillería francesa disparó un millón de proyectiles.

Para producir un disparo de artillería se precisa el trabajo de cinco hombres/hora. Por tanto esa ofensiva supuso cinco millones de horas. Haciendo una equivalencia entre trabajadores y combatientes, para municionar las ocho horas que duró el combate, serían necesarios tantos obreros como combatientes: seiscientos mil.

Retrato del general Aranaz

Decía el MEMORIAL hace 100 años

◊ **FEBRERO 1917: UTILIZACIÓN DE LAS ABEJAS EN LA GUERRA.**

La *Nature* publica una curiosa operación en la que los alemanes han hecho intervenir a las abejas, como elemento de combate. Este combate tuvo lugar en el África alemana a poco de comenzar la guerra de 1914: Cuando los ingleses se dirigían desde el África Oriental hacia el puerto alemán de Tanga, inicio de la línea férrea que recorre el Kilimanjaro.

El territorio es muy accidentado y cubierto de un tupido bosque, con unos estrechos senderos. A través de éstos, y ocultos en la arena o por el ramaje, los alemanes habían colocado cuerdas y alambres conectados con pequeñas trampas, que se abrían al pisar dichas cuerdas, ocultas o simuladas. En árboles adyacentes habían colocado odres que contenían enjambres de abejas, en los cuales se había introducido humo para irritarlas.

Las abejas furiosas fueron liberadas al pisar los soldados las cuerdas. Materialmente cegados, los soldados huyeron despavoridos, por el dolor de los aguijones, por lo que se desarticuló el ataque inglés sobre Tonga.

◊ **MARZO 1917: EMPLEO DE LOS SUBMARINOS EN LA DEFENSA DE COSTAS.**

La Defensa de Costas se logra con las fortificaciones terrestres, en el litoral, y con la Escuadra. Las fortificaciones son insuficientes, al ser imposible cubrir con cañones todas ellas. La

Napoleon Bonaparte

Escuadra precisa disponer de bases navales y puertos fortificados, donde pertrecharse de víveres, carburante y municiones, así como reparaciones. O en caso de necesidad refugiarse ante el fuego de las fuerzas navales enemigas. Esos puertos y bases navales deben contar con potentes defensas artilleras.
El armamento de los buques y su movilidad les confiere una ventaja de poder elegir posiciones de tiro, que estén fuera del alcance del artillado fijo de terrestre.
Las defensas móviles marítimas las constituyen determinados buques de guerra cuya misión es impedir la aproximación de la Flota enemiga, oponerse a los desembarcos y en todo caso dificultar la navegación enemiga en las proximidades del litoral.
En los servicios encomendados a la defensa móvil, puede tener considerable participación el submarino. Su empleo puede considerarse como "ataque guerrillero" a la Flota enemiga. Durante la guerra europea, en menos de un año, los submarinos alemanes han conseguido hundir veintitrés buques y averiado otros tantos.

◊ **ABRIL 1917: LOS OJOS DE LA FLOTA**
La revista francesa *L´Ilustrattion* publica bajo el título *"Les yeux de la flotte"* un artículo en el que considera la importancia de los servicios de los aviones y dirigibles como vigías de la flota y como exploradores de la misma en el mar, además de su utilidad de descubrir la presencia de los submarinos aunque estén sumergidos, cuando las aguas estén tranquilas.

Globo dirigible

Según los razonamientos expuestos parece que es más apropiado el uso de dirigibles para la exploración marítima que los aviones, ya que pueden llevar aparatos de telegrafía sin hilos y por tanto transmitir en tiempo real la información sobre los movimientos del enemigo.

◊ **MAYO 1917: POR LA ARTILLERÍA**

Cita de Napoleón: "De no haber sido oficial de Artillería, jamás habría atravesado los Alpes con el ejército de reserva que triunfó en Marengo; seguramente, hubiera creído que era imposible realizar con la artillería lo que yo he conseguido".

La batalla decisiva: En esta batalla siempre inminente, y de la que se puede depender para un pueblo su supremacía o su decadencia, su apogeo o su inmediata ruina; en ese momento supremo, en el que la victoria se decide por factores morales y materiales, la formidable voz del cañón dominará a todos los demás. **La victoria, por cara que cueste, es siempre preferible y resulta más barata que la derrota.**

Importancia de la Artillería: Si la paz reina, la veremos seguramente afianzada mediante la actividad desplegada en nuestros arsenales. Gracias a la artillería, cualquier conflicto puede ser sofocado. Por el contrario, si la artillería es desatendida, la más pequeña insurrección, por insignificante que parezca, dará bien pronto cuenta de la nación que haya cometido semejante delito.

Con respecto a la Enseñanza militar : "¿De qué sirve adquirir, a costa de un penoso y dispendioso noviciado, abundante caudal de conocimientos si los oficiales a quienes se impone tales sacrificios se encuentra en situación desfavorable respecto a otros, debido a una serie de trabas para impedir que accedan a los más altos empleos militares.

Decía el MEMORIAL hace 100 años

Impresión Bajo Demanda

Procedimiento

El procedimiento para solicitar una obra en impresión bajo demanda será el siguiente:
Enviar un correo electrónico a **publicaciones.venta@oc.mde.es** especificando los siguientes datos:

Nombre y apellidos
NIF
Teléfono de contacto

Dirección postal donde desea recibir los ejemplares impresos

Dirección de facturación
(si diferente a la dirección de envío)

Título y autor de la obra que desea en impresión bajo demanda

Número de ejemplares que desea

Recibirá en su correo electrónico un presupuesto detallado del pedido solicitado, así como, instrucciones para realizar el pago del mismo.

