Una excursión, un paseo para dibujar paisajes como los naturalistas del siglo XIX, pero ahora con las ilustraciones de las telecomunicaciones del siglo XXI. En el entorno natural de Gran Canaria descubrimos el Escuadrón de Vigilancia Aérea, EVA n.º 21 y los Radares 3D.

## CUADERNO DE CAMPO

# Vigías sobre el viejo volcán

Luis Fernando Real Martín,
*Ingeniero Técnico de Telecomunicación*

***FIGURA 1. El Pico de las Nieves desde el Roque Nublo, en el centro el Roque "El Fraile" (Dibujo del autor).***

Desde los pies del gigante vencido Roque Nublo vemos como destaca en el horizonte la perfecta esfericidad del radomo del Pico de las Nieves. Nos dirigimos al mirador que allí se encuentra. (Figura 1 y 2).

## SOBRE UN VOLCÁN DE CINCO MILLONES DE AÑOS

Ascendemos al mirador del Pico de las Nieves, la cumbre más alta de Gran Canaria, (1949 m) al borde de los Riscos de Tirajana. Encarando el poniente, el paisaje se abre en la gran depresión de la Tejeda. Dejémonos llevar por la imaginación, a los tiempos en que nació la isla en el océano. La Figura 3 esquematiza los acontecimientos más relevantes. Como todas las islas del archipiélago canario y hawaiano, Gran Canaria emergió por la acumulación de lavas brotadas desde el fondo oceánico. Su aspecto convexo hace que se denomine "volcán en escudo" a este tipo de génesis, Figura 3A.

***FIGURA 2. Roque "El Fraile", al fondo el radomo del EVA 21 en el Pico de las Nieves (Dibujo del autor).***

El crecimiento fue muy rápido, entre 14,5 y 14 millones de años durante el Mioceno, en la era Cuaternaria. Finalizó cuando el volcán formó una gran caldera porque la cámara magmática se hundió. Tras el cese de la actividad los restos se erosionaron durante milenios, hasta prácticamente desaparecer. Los valles de la Tejeda apenas conservan el testimonio de aquel evento geológico, Figura 3B. Estos procesos forman el denominado Ciclo volcánico I.

Desde el mirador, en el horizonte destaca erguido el Roque Nublo (Figura 4). Es el testigo superviviente de una renovada actividad volcánica sobre los restos de aquel primer malogrado volcán. Comenzó hace cinco millones de años, durante el Plioceno, y se iniciaba el Ciclo II, Figura 3C. El Roque fue un gran volcán central acompañado de otros conos menores como actualmente lo es el Teide en Tenerife. En los días despejados el Teide se hace presente, visible desde el propio mirador, Figura 4. Flota entre las nubes como la isla voladora Laputa, que tanto sorprendió al viajero Gulliver. El Teide y el Roque Nublo son un estratovolcán, un gran cono recrecido durante miles de años por la superposición de coladas de lavas de los periodos efusivos y de las capas de rocas y piroclastos de los periodos más explosivos (Figura 5). Cuando finalizó la actividad volcánica del Roque Nublo los agentes externos como la lluvia o el viento moldearon el terreno. Los deslizamientos y hundimientos del terreno provocaron la desaparición del volcán quedando expuestos los sólidos domos del presente Roque Nublo, el Fraile y el Roque Bentayga entre otros. La poca consistencia y densidad de los materiales volcánicos y un clima pasado más lluvioso transformaron el paisaje.

Posteriormente hubo otros procesos eruptivos localizados al norte de la isla que forman parte del Ciclo III, el cual, considerando el tiempo geológico se prolonga hasta la actualidad.

El mirador del Pico de las Nieves se encuentra sobre abruptos riscos de los restos milenarios de las lavas endurecidas del Roque Nublo. La Figura 3D muestra la posición del Pico de las Nieves con respecto a los restos del Roque.

Mirando al sur se abre la depresión de Tirajana, consecuencia del desmantelamiento y arrastre de los materiales al mar de lo que fue el volcán original Roque Nublo. Allí queda, tendido en las arenas de las Playas del Inglés, Vecindario o Arinaga. Indudablemente la historia geológica de la isla es mucho más compleja, y variada en acontecimientos que la expuesta en tan escasas líneas, muchos de ellos controvertidos y otros tantos por resolver.

En contraste con el agreste paisaje, en el mirador se encuentra la superficie lisa de la esfera del radomo que cobija en su interior la antena del radar, es el EVA 21 del Pico de las Nieves.

