

En busca de la invisibilidad: la reducción de la firma radar

Autor: Luis Miguel Requejo, OT MAT, SDG PLATIN

Palabras clave: detectabilidad, radar, SER, RCS, RAM, RAS.

Líneas I+D+i ETID relacionadas: 3.2.3, 6.1.3, 7.1.1.

Introducción

Dentro de la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID

2020), uno de los Objetivos Tecnológicos descritos en la misma hace referencia a la reducción de la detectabilidad de las plataformas militares. Desde un punto de vista estratégico, la reducción de la detectabilidad de las plataformas es un elemento clave para aumentar las probabilidades de supervivencia en los escenarios de operaciones, así como para emplear el factor sorpresa sobre el potencial enemigo y maximizar la efectividad de una misión.

Cualquier plataforma presenta una serie de señales (firmas) que la hacen «vulnerable» frente los actuales sistemas de detección: la firma electromagnética del eco radar, la huella infrarroja de las fuentes de calor, los

fenómenos acústicos detectados por un sonar en el entorno marino, la firma visible, entre otros. Por lo tanto, para lograr que una plataforma sea difícilmente detectable en términos generales, es necesario abordar de forma conjunta la reducción de distintos tipos de firma (multiespectral).

Aunque muchas plataformas militares ya han reducido considerablemente su detectabilidad, es cierto que las medidas de detección y localización son cada vez más sofisticadas y se encuentran a disposición de los potenciales adversarios. Por ello, el Ministerio de Defensa ha identificado la necesidad de reducir la firma de sus plataformas frente a todas estas las