Si acepta el presupuesto, deberá realizar el abono y enviar por correo electrónico a: **publicaciones.venta@oc.mde.es** el justificante de pago.

En breve plazo recibirá en la dirección especificada el pedido, así como la factura definitiva.

Centro de Publicaciones

Solicitud de impresión bajo demanda de Publicaciones

Título:

ISBN (si se conoce):

N.º de ejemplares:

Apellidos y nombre:

N.I.F.:

Teléfono

Dirección

Población:

Código Postal:

Provincia:

E-mail:

Dirección de envio:
(sólo si es distinta a la anterior)

Apellidos y nombre:

N.I.F.:

Dirección

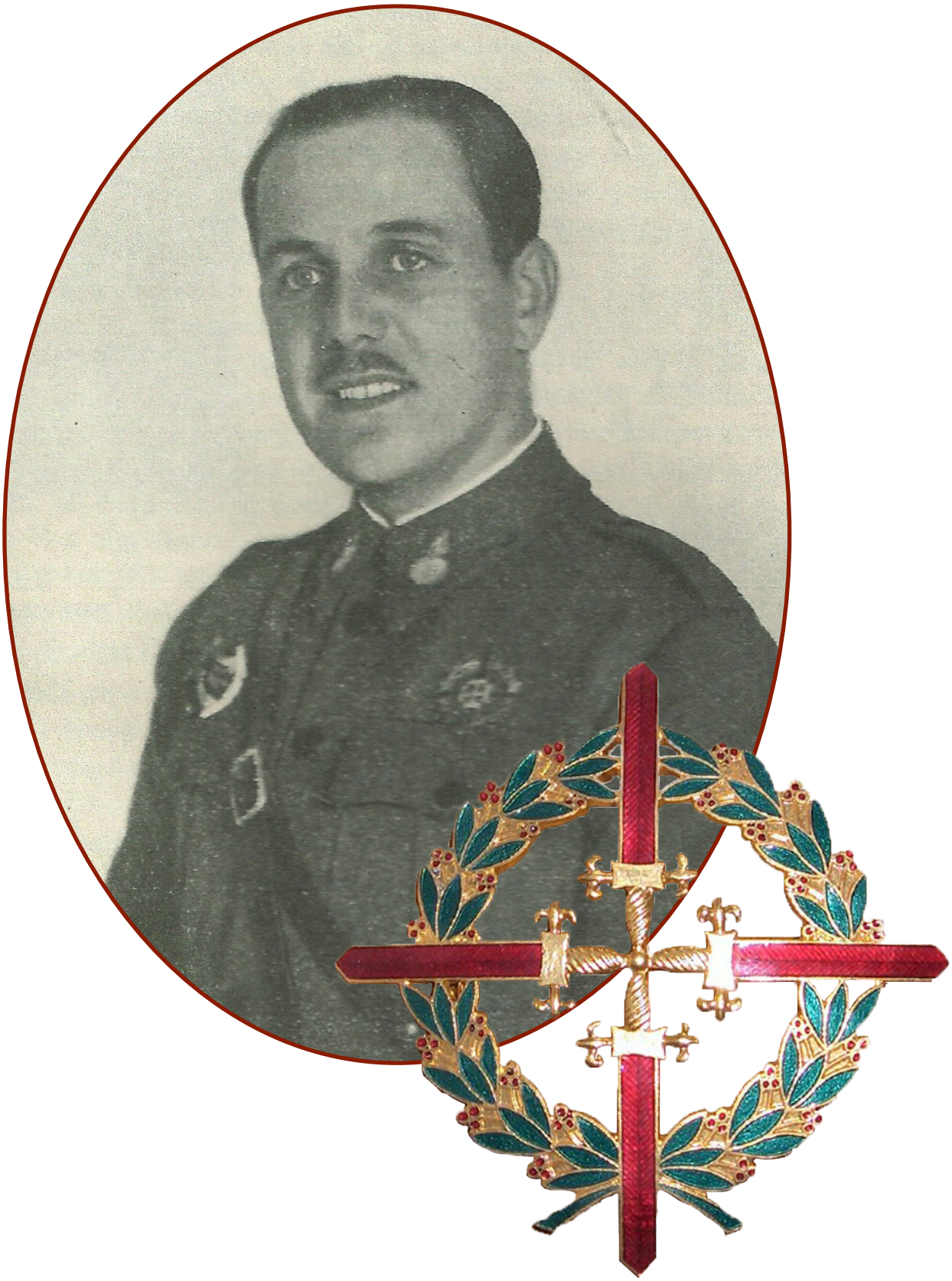
Población:

Código Postal:

Provincia:

MINISTERIO DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES Y PATRIMONIO CULTURAL

Publicaciones de Defensa
Camino de los Ingenieros, 6 • 28047 Madrid
Teléfono: 91 364 74 27 (Pedidos)
publicaciones.venta@oc.mde.es



Teniente de artillería don Ignacio Moyano Ariztegui

por D. Carlos Ramos Mateos,
teniente coronel de artillería

Nació en Madrid el día 13 de mayo de 1902, siendo sus padres don Tomás Moyano Rodriguez de Toro y doña María Teresa Ariztegui Echaniz .

Procedente de la clase de paisano y en virtud de Real Orden de 11 de julio de 1918 (D.O. nº 156) es nombrado alumno de la Academia de Artillería como perteneciente a la 210 Promoción. Presta juramento de fidelidad a la bandera el 1 de diciembre de 1918. En julio de 1921 es promovido al empleo de alférez alumno de artillería. Permanece en el Centro hasta que en diciembre de 1922 termina sus estudios y por Real Orden 11 de diciembre (D.O. nº 278) recibe el empleo de teniente de artillería.