## *Escuadrón de Vigilancia Aérea, EVA número 21*

La Fuerza es una de las tres estructuras organizativas del Ejercito del Aire, las otras dos son el Cuartel General (Estado Mayor, Cuartel General del Ejército del Aire, Asesoría Jurídica, Archivo, etc) y el Apoyo a la Fuerza (Apoyo Logístico y asuntos económicos). La Fuerza incluye a los mandos aéreos, unidades de combate, apoyo al combate y fuerzas auxiliares, todo este conjunto se encuentra soportado por el sistema de mando y control que es el organizador de las operaciones militares. El Mando de Combate Aéreo, MACOM, de la Fuerza Aérea incluyó en 1999 en su dependencia organizativa a la Jefatura del Sistema de Mando y Control, JSMC.

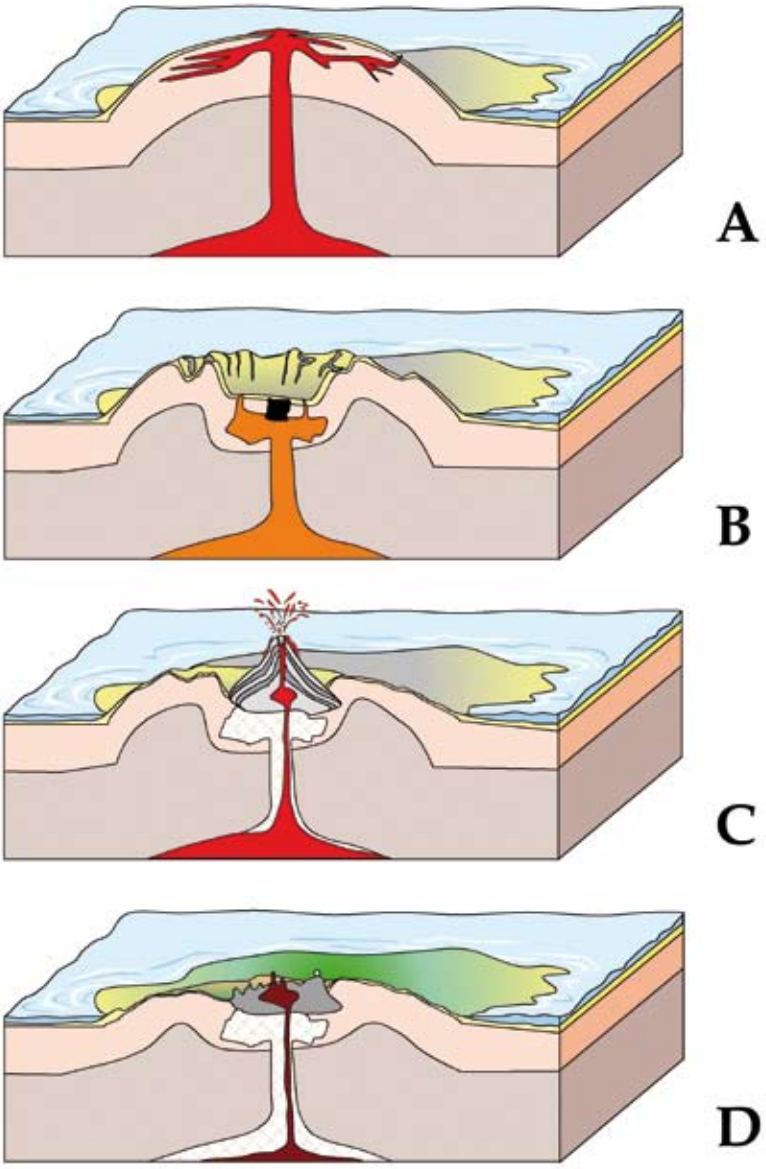


***FIGURA 3. Esquema simplificado de la formación de El Roque Nublo en Gran Canaria. Ciclo I: A y B; Ciclo II, C y Ciclo III, D. (dibujo basado en Pérez Torrado et al.)***

Entre las unidades que componen el JSMC destacan los Escuadrones de Vigilancia Aérea EVA, distribuidos por la península y las islas, coloquialmente se les conoce como "picos" por su situación geográfica. Los EVA constan de radares para vigilar el espacio aéreo y sistemas radio para comunicaciones tierra-aire (T/A); es decir, con las aeronaves. Los EVA situados en las Islas Canarias (el EVA 21 en Gran Canaria y el EVA 22 en Lanzarote), dada su situación geográfica, además del JSMC, dependen directamente del Grupo de Alerta y Control (GRUALERCON) que es encuentra en la Base Aérea de Gando en Las Palmas. En esta base se encuentra el acuartelamiento y la escuadrilla aérea preparada para una intervención inmediata si la protección del espacio aéreo así lo requiriese.