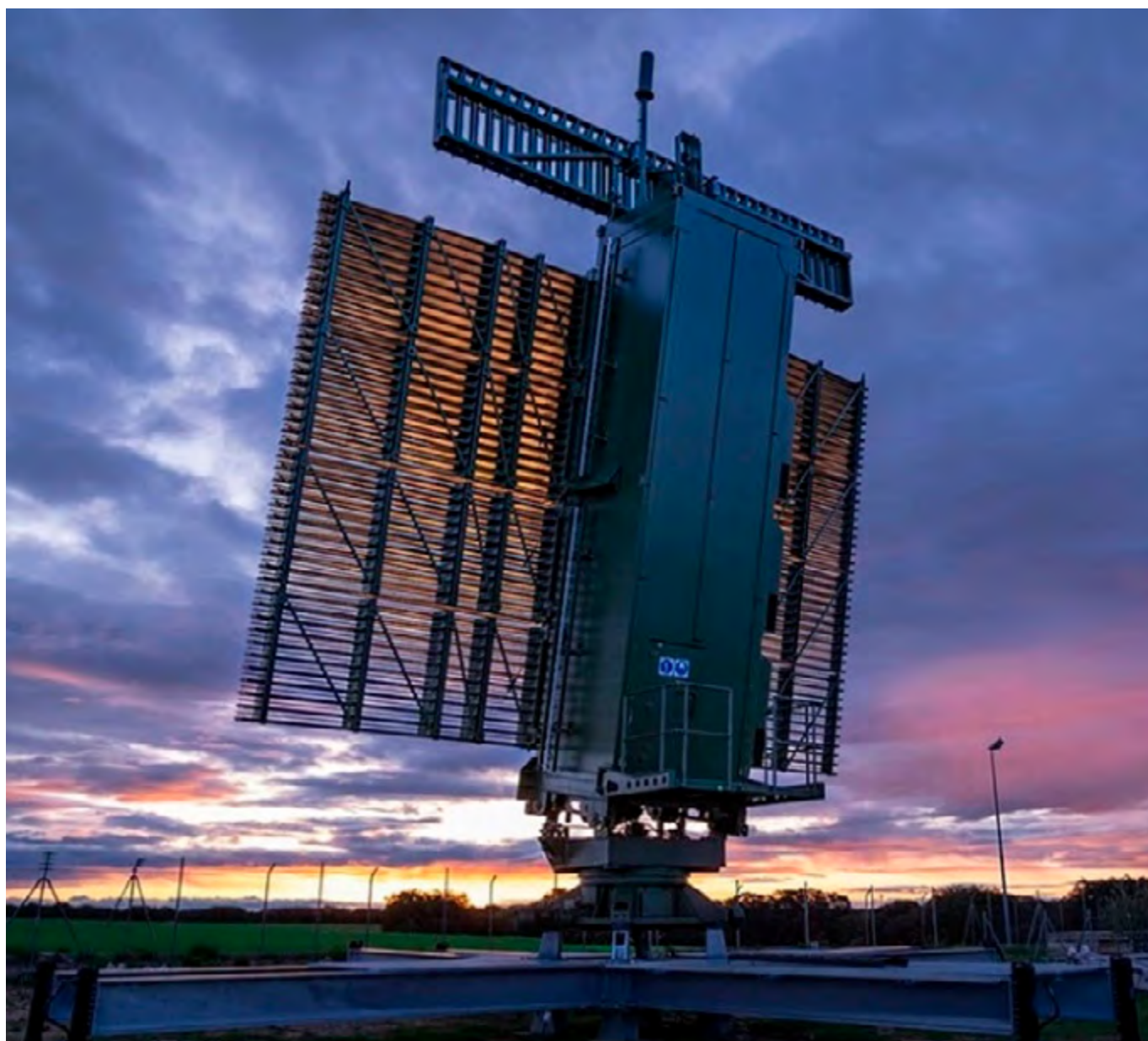


Fig. 1. Radar 3D LANZA desarrollado por la compañía Indra. (Fuente: www.infodefensa.com)



Fig. 2. Northrop – Grumman trabaja en un superbombardero de baja detectabilidad: el Raider B-21, que superará las prestaciones de todas las aeronaves de sus características. (Fuente: ©U.S. Air Force)

medidas de detección (sensores ópticos, infrarrojos, acústicos, radar, etc.) con el objetivo de aumentar las probabilidades de supervivencia, preservar la seguridad de sus tropas en los diferentes entornos operativos y maximizar la efectividad de sus operaciones.

Este artículo se centrará en la firma radar, que de manera más tradicional ha sido de gran interés en el caso de las plataformas aéreas y navales, pero que cada vez está cobrando más importancia en las terrestres e incluso también para el combatiente.

Detección de la firma radar

La firma radar de un objeto es una propiedad que indica el eco que produce dicho objeto en una dirección de observación cuando es iluminado por una señal radar.

La firma radar, medida de la Sección Equivalente Radar (SER) o habitualmente identificada con su término en inglés, *Radar Cross Section* (RCS) de una plataforma (o blanco), es la suma de los ecos procedentes de los distintos dispersores que forman parte de la estructura de la plataforma que se suman coherentemente en el receptor radar. La RCS viene determinada por las características de la onda que incide sobre el objeto (frecuencia, ángulo de incidencia, ángulo reflejado y polarización) y por las características del mismo (dimensiones, diseño, geometrías y materiales).

De manera muy resumida, los principales sistemas empleados en la actualidad para detectar este tipo de firma en una plataforma son los sistemas radar. Son los sensores más importantes desde su desarrollo en la Segunda Guerra Mundial

(principalmente en el ámbito aéreo), lo que se debe principalmente a que pueden detectar una plataforma y otros objetos reflectantes de radar de forma permanente (24/7, tanto de día como de noche, bajo diferentes condiciones climatológicas) y a mayores distancias respecto de cualquier otro sensor actualmente en uso. Los sensores radar poseen características de detección y de seguimiento proporcionando información muy precisa sobre la posición del objetivo.

Los radares operan en múltiples bandas de frecuencia diferentes, y es difícil escapar a la detección de todas ellas. Además, para la detección e identificación del objetivo, los radares integran algoritmos avanzados de procesamiento de señal, como los radares ubicuos (basados en electrónica de alta frecuencia de banda ancha o hardware de procesamiento de señal en tiempo real) y los futuros radares cuánticos (basados en el empleo de un haz de fotones).

Reducción de la firma radar

Para reducir la firma radar de un objeto hay que disminuir la energía que alcance el sensor receptor. Esto se puede lograr de dos maneras principalmente:

- Redirigiendo la energía hacia direcciones en las que no vaya a encontrarse el sensor receptor. Esta manera de actuar en lo que se conoce comúnmente como técnicas de forma o «*shaping*».
- Absorbiendo la energía, de tal manera que la cantidad que alcance finalmente al sensor receptor sea mínima. Para lograr esto, se suelen emplear materiales o estructuras que posean esa capacidad de

absorción (RAM- *Radar Absorbing Materials* y RAS - *Radar Absorbing Structures*).

La técnica del *shaping* es una línea de acción que afecta a la geometría de la estructura y puede aportar buenas soluciones antirradar en un rango de frecuencias más amplio que los RAM y RAS. En relación con esta técnica, existen diferentes variables sobre las que actuar para modificar la firma radar.

