



## LA ARTILLERÍA NAVAL DEL FUTURO: EL CAÑÓN ELECTROMAGNÉTICO

Pedro Ramón SAURA INIESTA  
Subdirector de Investigación y Doctorado  
E. T. S. de Ingenieros de Armas Navales



### Introducción



A artillería naval convencional ha llegado a su límite. Será difícil conseguir unos alcances mucho mayores y una cadencia de fuego mucho más elevada sin incrementar significativamente tanto la complejidad de los montajes como las características del proyectil y del propulsante.

Por otra parte, el elevado coste de los misiles superficie-superficie hace que su utilización contra objetivos terrestres, e incluso contra embarcaciones hostiles, no sea en todos los casos una opción factible y, por supuesto, rentable.

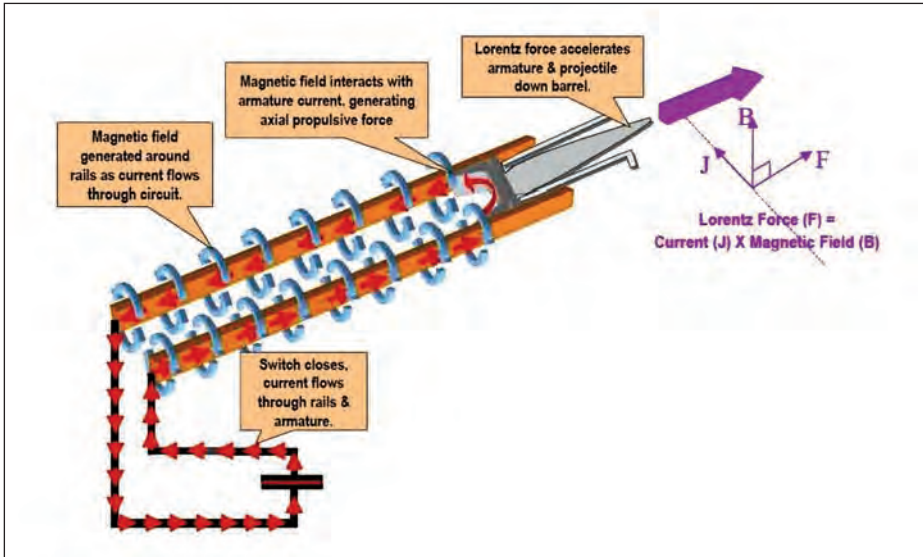
La posibilidad de bombardear objetivos terrestres muy lejanos con precisión y contundencia, desde muy por detrás del horizonte y, evidentemente, fuera de la vista e incluso del radar del enemigo ha sido desde siempre empeño de ingenieros dedicados a la artillería naval, ávidos de conseguir un cañón de elevadísimas prestaciones que les permitiese prescindir de elementos tan peligrosos y limitantes desde el punto de vista de la logística como son la carga propulsante y el alto explosivo contenido en los proyectiles. Esta ambición se ha materializado hoy día con la aparición del *rail gun* o cañón electromagnético, cuya irrupción en escena es inminente.

La idea de un cañón electromagnético no es nueva en absoluto, ya en 1918 el francés Louis Octave Fauchon-Villeplée patentó en Estados Unidos un tipo de cañón eléctrico que es un claro antecedente de los desarrollos actuales. En épocas mucho más recientes, durante la Segunda Guerra Mundial, los científicos alemanes trabajaron en un desarrollo teórico que llegó a estar en una fase muy avanzada pero, hasta donde sabemos, nunca llegaron a fabricar un prototipo. Al acabar la guerra, gran parte de la documentación técnica cayó en poder de los aliados, que mostraron cierto interés en el proyecto, el cual tuvo que ser abandonado debido a que la gran cantidad de energía necesaria exigiría unos generadores gigantescos. La tecnología de la época no estaba preparada para acometer una tarea de esa envergadura y se suspendió, sin quedar del todo en el olvido, hasta que las condiciones fuesen más favorables.

Hoy día la tecnología existente posibilita la obtención de este tipo de cañón, y además la coyuntura estratégica lo hace deseable debido al tipo de amenazas a las que las marinas de los países integrantes de la OTAN se enfrentan. Incluso desde un punto de vista económico y medioambiental parece aconsejable la implementación del *rail gun* en nuestros futuros barcos.