Su primer destino es el Regimiento de Artillería a caballo en Carabanchel al que se incorpora el primero de enero de 1923. El día 8 del mes sale en dirección a Melilla formando parte del Grupo Expedicionario a cuya unidad se une en Dar-Drius siendo destinado a la 2ª Batería.

A lo largo del año realiza ejercicios de tiro de tres disparos por pieza con distintos ángulos en dirección a Ain-Kert, con el fin de probar su funcionamiento de frenos y recuperadores arreglados en la Maestranza de

Artillería de Melilla también efectúa marchas tácticas con su batería a Azib de Midar y Dar Mizzian. Rompe el fuego el fuego su batería con varias descargas y fuego rápido sobre el enemigo en Tafersit y Bufarail. El 30 de noviembre del año en curso se le conceda la medalla militar de Marruecos con el pasador "Melilla".

El 14 de febrero de 1924 marcha agregado al 1er Regimiento de Artillería Ligera en Carabanchel (Madrid) para ejercicios de la Brigada de Artillería. Pide y obtiene autorización para participar en concursos hípicos, ya que es un consumado jinete. En agosto de este año es destinado al Regimiento de Plaza y posición de Melilla incorporándose a la posición de Tizzi Norte. Durante los días 5, 20, 21, 26, 29 y 31 de octubre hizo fuego de cañón contra numerosos grupos de enemigos que hostigaban la posición. Posteriormente se le concede la Cruz de 1ª clase de la Orden Militar de Maria Cristina por los méritos contraídos y servicios prestados en operaciones activas de campaña en dicho año de 1924.

LA ACCIÓN ISLA DE ALHUCEMAS 20 de agosto de 1925

El ataque a la zona francesa del protectorado por parte de Abd–el–Krim en abril de 1925 abre las puertas a un entendimiento franco-español para hacer frente común contra los rifeños. En junio de 1925, tiene lugar la Conferencia de Madrid en la que se acuerda efectuar un desembarco en la bahía de Algeciras.

El ataque a la zona francesa del protectorado por parte de Abd–el–Krim en abril de 1925 abre las puertas a un entendimiento franco-español para hacer frente común contra los rifeños. En junio de 1925, tiene lugar la Conferencia de Madrid en la que se acuerda efectuar un desembarco en la bahía de Algeciras.

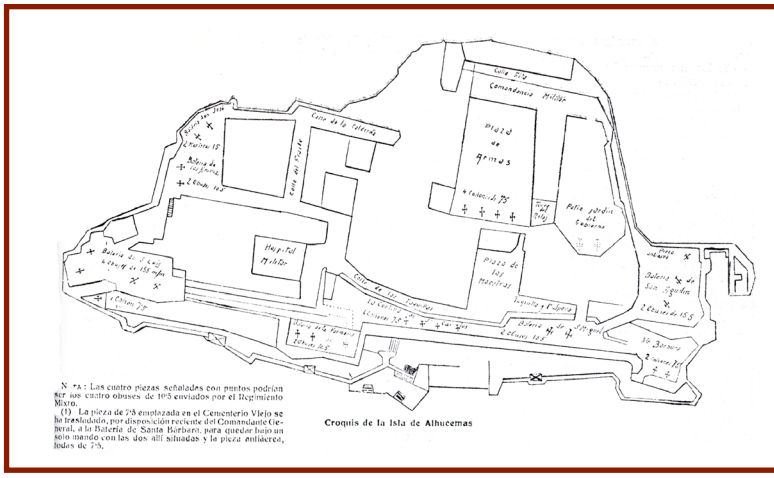
Los harqueños enemigos observan los preparativos que se realizan en la isla de Alhucemas. Todos los cañones de los rifeños apuntan hacia la isla y la cañonean con intensidad. El fuego que los cañones enemigos hacen sobre la isla, alarma un poco a los mandos militares de Melilla. El general Sanjurjo embarca en el acorazado "Alfonso XIII" y ordena que se acerque a la costa y que los cañones de grueso calibre rompan fuego para castigar la hostilidad enemiga.

En la isla el capitán Planell Riera cuenta con las siguientes baterías: San Luis, San Andrés, San Carlos, San Miguel y San Agustín, Santa Bárbara, Plaza de Armas y una de morteros de 15 mm.

Las baterías de San Miguel y San Agustín está mandada por el teniente don Ignacio Moyano Ariztegui. Están artilladas con cuatro obuses de 15,5 cm y una pieza de 7,5 montada para tiro contra aeroplanos, desenfilada de todos los asentamientos enemigos menos el de La Loma y Cañoneras, que baten las dos primeras piezas. Su campo de tiro va desde El Espalmadero a las proximidades de Quilates, dentro de su alcance máximo de 12 kilómetros.

Todos los asentamientos de la isla son perfectamente conocidos por el enemigo, lo que le permite preparar el tiro con mucha antelación. El capitán Planell da órdenes desde su puesto de mando a todas las baterías que inician el fuego inmediatamente. El teniente Moyano va de pieza en pieza y se mueve inquieto detrás del adarve. Cada vez que observa el efecto de un disparo grita a sus artilleros: ¡Bien, muchachos! ¡Que vuelvan a por otra!