- El tamaño absoluto del objeto: a mayor tamaño, mayor firma. Si atendemos al aspecto geométrico, la reducción de la firma radar sin más puede ser conseguida sencillamente reduciendo las dimensiones espaciales del objeto. Es un factor de gran importancia, pero también es difícil de poder modificar, ya que en la mayoría de los casos deben imponerse algunas restricciones dimensionales de volumen, área, entre otras.
- Ángulo de incidencia: es el ángulo con que las ondas de radar llegan a cada punto de la superficie del blanco, el cual depende de la forma del blanco y su orientación respecto a la fuente del radar.
- El ángulo reflejado (ángulo con el que la onda reflejada sale del blanco, que a su vez depende del ángulo de incidencia).
- Las superficies normales a la onda incidente del radar reflejan muy bien la onda en la misma dirección y de sentido opuesto a la onda incidente, por lo que deben ser un factor a evitar. Un diseño de sección circular siempre va a tener alguna superficie normal a la onda incidente que va a ser reflejada de nuevo al radar, por lo que hay que evitar este tipo de superficies

En profundidad

y utilizar diseños más planos y en ángulo. También habría que evitar utilizar todo tipo de ángulos rectos, además de tener en cuenta los casos de reflexión múltiple.

- **Discontinuidades:** todas aquellas discontinuidades que se encuentren en la plataforma (uniones mecánicas, secciones abiertas, entre otras) incrementan la firma radar. Hay que tener en cuenta que las ondas de radar no son sólo reflejadas por la superficie externa de una estructura, si no que parte de la onda se introduce en el interior de la estructura y es capaz de rebotar dentro de los elementos estructurales internos.

En relación con los materiales a utilizar para reducir la firma radar, hay que tener en cuenta que los metales producen gran reflexión a las ondas de radar y tienden a producir señales fuertes. Por este motivo, se trata de utilizar materiales no conductores tales como materiales poliméricos o compuestos de carbono o aquellos que sea capaces de absorber la radiación radar, ya que las señales que se producirán serán mínimas.

Las soluciones que se encuentran actualmente operativas se basan fundamentalmente en **recubrimientos**, aunque se está tratando de desarrollar otras soluciones que puedan cubrir

mejor las necesidades cada vez más exigentes de las nuevas plataformas. Una de ellas se basa en la aplicación de pinturas que integran microfibras que le aportan la capacidad de absorber la radiación radar y que pueden aplicarse sobre cualquier superficie susceptible de ser pintada.

En cuanto a prestaciones generales, la solución más óptima parece aquella en la que la propia estructura sea capaz de absorber las ondas radar. Este concepto de estructura multifuncional podría cubrir de manera adecuada todas las funcionalidades y requisitos mecánicos propios de una estructura de manera integral. El diseño de estas estructuras requiere poder controlar sus propiedades electromagnéticas sin que esto implique la pérdida de las otras funcionalidades y requisitos necesarios para formar parte de la plataforma.

Una de las tecnologías que ofrece mejores resultados y capacidad de diseño es aquella que se basa en el desarrollo de estructuras compuestas, en las cuales hay una matriz y refuerzos de muy baja conductividad, que incluirían un elemento dopante que controla las propiedades electromagnéticas del material. Sobre los elementos dopantes es donde recaen los principales retos tecnológicos, teniendo en cuenta que hay que elegir

cual emplear y lograr una adecuada dispersión e integración en la matriz para optimizar las propiedades electromagnéticas del conjunto. Existe una importante línea de investigación basada en el empleo del óxido de grafeno y nanoplaquetas de grafeno como aditivos en la fabricación de materiales compuestos. Se han logrado mejoras en las prestaciones mecánicas del producto final, aunque se trata de lograr una combinación que permita obtener las prestaciones de reducción de firma deseadas.

Otra opción que presenta gran interés tecnológicamente hablando son las estructuras multicapa, en las que se incluyen procesos de deposición de nanopartículas magnéticas para lograr capas dopadas que puedan integrarse posteriormente en estructuras multicapa más complejas.

Una tecnología que también se está estudiando, aunque su aplicabilidad podría llegar a ser a más largo plazo, es la de los metamateriales, que son materiales artificiales que poseen propiedades novedosas y superiores a los materiales que pueden encontrarse en la naturaleza. Se trataría de conseguir estructuras formadas por unidades periódicas que lograsen que las ondas incidentes sean reflejadas en fase y contrafase al mismo



Fig. 3. Aplicación de pintura de baja observabilidad sobre una superficie. (Fuente: Micromag)