## Fundamento físico

La base teórica del *rail gun* es muy simple: dos conductores y una fuente muy potente de energía eléctrica. Estos dos conductores, muy próximos entre sí, generarán, al paso de la corriente, un campo magnético de gran intensidad. Si en este campo magnético introducimos un proyectil conductor, éste cortocircuitará el sistema y generará otro campo magnético. La resultante de estos dos campos dará lugar a una fuerza repulsiva que impulsará al proyectil a una velocidad impensable hasta ahora. Resumiendo: el *rail gun* se basa en la interacción de campos magnéticos generados a partir de una corriente de gran intensidad. Se basa pues en el principio del motor homopolar, y lo que provoca la enorme aceleración del proyectil es la «Fuerza de Lorentz», que predice que cuando una carga eléctrica se desplaza por el interior de un campo magnético, además de los efectos descritos por Coulomb, se ve sometida a la acción de una fuerza. A continuación podemos apreciar en una representación gráfica



NAVSEA Dahlgren ([www.navwaps.com](http://www.navwaps.com)).

el movimiento del proyectil como consecuencia de lo expuesto con anterioridad.

Un cañón electromagnético de raíles, *electromagnetic rail gun* (EMRG), se sirve de la energía eléctrica para conseguir que un proyectil acelere lo suficiente como para que al cesar el suministro de energía eléctrica este haya alcanzado una velocidad elevadísima, hipersónica por supuesto, que implica que el proyectil vuele hacia su objetivo dotado de una energía cinética tal que no es necesario que sea portador de carga explosiva para que sus efectos sean enormemente devastadores. Podemos hacer, como aproximación, un cálculo elemental en condiciones de contorno ideales para determinar la velocidad en boca y sobre todo estimar, para una velocidad en boca deseada, la intensidad eléctrica que es preciso aportar.

$$V_b = I \sqrt{\left( \frac{2 \cdot D \cdot L \cdot u}{m} \right)}$$

Donde  $V_b$  es la velocidad en boca del proyectil expresada en metros por segundo (m/s).

$I$  es la intensidad de la corriente eléctrica expresada en amperios (A).

$L$  es la distancia entre los raíles expresada en metros (m).

$\mu$  es la permeabilidad magnética del medio (H/m).

$m$  es la masa del proyectil expresada en kilogramos (kg).

$D$  es la longitud de los raíles expresada en metros (m).

## Situación actual

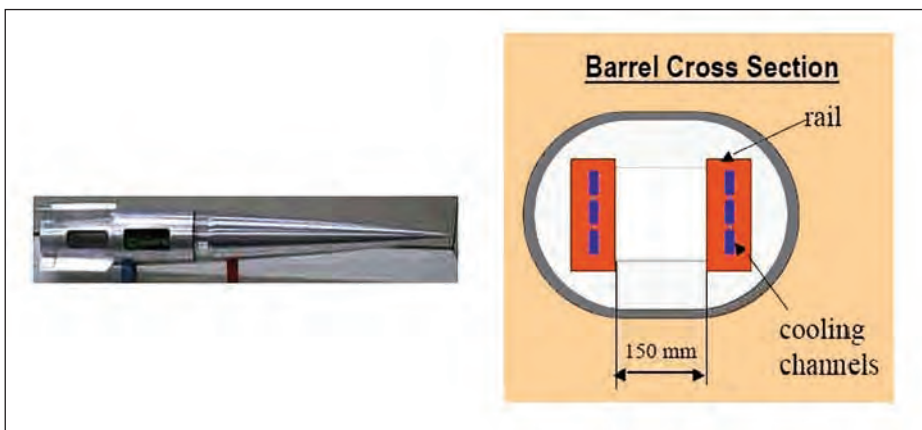
Hemos dicho que este tipo de cañón necesita disponer de un gran suministro de energía eléctrica de elevada intensidad, lo que evidentemente es un factor limitante. La Marina de los Estados Unidos tiene previsto disponer de este arma en futuras generaciones de destructores tipo *DDG 1000*, barcos totalmente eléctricos, por lo que dispondrían de toda la energía necesaria para poder llevar integrado en su sistema de armas un cañón electromagnético. Este tipo de barco es capaz de direccionar toda la energía necesaria desde los generadores al cañón.