El capitán Planell, al ver la buena puntería de la batería del teniente Moyano, le da nueva orden: "Moyano, a partir de este momento sus piezas harán fuego de contrabatería y desde ahora su misión será hacer callar a los asentamientos que sucesivamente se vayan descubriendo. ¡Le felicito por haber hecho enmudecer los cañones de Yebel Sel-lum!" Moyano dice: "Son los artilleros, mi capitán, mis artilleros, los que se han propuesto terminar con ellos".



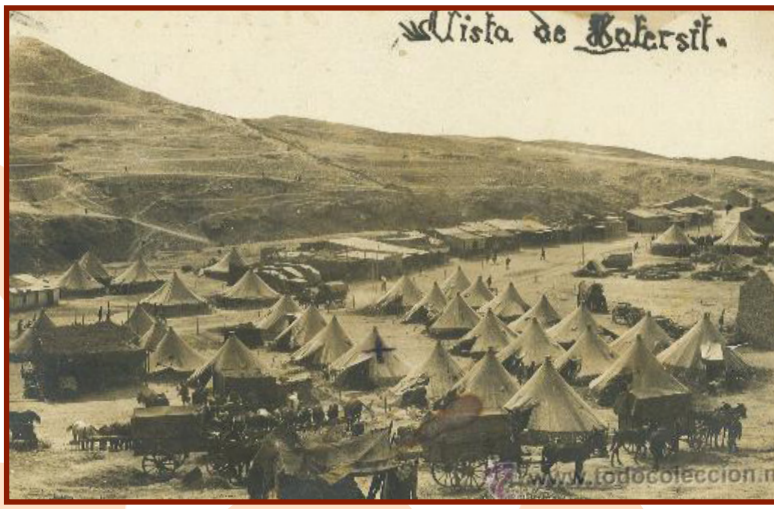


Imagen superior: croquis de la Isla de Alhucemas
Imagen central: mapa de la bahía de Alhucemas
Imagen inferior: vista del campamento de Tafersit, hacia 1923

Él los anima y comprueba los datos de tiro de cada pieza. Aquella tarde del 20 de agosto, bajo un sol abrasador, el teniente Moyano se revela no sólo como un extraordinario oficial de Artillería,

sino como un hombre valiente, que sabe transmitir a sus artilleros la fe de la victoria y el optimismo necesario para despreciar el peligro de los proyectiles enemigos. ¡Artilleros, fuego!

En poco más de dos horas la batería del teniente Moyano hizo trescientos disparos y casi ninguno de ellos se perdió.

Los cañones enemigos emplazados en Yebel Sellum y La Rocosa tratan de neutralizar las piezas del teniente Moyano que quedan ya reducidas a dos.

El capitán Planell, sigue de cerca el duelo artillero que hace retumbar a toda la bahía de Alhucemas. El teniente Moyano continua haciendo eficaz el tiro de sus dos piezas y más tarde en el parte que envía el capitán Planell dice de él:

A pesar de las condiciones desfavorables en que se debatió la plaza, el teniente Moyano acreditó un distinguido comportamiento en el desempeño de las funciones que le fueron encomendadas en todo el curso del combate, demostrando serenidad y elevado espíritu así como acierto, firmeza y competencia técnica, no obstante la sorpresa provocada por el inesperado ataque del enemigo.

Por O.C. de 7 de junio de 1934 (D.O. nº 129) se le concede la Cruz Laureada de la Orden Militar de San Fernando por su heroico comportamiento en el bombardeo de la isla de Alhucemas el día 20 de agosto de 1925, mandando las baterías contiguas de San Miguel y San Agustin.

El capitán Planell, al ver la buena puntería de la batería del teniente Moyano, le da nueva orden: "Moyano, a partir de este momento sus piezas harán fuego de contrabatería y desde ahora su misión será hacer callar a los asentamientos que sucesivamente se vayan descubriendo. ¡Le felicito por haber hecho enmudecer los cañones de Yebel Sel-lum"! Moyano dice: "Son los artilleros, mi capitán, mis artilleros, los que se han propuesto terminar con ellos".

El 22 de diciembre de 1925 se le destina al Regimiento de Artillería a caballo.

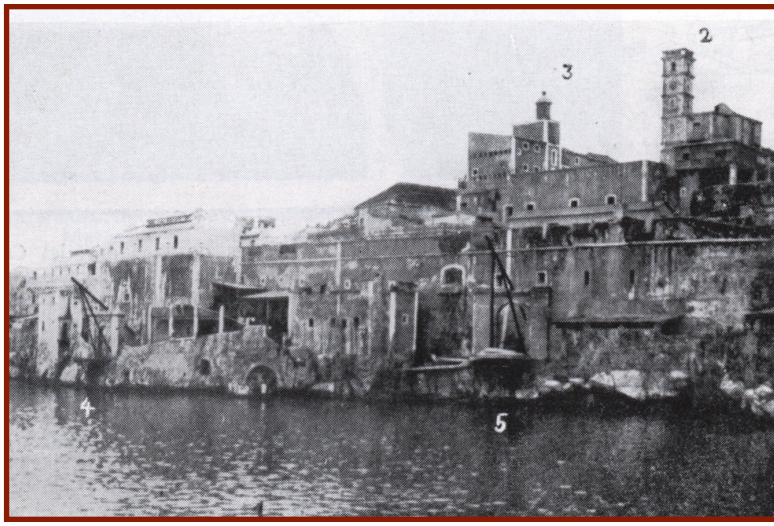
Por R.D. de 5 de septiembre de 1926 (D.O. 198) se produce la tercera disolución del Cuerpo de Artillería

que su primer artículo "Se suspende de empleo, fuero, atribuciones, uso de uniforme y sueldo a todos los Jefes y Oficiales de la Escala Activa del Arma de Artillería, con destino en la Península, Baleares y Canarias". Se exceptuaban los destinados en Marruecos por estar cumpliendo sus deberes de campaña. Pero por Real Decreto de 17 de noviembre de 1926 (D.O. nº 260) se concede el reingreso a todos los Jefes y Oficiales del Arma de Artillería que lo soliciten en el plazo de diez días a partir de su publicación en el Diario Oficial pasando el teniente Moyano destinado al 4º Regimiento de Artillería a pie.

