

## Simulación de armamento - Weaponeering

Autor: José Manuel Muñoz Fuentes, INTA.

Palabras clave: misil, simulador, probability of kill, survivability.

Metas tecnológicas relacionadas: MT 1.7.1; MT 1.7.2; MT 6.5.1; MT 6.5.2; MT 6.5.3.

### Introducción

La simulación de sistemas físicos está unida al propio desarrollo de los mismos, ya que es una herramienta tradicional al servicio de la ingeniería, donde su eficacia reside en entender su poder y sus limitaciones. No sólo es una herramienta útil para diseño conceptual, sino que se ha convertido en un medio para demostrar capacidades y realizar análisis de sistemas.

La simulación está presente en las líneas estratégicas de los centros tecnológicos y organismos de investigación y es ampliamente utilizada por la industria del sector de la defensa. Tradicionalmente, brinda la obtención de multitud de datos a bajo coste, con riesgo nulo y fiabilidad limitada, siempre función del esfuerzo invertido.

El objeto del presente artículo es mostrar la relevancia contemporánea de las aplicaciones de simulación y no simplemente revisar sus características.

El carácter estratégico actual de la simulación se debe a la disposición de entornos globales multidisciplinares, con abundancia de modelos físicos para ser parametrizados directamente, reduciendo extraordinariamente el esfuerzo y el tiempo de desarrollo de las propias simulaciones. Asimismo, disponer de una gran potencia de cálculo, en muchas ocasiones empleando centros de supercomputación, todavía reduce más el tiempo necesario para llegar a resultados con una alta fidelidad. Aunque no deja de ser necesario validar los modelos con datos experimentales, ofrece la posibilidad de identificar y reproducir las condiciones de operación en cualquier punto de una misión o la capacidad para detectar aspectos sensibles en el comportamiento de un sistema.



Fig. 1. Detonación de un misil Tomahawk UGM109 a una cierta altura del blanco, después de un vuelo de 650km, en el campo de ensayos de la Isla de San Clemente, California, Estados Unidos. (Fuente: Wikimedia Commons, Fuente original: U.S. Defenseimagery).

Se pretende abordar algunos conceptos específicos sobre simulación en el ámbito de armamento, principalmente desde un punto de vista táctico: misiles, bombas, cohetes y proyectiles en general, aunque igualmente aplicables a sistemas de armas estratégicos como los misiles de crucero.

En este contexto, un simulador de armamento es una herramienta computacional que calcula la posición y la actitud de un vehículo desde su lanzamiento hasta el final de su vuelo, el comportamiento de los sensores y el efecto y letalidad de su carga útil en un entorno determinado<sup>1</sup>.

El nivel de fidelidad de los modelos empleados para caracterizar el arma depende de la aplicación concreta, ya que no es conveniente introducir excesiva complejidad a menos que se requiera. Con esto, no sólo se evita un esfuerzo innecesario, sino la introducción de fuentes de errores cuya cuantificación resultará compleja. Por ello, la fiabilidad y alcance de los datos es limitada; del mismo modo que sucede con otros medios de obtención de datos, como son los ensayos en banco, los ensayos en vuelo o la experiencia adquirida en misiones reales o ejercicios de tiro. Es por ello que se hace

necesario combinar correctamente las diferentes fuentes de información.

Más en concreto, disponer de un simulador de armamento en el campo de los ensayos en vuelo es especialmente útil para definir e identificar los objetivos, ya sea una prueba de carácter técnico u operacional: separación segura, predicción de trayectorias, cálculo de dominios de tiro<sup>2</sup>. Entre la gran diversidad de enfoques que ofrecen las simulaciones de armamento, el presente artículo se dedica a la determinación de la cantidad y la forma de operar para conseguir un determinado efecto en un blanco concreto, tanto en unidades propias como enemigas. Para ello, existen diversas metodologías y procesos, más o menos estandarizados, que constituyen una disciplina de ingeniería de armamento que recibe el nombre de *weaponeering*<sup>3</sup>. La Ref. [1] es un extenso y valioso tratado al respecto en el que se analizan multitud de técnicas para armamento lanzado desde el aire y desde el suelo contra blancos terrestres, dichas técnicas son las que se emplean en los JMEM (*Joint Munition Effectiveness Manual*), manuales de operación de los que se habla más adelante.