La fuente de energía debe tener una serie de características, como son:

- Gran potencia eléctrica.
- Generación ilimitada y sin discontinuidades.
- Susceptible de ser perfectamente controlable.

Esto es porque es absolutamente necesario que los disparos sean reproducibles en el sentido de conseguir sin error la velocidad en «boca» necesaria en cada disparo.

En los prototipos actuales el «tubo» está conformado por dos raíles metálicos conductores paralelos, ubicados de manera que sólo exista una pequeña



NAVSEA Dahlgren.



Instalación en polígono de pruebas.

distancia entre ellos (del orden de 15 cm) y, a su vez, embutidos en una estructura hecha de material *composite* resistente a las condiciones del disparo y al corrosivo ambiente marino. Un factor crítico a tener en cuenta será el calor generado en el momento del disparo debido a la fricción del proyectil, sometido a una enorme aceleración, en los rieles. Como se aprecia en la figura de la página anterior, una solución al excesivo calentamiento podría ser la mecanización en los rieles de unos canales por los que circularía un refrigerante adecuado después de cada disparo.

La siguiente imagen corresponde a un fotograma tomado de un vídeo de alta velocidad en una prueba de fuego de un cañón ERGM realizada en el Naval Surface Warfare Center, Dahlgren, Virginia, el 31 de enero de 2008. La energía invertida fue de  $10^6$  64 MJ, consiguiendo una velocidad en boca de 2.520 m/s, es decir, mach 7. De estas pruebas se desprende que es factible que el proyectil obtenga un alcance superior a las 200 millas náuticas, impactando con el blanco a mach 5 en unos seis minutos desde el lanzamiento, y llegando a alcanzar una altura de 500.000 ft. El proyectil podría estar dotado de un *kit* de guiado GPS/inercial que debería ser capaz de soportar la enorme aceleración que sufre el proyectil desde el reposo hasta que alcanza la velocidad máxima. Para que podamos establecer una comparación, recordemos que un cañón naval Mk 45 de cinco pulgadas tiene un alcance de 13 millas náuticas.



La cantidad de energía eléctrica necesaria para el cañón dependerá, entre otros factores, del alcance deseado y de la cadencia de fuego que pretendamos obtener. Para conseguir de cinco a doce disparos por minuto habría que proporcionar al cañón de 20 a 40 MW. Teniendo en cuenta que los destructores *DDG 1000* dispondrán de una potencia eléctrica en torno a los 70-80 MW, es evidente que esto será perfectamente factible. El peso del disparo completo, tipo SABOT KE o prefragmentado, es de 44 lb (unos 20 kg). Este proyectil no lleva carga explosiva. El peso del proyectil sin la estructura desechable es de 33 lb (unos 15 kg) y su longitud 30 pulgadas (76,62 cm).

También se han realizado pruebas de cañones EMRG en la antigua Yugoslavia, y actualmente en el Reino Unido en el polígono de Kirkcudbright (Escocia), donde se ha conseguido una velocidad de mach 6 y vuelo estable con unos raíles de seis metros de longitud. La previsión para el destructor *DDG 1000* de la US Navy es que disponga de dos montajes de 155 mm AGS EM de 64 MJ con un alcance de 470 km, con una carga estimada a bordo de 920 proyectiles. De momento se estima que un disparo completo podría costar unos 10.000 dólares.