En enero de 1927 su destino es la 2ª batería de Costa del Destacamento del Regimiento de Barcelona.

Al comienzo de la guerra civil se encuentra destinado en la Escuela de Tiro (Campamento de Carabanchel). La referida Escuela se adhiere al Movimiento Nacional en rebeldía contra el Gobierno de la República, ataca el aeródromo de Cuatro Vientos y defiende el recinto del establecimiento contra las milicias populares. El día 20 de julio es encarcelado en la Cárcel Modelo de Madrid donde permanece hasta el 15 de octubre de 1936. Juzgado por rebelión militar es condenado el 5 de septiembre a la pena de reclusión perpetua. Posteriormente es trasladado a la cárcel de San Antón hasta el 26 de mayo de 1937 en que logra evadirse y se refugia en la embajada de Francia en Madrid. El 20 de julio es detenido de nuevo y encarcelado en Valencia. El 6 de octubre se evade y pasa a la España Nacional siendo destinado al Cuerpo de Ejército del Sur Ebro, a la 108 División como oficial de Estado Mayor.

El 12 de noviembre de 1937 se le promueve al empleo de Comandante de Artillería pasando a mandar un Grupo



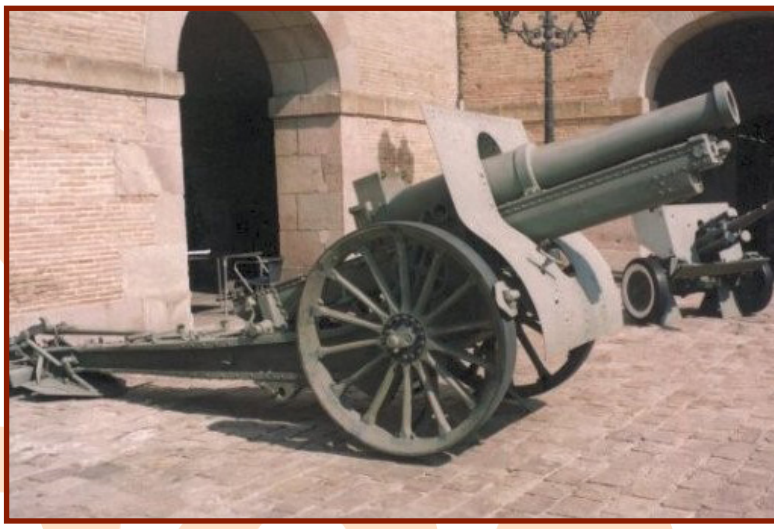


Imagen superior: foto de la isla de Alhucemas el día 20 de agosto de 1925
Imagen central: disparo de un cañon schneider 7,5
Imagen inferior: obus Schneider 15,5

de Artillería de 155 del Cuerpo de Ejército de Aragón, lucha en la zona de Huesca, después en Guadalajara y en diciembre en la zona de Teruel, en cuya batalla tomó parte así como en las acciones del Camillo, San Blas, Morenes, etc.

Al año siguiente, interviene con su Grupo de Artillería en la Zona de Portal Rubio a disposición del C. E. Marroquí, así mismo en la ocupación de Perales de Alfambra. En febrero interviene en las acciones que conducen a la liberación de Teruel. Al mes siguiente pasa a la Comandancia general de Artillería tomando parte en las operaciones sobre Belchite y Caspe. Más adelante pasa al Cuerpo de Ejército Galicia interviniendo en las acciones de Morella, Vinaroz y Castellón.

Por Orden Circular de 13 de julio (B.O. nº 17) se le habilita para el empleo de Teniente Coronel siendo destinado como jefe de la Agrupación de Artillería del C. E. del Maestrazgo participando en la batalla del Ebro y demás operaciones en el frente de Cataluña siendo citado en la orden de la Comandancia General de Artillería del Ejército del Norte por la diligencia puesta al servicio de la mayor eficacia de su Agrupación.

El 1 de abril de 1939 se trasladó a Ciudad Real y con fecha 3 de abril deja de prestar sus servicios en el repetido Cuerpo de Ejército, siendo destinado al Cuartel General de S. E. el Generalísimo. En agosto pasa al Estado Mayor del Ministerio del Ejército.

Durante los años siguientes desempeña una comisión en Francia para la reorganización de servicios de aquel país y forma parte de la comisión nombrada para el artillado del Campo de Gibraltar. En 1940 se le destina a la Escuela de Aplicación y Tiro de Artillería en vacante de primer profesor para la Sección de Campaña.

En mayo de 1943 asciende a Teniente Coronel de Artillería por antigüedad.

Entre los años 1943 a 1944 desempeña el cometido de agregado militar adjunto a la Embajada de España en diversos países europeos.