## EL EVA 21

Las obras de los edificios se iniciaron en 1965 y finalizaron en 1967 cuando se instalaron dos radares. En 1987, con la reorganización del Ejército se constituyó el EVA-21 en el Pico de Las Nieves, San Mateo (Gran Canaria) Figura 6 y 7. Este centro de vigilancia está encargado de suministrar los datos obtenidos del rádar y establecer las comunicaciones de radio Tierra-Aire con el centro de control en tiempo real para que le permitan identificar, controlar y conducir los medios aéreos y posibilitar el ejercicio del mando. Por lo tanto consta de un centro de radar y un centro de comunicaciones. Dispone de unidades autónomas para suministro de energía y almacenes que permitan funcionar independiente y aislado en circunstancias excepcionales.

En el año 2003 comenzaron a sustituirse los dos radares originales 2D (2 dimensiones) por uno 3D (3 dimensiones). En 2004 se instaló el LANZA 3D diseñados por INDRA entrando en funcionamiento en el mes de junio.

## *Radares para tres dimensiones*

El radar 3D añade la tercera dimensión: la altura, a la distancia y azimut de los radares bidimensional. La antena de un radar 3D consta de un conjunto de pequeñas antenas montadas en una estructura lineal. Varias de éstas apiladas verticalmente construyen en un plano una matriz de antenas, se construye un array plano de dipolos, Figura 10. La señal que alimenta cada antena se inyecta con una diferencia de fase relativa (*phase array antenna*). La interferencia de la radiación de cada antena individual forma un nuevo diagrama de radiación con un máximo o haz en una dirección. Si la fase relativa entre las antenas individuales cambia, también lo hace la dirección del haz, el resultado es que éste se "mueve" en el plano horizontal y vertical sin necesidad de mover la estructura que sustenta el conjunto de antenas, al cual nos referiremos en adelante como la antena del radar, considerada como una unidad.

La función del sistema Digital Beamforming, DBF, es crear mediante algoritmos digitales programables modelos de haces para diversos fines, modificando la fase, la frecuencia, la amplitud de las señales y los filtros de los transmisores y los receptores de las antenas. Pueden ser haces amplios para vigilancia (*surveillance*) o estrechos con lóbulos laterales muy reducidos, "*pencil beam*", para seguimiento (*tracking*). La misma antena puede tener diferentes tipos de haces a la vez y mantener el contacto constante con los blancos. Los equipos deben de tener un *hardware* con la capacidad de procesamiento suficiente para mantener el control independiente de todas estas funciones.

*FIGURA 4. Los Llanos de la Pez y el Roque Nublo, a la derecha Roque Bentayga. El Teide entre las nubes (Dibujo del autor).*

La Figura 8 muestra el esquema de la antena y el sistema de alimentación de la misma. Existen diversos modos de realizarlo; en el expuesto, primero se programa digitalmente el haz o haces y posteriormente realiza la conversión digital a analógica, se incrementa la potencia y se cambia la fase de cada dipolo. En la Figura 9 aparecen varios tipos de haces.