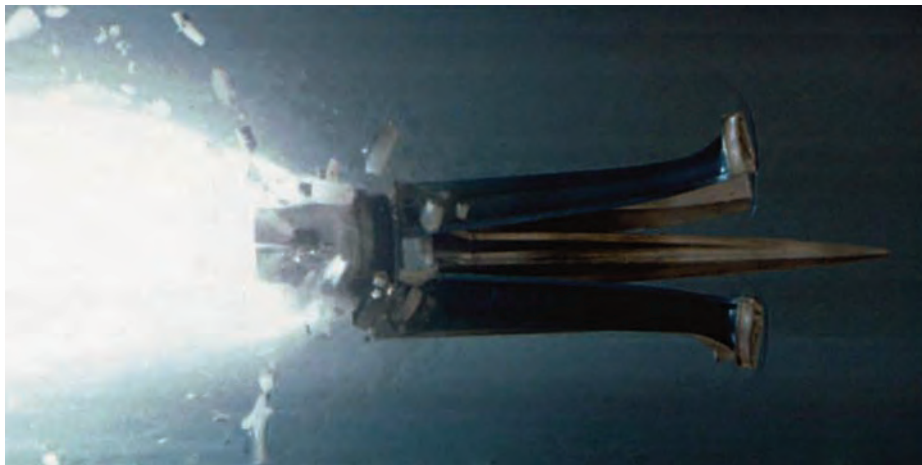


Imagen obtenida de [www.defenseindustrydaily.com](http://www.defenseindustrydaily.com).

## Conclusiones

Conviene reflexionar y evaluar las implicaciones derivadas del hecho de que con un cañón de este tipo, y con el proyectil adecuado, sería posible provocar un daño similar al conseguido por el impacto de un misil BGM-109 Tomahawk, con una fracción de su precio y sin los problemas inherentes a su almacenamiento, control, mantenimiento, transporte y estiba en el barco. Por otra parte es evidente que el cañón EMRG podría ser utilizado en la modalidad de fuego directo contra blancos de superficie e incluso aéreos, incluyendo capacidad antimisil. Esta posibilidad merece un estudio minucioso por sus connotaciones tácticas y abre un enorme campo de aplicación para el cañón EMRG.

Como todo desarrollo tecnológico que implica una modificación sustancial, tanto desde el punto de vista industrial y tecnológico como desde el de la doctrina habitual, es inevitable que genere dudas, escepticismo e incluso resistencia desde algunos estamentos. Actitud que debemos entender, puesto que hasta ahora la artillería naval era un «problema resuelto», esto es, cañones muy bien conocidos, programas fiables para la balística interior y exterior, etc. Es decir, estamos acostumbrados a un arma de una fiabilidad contrastada de la que conocemos su potencialidad y limitaciones y que está perfectamente integrada en el sistema de armas del buque y con la que, sobre todo, nos sentimos cómodos. Sin embargo, debemos pensar en las múltiples ventajas que el cañón EMRG nos ofrece, que compensan claramente los inconvenientes derivados de un cambio en el modelo tradicional. Y es que la posibilidad de alcan-

zar objetivos situados a más de doscientas millas náuticas del buque en pocos minutos, impactando con el objetivo seleccionado a una velocidad en torno a mach 5, después de una trayectoria balística, otorgaría a esta artillería naval una capacidad impensable hasta ahora, con un coste relativamente bajo.

A continuación vamos a enumerar las ventajas más evidentes, pensando en un barco del tipo destructor o fragata, con respecto a la artillería principal embarcada en la actualidad y de la logística que conlleva:

- Menor volumen, peso y complejidad mecánica del montaje.
- Eliminación de gran cantidad de cargas propulsantes en pañoles.
- Eliminación de proyectiles con alto explosivo en pañoles.
- Disminuye el riesgo en polvorines y en el transporte.
- La nueva munición no se vuelve inestable con el tiempo.
- Disminuye la carga de trabajo en análisis y control de explosivos.
- Mejora de la seguridad del barco por impactos e incendios.
- Aumenta la seguridad de la dotación.
- Mucho mayor alcance.
- Mayor capacidad de destrucción de blancos bien fortificados.
- Mayor capacidad de estiba de munición en pañoles.
- Menor coste del disparo.