Por orden de 14 de marzo de 1952 (D.O. nº 66) se le declara apto para el ascenso y se le promueve al empleo de Coronel. En mayo se le destina para el mando del Regimiento de Artillería nº 71. Durante los años 1954 y 1955 realiza el Curso de Mandos Superiores que se desarrolla en la Escuela Superior del

Ejército. En julio es designado por la Superioridad, jefe de la Agrupación ARVA para realizar con la misma ejercicios de tiro A.A. en la zona de Valladolid. Por decreto de 28 de octubre de 1955 (D.O. nº 251) es ascendido al empleo de General de Brigada de Artillería.

El día 5 de noviembre de 1955 fallece en la plaza de Madrid. Por decreto 5 de noviembre (D.O. nº 253) y por estar en posesión de la Cruz Laureada de San Fernando y con arreglo a la ley de 26 de mayo de 1944 se le concede el empleo de General de División, con la antigüedad de esta fecha.

BIBLIOGRAFIA

- Historia de la artillería española de Jorge Vigón.
- Memoriales de Artillería.
- Archivo General Militar de Segovia. Hoja de servicios.
- Revista España en sus héroes.

El coronel D. Carlos Ramos Mateos, pertenece a la 259 promoción del Arma de Artillería y en la actualidad se encuentra en la situación de Retirado

Alhucemas

20 y 21 de Agosto de 1925

El día 20, el enemigo abrió el fuego intensa e inesperadamente contra la isla desde numerosos emplazamientos, con artillería, fusil y ametralladoras. El Capitán D. Joaquín Planell Riera que mandaba la artillería del Peñón, respondió inmediamente al fuego, hasta que por explosión de una granada rompedora, que destrozó su puesto de mando, fué herido de gravedad en la cabeza. Se resistió a ser curado, y solo por la fuerza le fué vendada la herida. Antes de tres minutos recorría ya las baterías dando órdenes y arengándoles: ¡Artilleros! ¡Viva España! fueron sus primeras palabras, y con su ejemplo y entusiasmo influyó en cuantos le veían con la cara ensangrentada, casi sin vista, apoyándose en las paredes al recorrer los lugares más batidos por el enemigo, sin permitir ser acompañado, salvo alguna vez sostenido por su asistente. Sufrió una segunda herida en un brazo, a la vez que caían muertos o heridos muchos de sus subordinados, y se opuso repetidamente a ser hospitalizado, continuando el día 21 ejerciendo el mando con igual espíritu y eficacia, no obstante la progresiva agravación de las heridas. Fué casi preciso emplear la fuerza para que se hospitalizase, cumpliendo orden superior pedida por los Médicos; pero siguió asesorando al mando hasta ser evacuado. La duración e intensidad del extraordinario esfuerzo que realizó aumentaron extremadamente la primitiva gravedad de la herida de la cabeza.

El Teniente D. Ignacio Moyano Eriztegui, se comportó también heroicamente al mando de una de las baterías que sufrió más de un tercio de bajas en el personal, conservando en todo momento con su ejemplo la disciplina y eficacia del fuego y apagando el de varios emplazamientos enemigos.

Ambos Oficiales fueron recompensados con la Cruz Laureada de San Fernando.

FUNDACIÓN
BIBLIOTECA DE CIENCIA Y ARTILLERÍA

B e C a

de Investigación

1ª *Convocatoria*

2016

Fundación Biblioteca de Ciencia y Artillería.

La Fundación Biblioteca de Ciencia y Artillería es una entidad privada de interés general; sus fines fundamentales son la catalogación, conservación, digitalización y difusión de los fondos pertenecientes a la Biblioteca de la Academia de Artillería. Son sus patronos:

ACADEMIA DE ARTILLERÍA · PATRONATO ALCÁZAR · AYUNTAMIENTO SEGOVIA · DIPUTACIÓN SEGOVIA · EXPAL SYSTEMS · ACADEMIA SAN QUIRCE

COLABORA:

Bankia

Fundación Biblioteca de Ciencia y Artillería.
C/ San Francisco, 25. 40001 Segovia.
Teléfono: 921 413 824.
fundacionbca@gmail.com
biblioacart@et.mde.es
@fundacionbca

Consultar BASES: www.fundacionbca.com

Abstract

Thoughts

The Brigadier General Chief of Air Defence Command (MAAA) analyses the present and future of Air Defence Artillery.

Training and use

Field Artillery use in AFGHANISTAN

This article intends to analyze the use of Field Artillery ("ARTILLERY" from now on) in the ISAF operation (Afghanistan), as for the materiel and deployments used. Thus, we have tried to avoid addressing some other important aspects for Fire Support like Command and Control (C2), Targeting (TGT), or Target Acquisition (TA). Although our Artillery did not take part in this operation, other countries like the USA, the UK, GE, FRA, CAN did, so we can have some lessons learned from their experience.

Accurate target location

In this article we analyze Field Artillery problems to work in an urban battlefield and the need of accurate fire missions. Accuracy must be achieved in the whole process, including the target acquisition. We also present a general view of the available weapon systems, and NATO working group "SG-201" suggestions to improve the effectiveness of the fire missions which use grid coordinates seeker ammunitions with GPS guidance.

ERESMA PROJECT

Military operations are presently being carried out in very complex scenarios, large and discontinuous battlefields, where it may be necessary to consider the use of fire supports at very low levels. Units must work with a countless number of varied targets. These environments make it very difficult for those in charge of fire support management to carry out their tasks, as it has been proven they are not enough to meet units' requirements. Particularly, Forward Observers, as the ones in charge of transmitting fire support requirements for combat units, are overwhelmed and incapable of assuming the number of Calls for Fire made by their supported units, in scenarios like the ones mentioned before. Even in classic operations with continuous and reduced fronts, it is absolutely impossible to provide all the specific observation elements required to complete the fire support system.