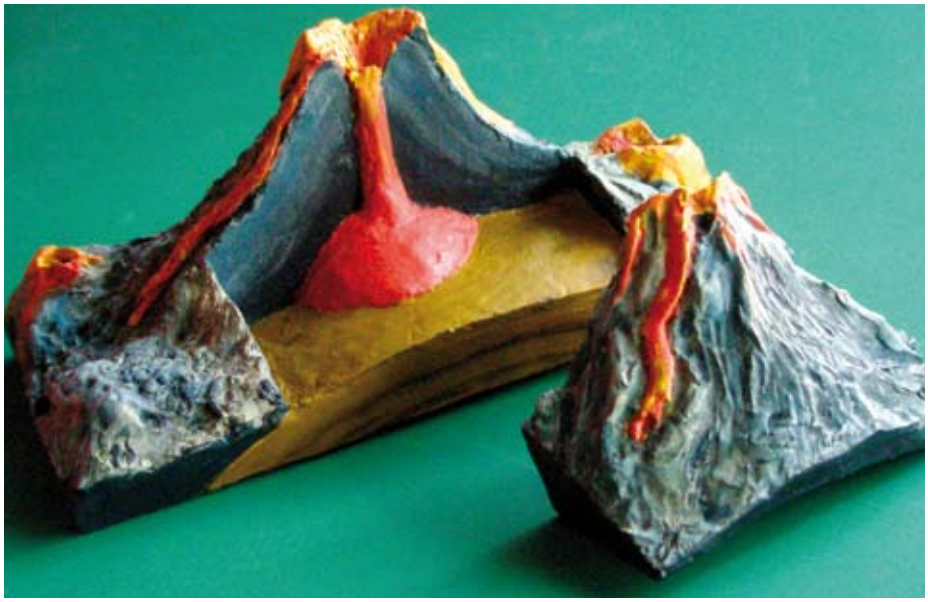

*FIGURA 5. Maqueta didáctica de un estratovolcán.*

## La detección del radar

Uno de los principales problemas de un radar es distinguir el eco de un blanco real de un eco no deseado. Esta situación provoca la detección de una falsa alarma que aparece en la imagen de la pantalla del monitor del operador confundiéndose con el blanco real. La falsa alarma puede tener diversas causas: el ruido, mal funcionamiento del aparato, interferencias o detección de objetos indeseados. Son imposibles de eliminar, pero es necesario reducir.

Se denomina "*clutter*" a los ecos no deseados causados por fenómenos atmosféricos: nubes, tormentas, rayos, etc. (por el contrario, esta clase de ecos sí son de interés para los radares meteorológicos); por el entorno físico: montañas, mar,

bosques, animales y pájaros, y por las construcciones humanas: puentes, torres y edificios. En un marco beligerante entre países, las medidas contra radar también crean falsos ecos para invalidar la interpretación correcta de la información detectada por el enemigo.

La distinción entre el blanco real y el *clutter* es uno de los objetivos del diseño del radar. Se consigue con una combinación de varias técnicas actuando conjuntamente, la elección de la banda radio, la sensibilidad del receptor de la antena, el proceso de la señal recibida y de los datos. A continuación se comentan los más básicos para acercar al lector no experto la problemática.

El *Moving Target Indicators*, MTI, es el primer filtro para distinguir los ecos de objetos en movimiento de los estáticos. La realización más sencilla de este método consiste en restar dos lecturas sucesivas de fases de la señal de retorno del radar, alterada por el efecto Doppler, para que se anulen los ecos fijos y aparezcan en la pantalla del operador solo los ecos de los objetos móviles. El MTI sólo indica si hay blanco o no, pero no aporta ni la velocidad, ni la dirección (si se acerca o se aleja) o la distinción entre múltiples blancos. Es necesario recurrir al proceso más complejo, el *Moving Target Detector*, MTD, también basado en el efecto Doppler. Desde un blanco móvil se desconoce el instante y la frecuencia modificada por el efecto Doppler con la que llegará en el eco. Este sistema de detección se basa en averiguar la diferencia de fase producida por el Doppler resultante entre la señal radar emitida y el eco recibido de los objetos, el valor de la desviación Doppler depende de su movimiento. Los procedimientos MTD permiten crear umbrales de detección ajustados a valores de frecuencia; es decir, crear filtros paso banda y discriminar *clutter* por velocidad en sucesivas lecturas, por ejemplo suprimir las nubes por su movimiento lento. Por lo tanto, el proceso MTD consiste en emplear conjuntos de filtros paso banda. Estos filtros se diseñan mediante filtros FIR (*Finite Impulse Response*), capaces de suprimir las bajas frecuencias del *clutter* y aumenta la respuesta en la banda de paso. Otros análisis, actualmente en desuso, se realizan mediante Transformadas Rápidas de Fourier (Fast Fourier Transform, FFT) que también se utiliza para crear filtros que permitan identificar esta frecuencia y a través de ellas la velocidad de los objetos, pero los filtros FFT generan muchos lóbulos secundarios.

***FIGURA 6. Radomo del EVA 21.***

El radar presenta otras limitaciones que dependen de la frecuencia y el período de repetición de los pulsos enviados (*Pulse Repetition Frequency*, PRF). Estos parámetros se programan y combinan para ampliar los rangos de detección (distancias sin ambigüedad), distinguir varios blancos muy próximos entre sí y asegurar el movimiento de los blancos gracias a diferentes respuestas Doppler.