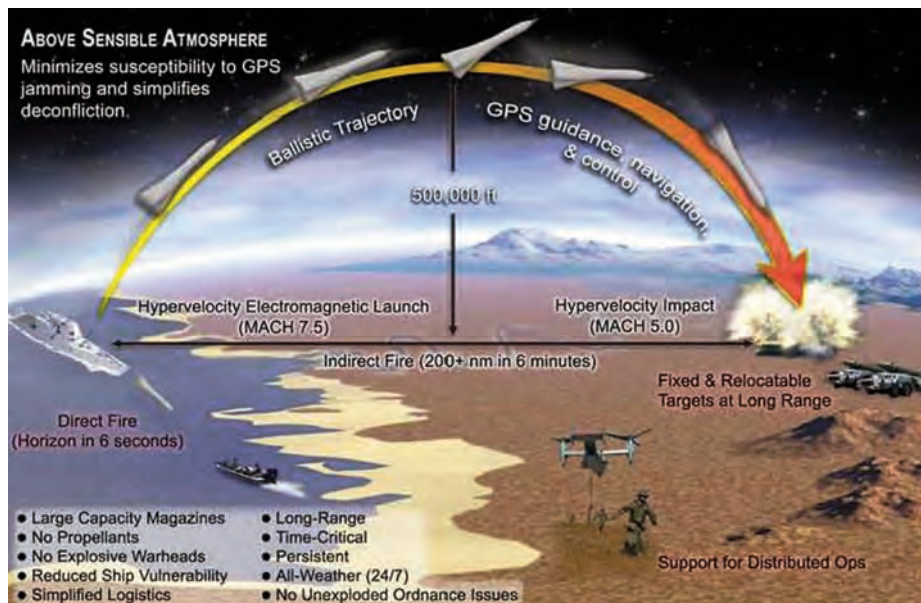


Imagen obtenida de Office of Naval Research (USA) ([www.navweas.com](http://www.navweas.com)).

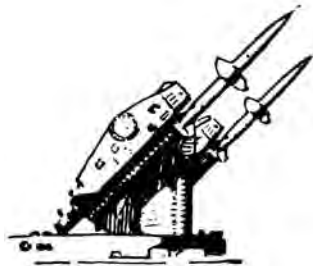


- Posibilidad de disparo directo con capacidad antimisil.
- Ahorro muy significativo en misiles superficie-superficie.
- Invulnerabilidad a cualquier tipo de contramedidas electrónicas.
- Capacidad antiaérea y contra blancos de superficie.
- Disminuye el impacto medioambiental.

## Resumen

Por supuesto que la inversión de tiempo, dinero y recursos, tanto de infraestructuras como humanos, realizada en este tipo de arma conllevará indudablemente un *high-risk*; pero a cambio también rendirá un *high-pay off*. Teniendo en cuenta el elevado nivel científico y tecnológico de la industria española y de la propia Armada, las ventajas de acometer un programa para la obtención de un cañón naval electromagnético serían muy superiores a los gastos derivados del I + D, y dotaría a nuestra Armada de unas capacidades muy superiores a las actuales con gran economía de medios.

Para finalizar diremos que nos encontramos ante un arma que, con total seguridad, revolucionará la artillería naval en la próxima década, dotándola de una proyección estratégica que había perdido en los últimos años. Arma que está al alcance de la industria española de defensa y de las capacidades de la Armada. Si reaccionamos ante este reto con rapidez, conseguiremos un salto de calidad enorme y nos afianzaremos en un mercado, el de la construcción naval militar, estratégico para España.



BIBLIOGRAFÍA

- Office of Naval Research (ONR), Estados Unidos.  
*www.navy.mil*, USA.
- NAVSEA Dahlgren, Estados Unidos.
- US Navy.
- BAE Systems.
- Pentágono, Estados Unidos.
- Documentación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Armas Navales (Armada Española).  
*www.globalsecurity.org*.
- El retorno de la bala de cañón*, ADN, España.
- www.defenseindustrydaily.com*, Estados Unidos.
- Jane's Defense Weekly*.
- www.portieramaryaire.com*, España.
- www.naval-technology.com*, Estados Unidos.
- Revista *Naval Forces*.
- Revista *Military Technology*.
- Revista *Defence News*.
- Wikipedia.
- University of Texas, Estados Unidos.
- Railgun Theory by Matthew E. Massey.  
*www.powerslabs.org*.
- www.railgun.org*.
- fredericksburg.com* by Rusty Dennen.
- ROSELLÓ MASSA, Guillermo: *Alternativas de futuro al disparo con vaina*, alumno de Ingeniería de Armas Navales.
- Base Naval-Cañonero Global-Noticias de la USA Navy.
- Jengel and Fatro's Railgun Page.