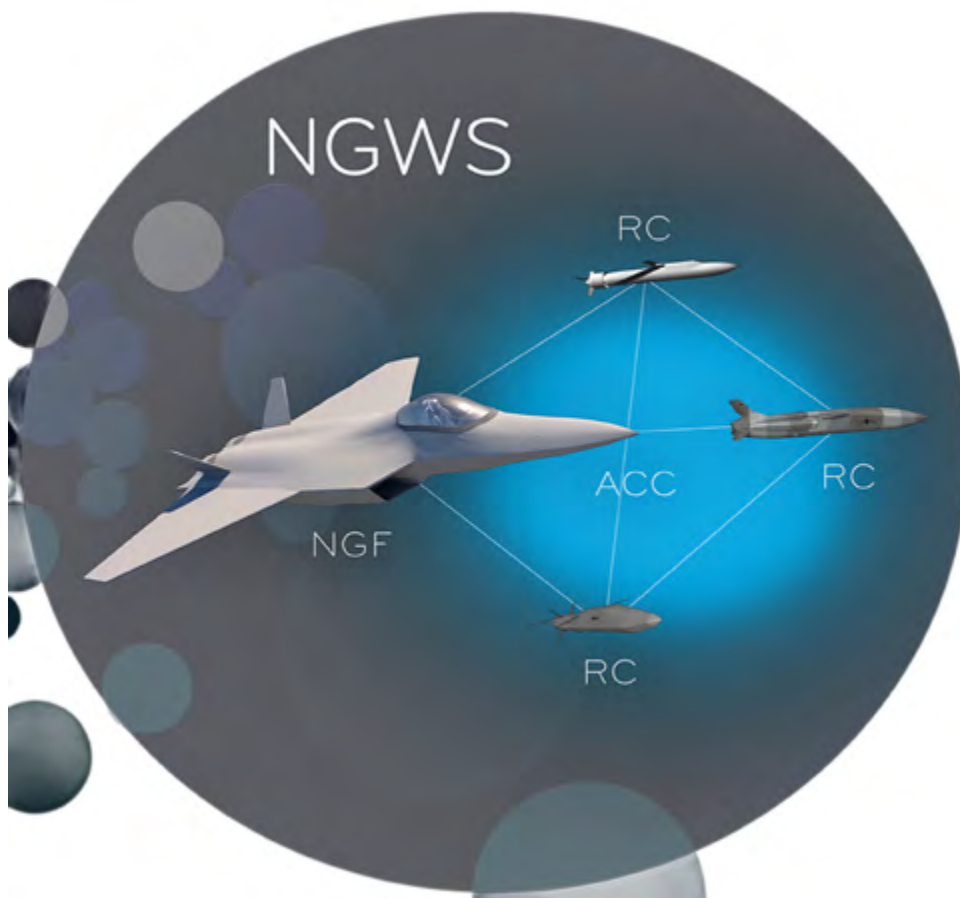


Fig. 4. El Programa FCAS focaliza el desarrollo de soluciones para reducir la detectabilidad de las plataformas a través del *Pilar Low Observability*. (Fuente: MINISDEF)

tiempo, de modo que la energía fuera reflejada en direcciones diferentes a la de incidencia.

En cualquier caso, la integración de todos estos materiales en las plataformas militares presenta a día de hoy importantes retos tecnológicos.

Se estima que, a la hora de desarrollar una plataforma, alrededor del 70% de la reducción de firma radar se puede conseguir con el diseño y un 30% con los materiales RAM y RAS. Esto nos lleva a contemplar que, a la hora de afrontar la reducción de firma radar de una plataforma, se pueden plantear dos escenarios principales: que la plataforma ya esté en servicio o que se trate de un nuevo desarrollo.

En los nuevos desarrollos, desde luego que hay que tener en cuenta los requisitos de baja observabilidad para abordarlos desde las primeras fases de dicho desarrollo. Un ejemplo muy representativo es el proyecto NGWS/FCAS, aunque este criterio es perfectamente aplicable a todas las plataformas *stealth* del futuro. Por otra parte, el Ministerio de Defensa dispone en la actualidad de un buen número de plataformas plenamente operativas. La reducción de firma radar en estos casos no puede basarse en las técnicas *shaping*, sino que parece más lógica la integración de nuevos materiales RAM y RAS, aunque también haya que tener en cuenta el posible impacto en el resto de requisitos

estructurales y funcionalidades de la plataforma.

Conclusiones

Como se ha mencionado al principio de este artículo, el desarrollo de nuevas soluciones para reducir la firma radar en plataformas tiene un gran interés dentro del sector de la defensa. Aunque existen técnicas y materiales aplicables en la actualidad, se está tratando de impulsar este ámbito tecnológico con proyectos de I+D dentro de iniciativas nacionales e internacionales, para lograr soluciones más efectivas y que puedan estar disponibles en el corto, medio y largo plazo.