Los radares modernos están equipados con sistemas de detección automática. Un parámetro denominado *Constant False Alarm Rate*, CFAR, indica qué porcentaje de detecciones corresponden a blancos

***FIGURA 7. Dibujo del radomo del EVA 21 (Dibujo del autor).***

métodos CFAR son procesos digitales de los datos del radar.

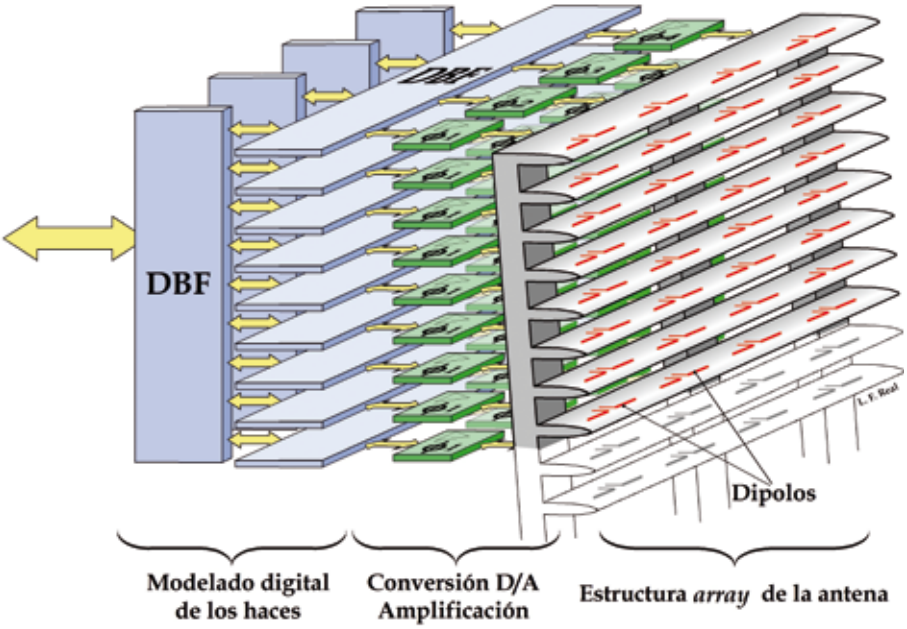


*FIGURA 8. Esquema de DBF y la estructura de la antena Radar 3D (Dibujo del autor).*

falsos. Los sistemas CFAR realizan automáticamente la función del operador radar cuando distingue en la pantalla cuál es un blanco verdadero y cuál no. Los nuevos métodos basados en modelos estadísticos tratan de reducir el porcentaje CFAR.

Para minimizar la detección de falsas alarmas el radar construye un mapa espacial, tridimensional, Clutter Map CFAR, de su alrededor. En este mapa sitúa la información obtenida de los *clutter* (junto con las limitaciones como el ruido, interferencias o pérdidas) para cada dirección y rango. Estos puntos de exploración se denominan celdas. Con los datos anteriores adapta los umbrales de detección a cada célula y así, durante la exploración reduce las falsas alarmas. Este mapa cambia a lo largo del tiempo. Inicialmente, para crear el mapa el radar tiene que "aprender" y conocer como es su entorno, el relieve, el mar, las ciudades u otras antenas interferentes y adaptar su sensibilidad a él. Después tiene que ir adaptándose al *clutter* cambiante. El *clutter* puede generar distintos tipos de respuesta, desde una respuesta discreta (edificios, colinas) hasta otra dispersa (mar, lluvia). Los procesos para obtener los umbrales adaptados deben tener en cuenta esta variedad de información. El procesado de ésta se realiza mediante métodos espaciales y métodos temporales. Los primeros estiman el valor del umbral de cada punto de exploración del mapa o célula a partir de las células adyacentes y los segundos estiman el valor de la misma célula en exploraciones sucesivas. Los

## LANZA 3D

El LANZA 3D es un radar de largo alcance que opera en la banda D de la OTAN equivalente a la banda L de IEEE (1 a 2 GHz, UHF) dedicada a las misiones de vigilancia y control aéreo.

Posee tres características importantes, algunas ya comentadas:

- Antena plana matricial, en algunos modelos está formada por 44 filas con 56 dipolos con polaridad horizontal cada una. El soporte, actuando como un plano de tierra en la parte posterior impide la radiación en esa dirección. La dimensión es 10,6 m de ancho y 7,7 m de alto (Figura 11). Otros modelos de LANZA constan de 40 filas con 62 dipolos en un área de 11,8 x 7 m.
- Transmisores de estado sólido. Consiste en grupos amplificadores transistorizados (con semiconductores de Arseniuro de Galio, GaAs) en cascada para conseguir la potencia del haz adecuada.
- Procesado digital de la señal que permite:
  - Detección de blancos de pequeño tamaño; es decir con pequeña sección radar (blancos invisibles o *stealth*) que provocan ecos mínimos y pueden ser indetectables.
  - Detección de objetos en presencia de ruido, interferencias y distinción de blancos en un entorno con alto fenómeno *clutter*.