<sup>1</sup> Existen emuladores de armamento, destinados a simular la presencia del mismo, su comportamiento o mensajes en un bus de comunicaciones, el artículo no se refiere a este tipo de simuladores.

<sup>2</sup> En ocasiones llamados LSZ (*Launching Success Zones*), LAR (*Launching Accpetable Region*) o envolventes de disparo.

<sup>3</sup> El término proviene de la fusión de *weap*on y *engineering*, sin que deba confundirse con la ingeniería y el diseño de armamento.

## Weaponneering

Intrínsecamente ligado con la disciplina de *weaponneering*, se debe destacar que existe un proceso previo que consiste en identificar, definir y categorizar un blanco. Dicho proceso es el puente entre la inteligencia, las operaciones y otros factores relevantes que se escapan de alcance del artículo. Es un proceso complejo, multidireccional e iterativo, donde juega un papel importante la designación de blancos, conocida por su anglicismo *targeting*. Una vez los blancos están claramente designados, o se está en proceso de hacerlo, se debe determinar la cantidad y la forma de operar armamento para conseguir un determinado efecto y letalidad. La Ref. [2] es una guía sobre los métodos y técnicas de *targeting* empleados por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos.

La disciplina es extensiva a todo tipo de armamento convencional y blancos contra los que este puede ser empleado. Entre los factores que se deben considerar en un análisis de *weaponneering*, de manera no categórica, se pueden citar:

- Vulnerabilidad del blanco: Su naturaleza es determinante, al no ser lo mismo un aeropuerto que un edificio, un búnker, un puente, las plataformas estacionadas, barcos, aviones o tropas.
- Mecanismo de daño: Los efectos del armamento sobre un blanco, dependen de su naturaleza, pero también serán función del tipo de cabeza de guerra, espoleta de activación, carga explosiva, etc.
- Dispersión en la trayectoria: Disponer o no de armamento de precisión, leyes de guiado y factores de corrección, errores en el apuntamiento y la posición del blanco, condiciones meteorológicas y su posible influencia en la trayectoria o en la adquisición, tolerancias de fabricación, etc. Incluso si algunos de los parámetros de influencia son muy similares o idénticos, es imposible que todas las condiciones se repitan en dos lanzamientos sucesivos. Es necesario recurrir a la estadística para capturar este fenómeno y caracterizar la dispersión en la trayectoria. Para ello, generalmente se emplea el Método de Montecarlo.
- *Rules of Engagement* (ROE) o condicionantes de operación: Las cir-



Fig. 2. Impacto de una bomba de pequeño diámetro o SDB (Small Diameter Bomb) GBU39/B en un refugio reforzado para aviones o HAS (Hardened Aircraft Shelter). (Fuente: [www.ausairpower.net](http://www.ausairpower.net)).

cunstancias bajo las cuales una fuerza militar puede hacer uso de su armamento, normalmente están rigurosamente definidas con la intención de evitar daños colaterales. Es evidente que tienen influencia en un análisis de *weaponneering*.

- Fiabilidad del arma: Existen numerosos subsistemas y componentes de un arma cuyo fallo o funcionamiento anómalo puede ser crítico desde el punto de vista de la misión o de la seguridad (bloqueo y desbloqueo de aletas, activación inapropiada de la cabeza de guerra, motor cohete, espoletas, etc.).
- Adquisición de un blanco: El apuntamiento, la categorización del mismo y todos los factores relacionados con este proceso son también fundamentales para obtener el resultado táctico deseado.