AUTOMATIC DEPENDENT SURVEILLANCE SYSTEM (ADS)

As air traffic is increasing over the years, it has become increasingly evident that we need to have an air control system, capable of giving a wider coverage and a more dynamical control between ground and aircraft.

The use of conventional radars in aviation implies quite significant limitations regarding range and resolution. Besides, current security procedures require high location accuracy and high information refresh. If we add adverse weather conditions, low coverage in low altitudes, and the high cost of equipment maintenance to this equation, the disadvantages of a system, which has undergone hardly any changes since the 50,s, are demonstrated.

WEAR AND EROSION IN BARRELS.

Currently, there is great controversy among artillery people concerning this issue. To tell the truth, these concepts haven't been updated for many years, nothing new has been added in our national publications, and nobody has even corroborated the old concepts that we have always taken for granted.

Anyway, to be able to have a strong opinion about wear and erosion in barrels, we should base it on the latest experiences developed in the countries around us, in this way, we'll come to surprising conclusions.

TALOS II: THE NECESSARY EVOLUTION

In this article we include the analysis results reached by the Talos Working Group in relation to the needs for the evolution of this system. The article has been divided into two parts. In this second one, we see to all those things related to the evolution of the tactical subsystem to try to reach maximum interoperability. We also analyze some general aspects, such as simulation or information security levels.

HISTORY OF EXTERNAL BALLISTICS

Ballistics is one of the branches of Mechanics and deals with the movement of bodies, which are only under the effect of Earth's gravitational field, once they have been launched. Its name comes from the Greek verb *βάλλως* (Ballos) - *βάλλην* (Ballein), which means to launch, to throw. The word root has been kept in almost all modern languages. The first time this word was used with its present meaning was in the title of a treaty written by a friar of the Minimos Order, Marín Mersenne (1588-1684). This book was published only six years after Galileo's Discursi..., - which we will further mention below - where the basics are established for a mathematical study, scientifically accurate from a modern point of view, of the movements of falling bodies through a medium with negligible resistance. This represents the real starting point of this branch of science, in fact, of all physical and mathematical sciences as we know them today.

Abstract

MEMORIAL DE ARTILLERÍA
Normas de colaboración

1. Colaboradores

- Pueden colaborar en el Memorial de Artillería todas aquellas persona que presenten trabajos de interés e inéditos para la Artillería, y cuyos contenidos estén relacionados con Táctica, Técnica, Orgánica, Historia o en general, cualquier tipo de novedad que pueda ser de utilidad para el Arma.
- Las Unidades de Artillería pueden enviar como "Noticias del Arma", los hechos más relevantes de la Unidad con un máximo de 1/2 página por evento, foto incluida.

2. Forma de presentación de las colaboraciones

- Los artículos no pueden contener datos considerados como clasificados.
- El título del trabajo no será superior a 12 palabras.
- La extensión máxima del artículo no podrá superar las 4.000 palabras.
- Su formato será DIN A-4 en WORD, letra Arial, tamaño 12, con 3 cm en los cuatro márgenes.
- Todos los artículos que se remitan para su publicación en el Memorial de Artillería, deberán estar sujetos a la Ley de propiedad intelectual según se determina en el Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, comprometiéndose los autores al cumplimiento de la misma. A este fin, los artículos deberán incluir al igual que las imágenes, las fuentes consultadas.
- Asimismo, los artículos deben respetar la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.
- Los procedimientos reglamentarios, de todos conocidos, no deben formar parte del contenido de los artículos, aunque lógicamente sí se puede hacer alusión a los mismos como referencias.
- Los artículos deberán evitar el protagonismo gratuito de una determinada Unidad, de forma que pudiera llegar a interpretarse como propagandístico de la misma
- Las ilustraciones se remitirán en archivo independiente con una calidad de, al menos, 300 ppp y cualquier formato digital. Se indicará de forma clara y expresa su situación en el texto y el tamaño final propuesto, también se acompañará obligatoriamente del correspondiente pie de ilustración y la fuente de procedencia.
- Los artículos deberán incluir la bibliografía consultada y cuando sea preciso un glosario de términos.
- Los artículos podrán ser sometidos a correcciones gramaticales de texto y estilo, sin que afecten al contenido de los mismos.
- Al final de cada artículo se incluirá una síntesis con el rótulo "RESUMEN". Formato igual al resto del artículo y con una extensión no superior a ocho líneas aproximadamente.
- Los autores, además del artículo deberán remitir una brevísima reseña biográfica que incluya:

* Nombre y Apellidos.
* Empleo (sólo militares).
* Destino o Trabajo actual y cargo (sólo civiles).
* Diplomas o títulos que tengan alguna relación con el tema del artículo.
* Dirección, teléfono, e-mail, lotus de contacto.