**Las medidas de Guerra Electrónica (*Electronic Warfere*, EW) se dividen en tres grandes áreas de desarrollo.**

**Medidas de Apoyo Electrónico.** (*Electronic Support*, ES) Consiste en las actividades y técnicas que permiten interceptar, analizar y clasificar cualquier perturbación electromagnética. Los datos se utilizan para localizar el origen, identificar el emisor y prever intenciones.

**Medidas de Ataque Electrónico.** (*Electronic Attack*, EA) Estas tareas tratan de impedir que el enemigo pueda utilizar el espectro electromagnético adecuadamente para sus acciones. Provoca perturbaciones *(jammers)* u origina repeticiones con falsos señuelos para engañar a los radares y receptores y no puedan funcionar correctamente.

**Medidas de Protección Electrónica.** (*Electronic Protection*, EP). Suponiendo que el enemigo también aprovecha las medidas anteriores, las tareas de protección consisten en como evitarlas o minimizar sus efectos sobre nuestros sistemas y equipos de tal forma que la información que nos aporten sea fiable y útil en la toma de decisiones.

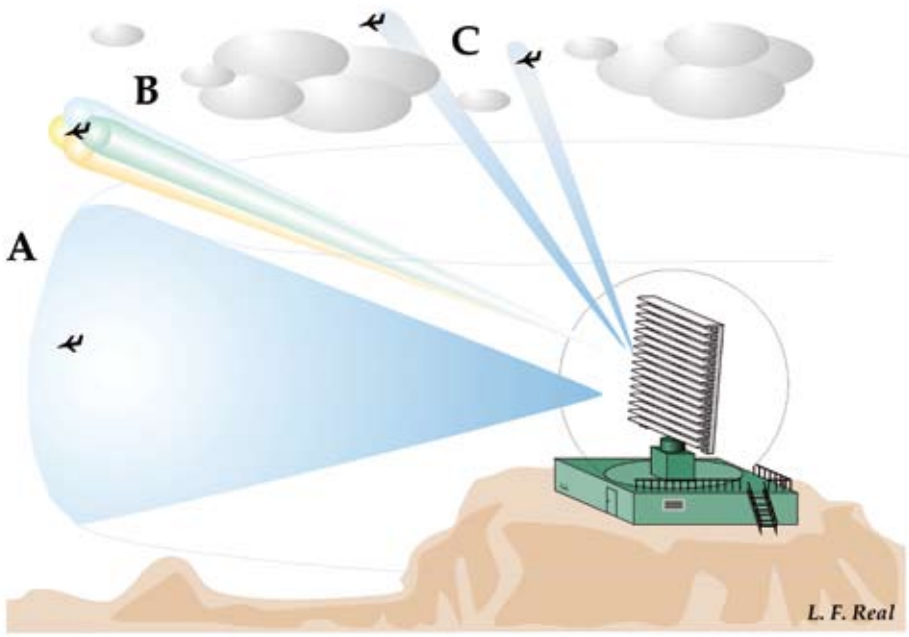


*FIGURA 9. Diversos tipos de haces: A. Vigilancia. B Seguimiento mediante monopulso (recepción). C. Seguimiento mediante exploración cónica de varios blancos simultáneamente (Dibujo del autor).*

- Alta capacidad de seguimiento. Utilización en Tactical (o Theatre) Ballistic Missile, TBM. Detección y seguimiento de misiles balísticos tácticos y cálculo con precisión del punto de lanzamiento y de impacto.

## Medidas contra radar y protección electromagnética

En un escenario de guerra electrónica (ver cuadro) los sistemas propios actúan para anular o degradar electrónicamente los sistemas de comunicaciones del enemigo. A este conjunto de técnicas se denomina *Electronic Counter Measures*, ECM o *Electronic Attack*, EA. Pero recíprocamente, los propios sistemas de comunicación se verán atacados de forma similar y se deben evitar las consecuencias adoptando contramedidas. Son conocidas como *Electronic Counter Counter-Measures* ECCM o *Electronic Protection*, EP. El proceso CFAR es un ejemplo de contramedida para eliminar perturbaciones *clutter* malintencionadas. Estas perturbaciones son creadas por interferencias (*jammers*) o ecos reflejos lanzados por el agente perturbador (*chaff*) El proceso CFAR adapta automáticamente los umbrales de detección ante el incremento del nivel de ruido por estas causas.