Entre los actores principales para un estudio de *weaponneering*, destacan las cabezas de guerra y las espoletas, tanto para misiles, bombas, cohetes o proyectiles o munición de artillería y ametralladoras. En todos los casos pueden encontrarse ejemplos con grados de sofisticación elevados, fruto de la inversión de notables esfuerzos para lograr los efectos deseados minimizando los daños colaterales.

## Antecedentes

La elección de un determinado armamento en función del objetivo y de los

efectos deseados, ha sido objeto de estudio de los ingenieros militares y está ligado a la simulación de armamento desde sus orígenes. Aunque existen antecedentes relevantes y grupos de trabajo en varios países y en el marco de la OTAN, por su importancia, el presente apartado se presenta brevemente la evolución del *weaponneering* en los Estados Unidos.

En 1963, un panel conjunto de la Armada y la Fuerza Aérea, puso de manifiesto grandes imprecisiones en los datos que disponían para la operación de armamento convencional aire-superficie. A continuación, se desarrolló una metodología estandarizada para la evaluación de dicho tipo de armamento y proporcionar datos fiables que pudieran ser explotados convenientemente. Los primeros JMEM/AS (*Joint Munitions Effectiveness Manual for Air-to-Surface weapons*) comenzaron a editarse. En 1965, el grupo tomó carácter oficial y se denominó JTCCG/ME (*Joint Tactical Coordination Group / Munition Effectiveness*). Pronto, la comunidad creció y se formaron diferentes grupos especializados en los que participaban científicos, operadores y servicios de inteligencia. Actualmente, la mayor parte de estos datos y modelos se encuentran en un centro dedicado al análisis de la supervivencia y la vulnerabilidad, SURVIAC (*Survivability / Vulnerability Information Analysis Center*), ubicado en la base aérea de Wright-Patterson, Ohio.



Fig. 3. Impacto de una bomba de pequeño diámetro o SDB (Small Diameter Bomb) GBU39/B en un refugio reforzado para aviones o HAS (Hardened Aircraft Shelter). (Fuente: www.ausairpower.net).

Los JMEM permiten realizar comparaciones estandarizadas sobre la eficiencia de un arma determinada a lo largo de todas las comunidades en servicio que operan dicha arma. Con ello, se pretende que los diferentes destinatarios de la información lleguen a las mismas conclusiones o estimaciones numéricas al emplear la misma arma bajo unas condiciones específicas. Por ello, los JMEM han sido ampliamente utilizados en numerosos conflictos armados: Guerra de Vietnam, Libia, Líbano, Guerra del Golfo, Panamá, Operación Tormenta del Desierto, Bosnia y Kosovo, Operación Libertad Duradera y otras acciones actuales. Por otra parte, también se emplean desde un punto de vista académico y de entrenamiento.

En la actualidad los clásicos manuales JMEM están desarrollados en diversas variantes y se ven complementados por otros productos, por ejemplo, el J-ACE (*Joint Anti-Air Combat Effectiveness*); un DVD a partir del cual se le proporciona al ejército de tierra, a la marina y a la fuerza aérea medios cuantitativos para evaluar operativamente un combate aéreo. El J-ACE permite realizar simulación explícita de situaciones de combate aéreo, ofreciendo como resultados valores de probabilidad de impacto (PH - *Probability of Hit*) o de derribo (PK - *Probability of Kill*), distancia de paso, la activación

de la espoleta, la letalidad del arma y la vulnerabilidad del blanco.

En el Reino Unido, el desarrollo de técnicas de modelado y simulación principalmente es llevado a cabo por la DSTL, agencia gubernamental de investigación para la defensa, que colabora en este campo con la empresa Qinetiq, que firmó un contrato en 2003 bajo el cual seguirá dando apoyo en esta actividad al Ministerio

de Defensa británico durante al menos 25 años.