3. Forma de remisión de los artículos

- Los artículos, fotografías e imágenes, serán remitidos a la siguiente dirección:

E-mail:
memorial-artilleria@et.mde.es

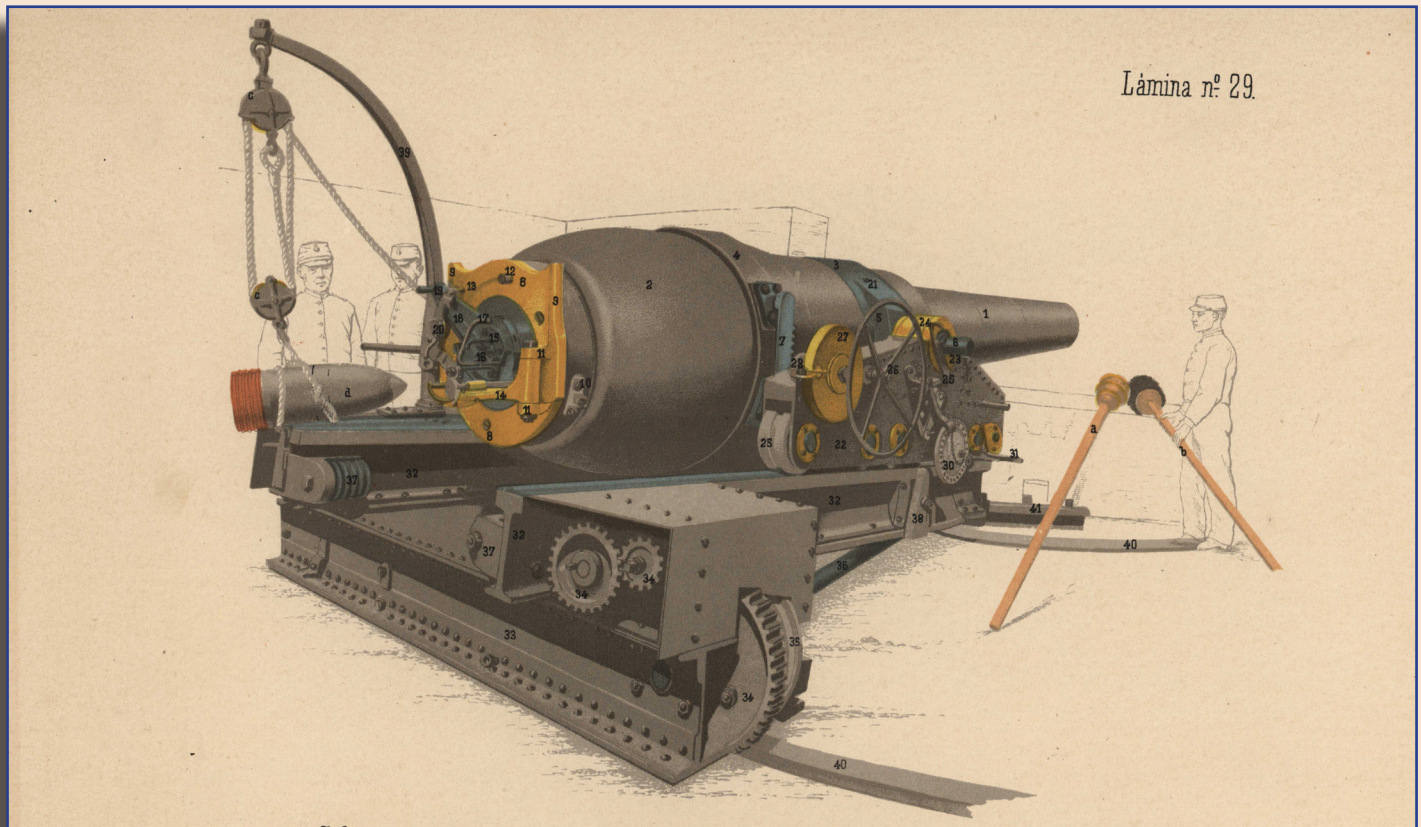
Lotus Notes:
Memorial de Artillería

Correo ordinario:
Secretaría del Arma
Academia de Artillería
C/ San Francisco, 25
40001, Segovia.

- La recepción de los artículos deberá tener entrada en la Secretaría del Arma (Academia de Artillería), entre el 10 de octubre y el 20 de abril para el Memorial de junio y entre el 21 de abril y el 9 de octubre para el Memorial de diciembre.

Imagen de Santa Bárbara perteneciente a la asociación de Señoras de Santa Bárbara de Granada.

Esta imagen fue adquirida para que acompañe, proteja y ampare a nuestros artilleros en misiones fuera del territorio nacional.



CAÑÓN ARMSTRONG DE 25·5 CENTÍMETROS.—MONTAJE PARA CASAMATA.

CAÑON

1 Caña y primer orden de sunchos.
2 Primer cuerpo y segundo orden de sunchos.
3 Suncho de muñones.
4 Suncho para los soportes de los arcos dentados.
5 Contramuñones.
6 Muñones de suspensión.
7 Arcos dentados.
8 Anillo de culata.
9 Cajas de alza (2).
10 Diente.
11 Orejetas.
12 Tope.
13 Ranura para el aparato de seguridad.
14 Teja.
15 Manivelas del aparato de ignición.
16 Percutor.
17 Asa.
18 Corredera del aparato de seguridad.
19 Manivela del cierre.
20 Fiador.
21 Caja para el punto de mira (2).

CUREÑA

22 Gualderas.
23 Muñoneras.
24 Sobremuñoneras.
25 Rodillos (10).
26 Volante del aparato de puntería.
27 Cubierta de id.
28 Freno de id.
29 Palanca acodada.
30 Disco del freno.
31 Cáncamo.

MARCO

32 Brancales.
33 Teleras.
34 Mecanismos de dirección.
35 Rodillos (4).
36 Eje de los rodillos.
37 Topes elásticos.
38 Pieza para apretar automáticamente el freno.
39 Pescante.
40 Carriles para los rodillos.
41 Carril para sujetar el marco.

JUEGOS DE ARMAS

a Alacador.
b Escobillón.
c Palanquín.

PROYECTILES

d Granada perforante.

COLECCIÓN GOVANTES 1887