Otro procedimiento por ejemplo, es el Sidelobe blanking, SLB, donde se combina la antena principal direccional y otra auxiliar omnidireccional. Esta técnica suprime las detecciones causadas por señales recibidas a través de los lóbulos secundarios de la antena principal. Se verifica que la señal recibida por la antena principal es muy superior a la recibida por la antena auxiliar. Esto sólo ocurre cuando la señal se recibe por el lóbulo principal de la antena direccional.

La protección contra ataques electromagnéticos no sólo consiste en dotar a los radares de técnicas ECCM para combatir medidas ECM pasivas o activas. También es necesario dotar de protecciones ante ataques EMP, *Electromagnetic Pulse*, que afectan a los equipos electrónicos, al diseño del radar, la distribución del cableado, los armarios y cabinas (*shelters*) que los alojan. Un ataque EMP consiste en una explosión que crea un intenso pulso electromagnético, que en casos de sistemas no protegidos, puede causar malfuncionamientos permanentes en los equipos.

## El radar secundario MSSR / IFF

Una clasificación de tipos de radar es la que distingue entre radares Primarios y Secundarios. Los radares Primarios basan la detección de los blancos y objetos de interés en el procesamiento de la señales de sus ecos, pudiendo obtener una información relativamente simple sobre el blanco (posición, velocidad, tamaño), y en algunos radares con técnicas especiales, estimación de la forma o imagen radar. Por el contrario, los radares Secundarios interactúan con el blanco intercambiando mensajes a través de códigos predeterminados para la identificación mutua. Mientras que un radar Primario detectará objetos siempre que el eco tenga suficiente amplitud para su sensibilidad, el radar Secundario sólo detectará blancos colaboradores que lleven un equipo denominado Transponder que se encargue de responder a la "interrogaciones" que reciba procedentes del radar. Se han diseñado diversos modos de funcionamiento reconocidos internacionalmente identificados con letras o números. Modos de Identificación civiles (3 y C) y en Modos de Identificación militares (1, 2 y 4). La interrogación selectiva a un avión concreto es sólo para Modo 4.

Asociado al LANZA está el radar de vigilancia secundario monopulso (*Monopulse Secondary Surveillance Radar*, MSSR) conocido como Interrogador de Radar Secundario Monopulso IRS-20M. La antena del secundario es capaz de determinar mediante el envío de un único pulso de radio el azimut del blanco. Envía a las aeronaves que se encuentran a su alcance una señal

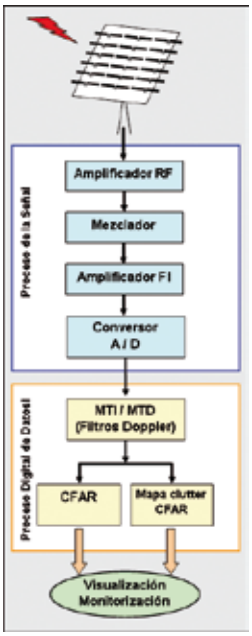


*FIGURA 10. Esquema del receptor genérico (Dibujo del autor).*

*FIGURA 11. Uno de los modelos del radar Lanza 3D (Cortesía Indra).*

codificada. Estas responden automáticamente al código con equipos embarcados denominados transpondedores (reciben en una frecuencia y responden en otra). Posteriormente el servicio de vigilancia desde tierra puede interrogar individualmente a los aviones enviando el código identificador del avión al que solicita información adicional, operativa denominada *Selective Identification Function*, SIF. La pregunta a los aviones que se realiza cuando funciona en el Modo 4 es mediante códigos militares encriptados. Es un sistema de identificación de amigo o enemigo (*Indentification Friend or Foe*, IFF) ya que los aviones amigos responden a la encriptación mientras que los enemigos no.

Todas las localizaciones (del LANZA) e identificaciones (del IRS) obtenidas del espacio aéreo son enviadas a los centros operativos remotos donde serán procesados e interpretados según las circunstancias de seguridad nacional de cada momento. Esta información también sirve para controlar el tránsito aéreo mediante la colaboración, otra de las misiones del EVA, entre el puesto de vigilancia militar y los centros de control aéreo civiles (Air Traffic Controller, ATC) de Canarias.