En Alemania destacan las actividades llevadas a cabo por IABG, fundada en 1961 como organización gubernamental en la que se centralizaba el análisis y los ensayos del sector aeroespacial. Privatizada en 1993, hoy es una compañía muy diversificada con fuerte penetración en el sector de Defensa y Seguridad. IABG realiza análisis y evaluaciones en el área de supervivencia para el Ministerio de Defensa alemán.

En el marco de la OTAN existen grupos dedicados a la explotación y uso de las técnicas de modelado y simulación en el ámbito de la defensa. El cuerpo central que focaliza las diferentes aplicaciones de las técnicas de modelado y simulación es el NMSG. En septiembre de 2012 se firmó el último NATO M&S Master Plan, en el cual se puede encontrar un mayor detalle sobre los objetivos y líneas de actuación del NMSG.

### Tendencias futuras y conclusiones

Disponer del conocimiento adecuado, sobre la cantidad y el tipo de armamento a utilizar sobre un determinado blanco, es el primer paso para poder llevar a cabo un análisis inverso, es decir, de supervivencia o por su término en inglés *survivability*, minimizando la vulnerabilidad y evitando que

Fig. 4. Proceso de desarrollo de los JMEM. (Fuente: <http://www.dtic.mil/>. US Defence Technical Information Center. JTCG/ME (Joint Technical Coordinating Group for Munitions Effectiveness). Thompson, Ronald A.).

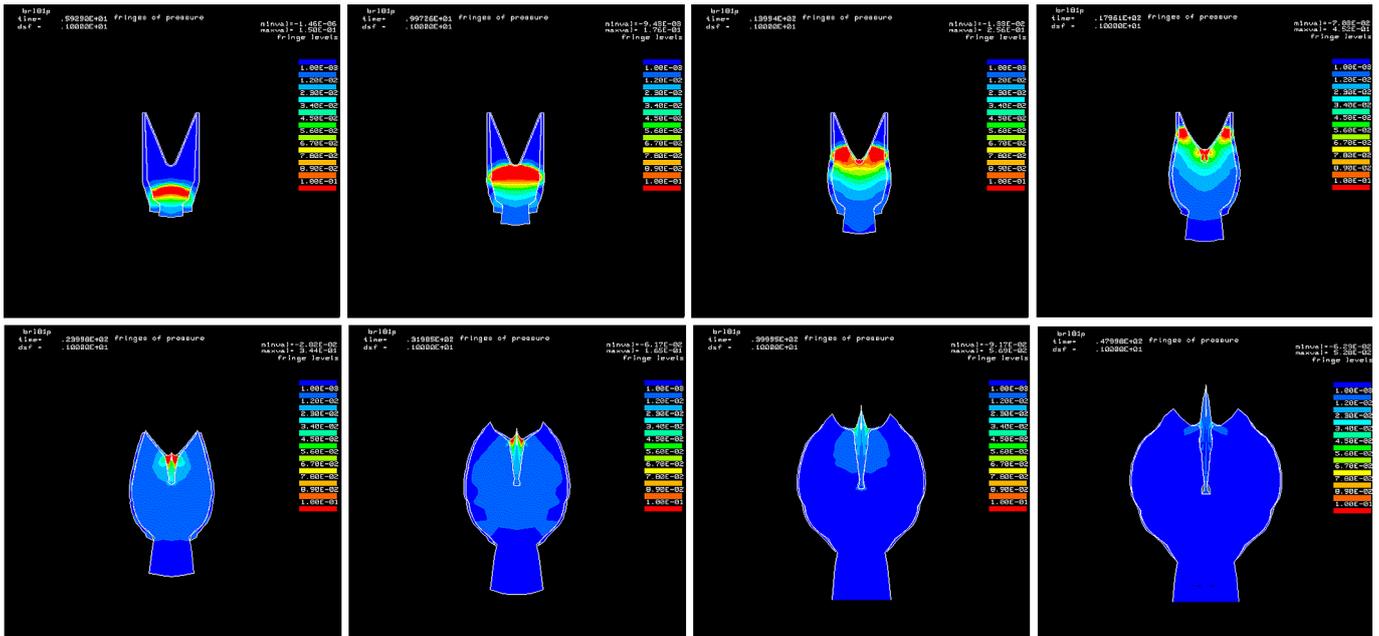


Fig. 5. Simulación del mecanismo explosivo de una carga hueca. Realizado a partir de un modelo fluidodinámico basado en elementos finitos (Fuente: Hydrossoft International).

un talón de Aquiles aparezca sobre el teatro de operaciones una vez que las tropas y los medios han sido desplegados. De ahí que este conocimiento cobre especial relevancia en misiones humanitarias o de paz en escenarios potencialmente hostiles. Las naciones que participan en dichas misiones no deben permitir quedarse relegadas en conocimientos para minimizar sus propias pérdidas.

El panorama actual en el ámbito de defensa es cambiante, exigente y los recursos escasos. Es por ello que resulta fundamental destacar que el empleo de las simulaciones, por su naturaleza y características, especialmente desde un punto de vista multidisciplinar, aporta un gran valor. La explotación de las capacidades de simulación, forma parte de los objetivos tecnológicos para las FAS, identificados en la ETID (Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa).

Asimismo es fácil comprobar que el empleo de las simulaciones cada día está más integrado de los procedimientos de operación de las FAS, así como en las líneas de investigación en el ámbito de defensa.

Sin embargo, a pesar del avanzado conocimiento científico y militar que reside en España, a diferencia de otros países, no se dispone de un servicio de simulación común, a partir del cual se puedan suplir las necesidades de las FAS. Disponer de un

servicio así, ayudaría a cubrir entre otros, los siguientes objetivos:

- Ahorro de costes en los ensayos en vuelo y ejercicios tácticos de las FAS, gracias a un aprovechamiento más eficiente de los presupuestos al disponer de datos más fiables. Además, facilitaría la explotación de las capacidades de ensayos y de blancos aéreos, ayudando en la identificación y definición de objetivos de ensayo.
- Cálculo y verificación de dominios de tiro o zonas letales de armamento propio y ajeno. Lo que permitiría integrar dichos dominios en los diferentes sistemas de armas, así como un mayor entendimiento y seguridad en la operación de las mismas.
- Identificación de vulnerabilidades propias y ajenas. Análisis de la capacidad de supervivencia de una plataforma (amiga o enemiga) ante una amenaza o en un entorno hostil, lo que permitiría mejorar la supervivencia de las FAS en las misiones internacionales y realizar análisis de supervivencia a diferentes niveles (escenario o campaña).
- En todo caso, se destaca que existen profusión de aplicaciones que podrían quedar satisfechas por un servicio de simulación común: desarrollar soluciones de guerra electrónica, mejora en la especificación de requisitos y en general, capacitar a las FAS y centros tecnológicos

del Ministerio de Defensa a realizar actividades de investigación científica y tecnológica que contribuyan a aumentar su relevancia y posicionamiento en el entorno mundial, explorar necesidades y nuevos conceptos a nivel vehículo y sensor.

Además permite disponer de independencia de criterio y autonomía en la operación y verificación de sistemas de armas, armamento o contramedidas, frente a la industria u otras naciones, a la vez que se garantizaría la confidencialidad de la información sensible ligada a este campo y a una mejor identificación de requisitos para productos industriales. Por otro lado, las capacidades de simulación pueden emplearse en otras áreas y aplicaciones ligadas o no a la operación de armamento, como pueden ser, sistemas de planificación de misión, suelta de kits de salvamento desde plataformas aéreas, implementación de capacidades de armamento en entornos virtuales o simuladores, presentación virtual y análisis de escenarios de combate, entre otras.

### Referencias

1. Driels, Morris R. *Weaponneering: Conventional Weapon System Effectiveness*. Second Edition/AIAA. 2013.
2. Larry, Ekber. *USAF Intelligence Targeting Guide*. AIR FORCE PAMPHLET 14- 210 Intelligence. US Air Force. 1998.