## BAJO EL CIELO

Abandonamos del mirador del Pico de las Nieves. Nuestro recorrido ha ido desde las entrañas de la Tierra convertidas en esta sólida isla hasta explorar el espacio que se sitúa sobre ella con la más moderna tecnología en invisibles ondas electromagnéticas.

## REFERENCIAS Y URL


***Gran Canaria***

ANGUITA, Francisco; MÁRQUEZ, Alvaro; CASTIÑEIRAS, Pedro & HERNÁN, Francisco. *Los volcanes de Canarias. Guía geológica e itinerarios*. Ed. Rueda 2002, Madrid

PÉREZ Torrado, Francisco José; Cabrera Santana, María del Carmen & Rodríguez González, Alejandro. *Geolodía 11, Gran Canaria. Un gigante derrotado, paseo por las entrañas del Volcán Roque Nublo*. Folleto de la excursión del 8 de Mayo 2011.

URL: www.sociedadgeologica.es/archivos_pdf/g11trip_grancanaria.pdf

***Ejército del Aire***

AAVV "Dossier Nueva Estructura orgánica del Ejercito del Aire" *Revista de Astronáutica y Aeronáutica* n.º 735 Julio Agosto 2004

URL: www.portalcultura.mde.es/Galerias/revistas/ficheros/RAA_735_2004.pdf

DÍEZ, Raul & del VADO, Santiago F. "El primer EVA modernizado". *Revista Española de Defensa*, nº 151, septiembre 2000. pág 36-37

URL: www.portalcultura.mde.es/Galerias/revistas/ficheros/RED_151.pdf

JIMÉNEZ, Juanjo. "Los ojos de Gran Canaria". *La Provincia, Diario de las Palmas. Lunes 28 de mayo de 2012*.

JIMÉNEZ, Juan Carlos. "Cuarenta años de vigilancia aérea". *Revista Española de Defensa*, nº 160, junio 2001. págs. 46-47

URL: www.portalcultura.mde.es/Galerias/revistas/ficheros/RED_160.pdf

Ministerio de Defensa, Ejército del Aire, Organización, Organigrama

URL: www.ejercitodelaire.mde.es/ea/pag?idDoc=78320A066E31E05AC125747300453644

MORATINOS Calonge, Francisco. "El ACAR Puig Mayor/ EVA nº 7" *Revista de Astronáutica y Aeronáutica* n.º 734 junio 2004, pág 478-480.

URL: www.portalcultura.mde.es/Galerias/revistas/ficheros/RAA_734_2004.pdf

SáNCHEZ Barbancho, Jorge F. "EVA 2 Cincuenta años" *Revista de Astronáutica y Aeronáutica* nº 782 Abril 2009, pág. 348-352

URL: www.portalcultura.mde.es/Galerias/revistas/ficheros/RAA_782_2009.pdf

SOLER, Guillermo. "Los ojos electrónicos del Puig Major" *La Almudaina*. Nº 521, 15 mayo 2011. págs. 1-2.

URL: es.scribd.com/doc/74906150/Mallorca-Estacion-en-el-Puig-Major

***Radares***

3D LANZA Family Radars

3D LANZA FAMILY RADARS_0.pdf en www.indracompany.com

AAVV "Monografías del SOPT nº 2. La Guerra Electrónica en España". Edita Ministerio de Defensa. 2009.

URL:www.portalcultura.mde.es/Galerias/publicaciones/fichero/Monografia_SOPT_2_Guerra_electronica.pdf

AAVV "Antenna design activities in the Grupo de Radiacción" en *Antenna Research, Activity in Spain*. Editor Manuel Sierra Pérez. RESA, Red Española de Antenas. 2006

URL: www.redresa.org/LibroRESA/Documents/18b-UPM_GR_AA_T.pdf

FARINA, A. & STUDER, F. A. "A Review of CFAR Detection Techniques in Radar Systems" pág. 179-185. en *Optimised Radar Processors* Ed. Peter Peregrinus Ltd. 1987.

URL: dsp-book.narod.ru/Farina/11185_18.pdf

REYES, J. & PASCUAL, J. M. "La batalla por el espectro electromagnético" *Digital Bit*, n.º 130 editan Colegio Oficial de Ingeniería Telecomunicaciones y Asociación Española Ingeniería de Telecomunicaciones.

URL: www.coit.es/publicac/publbit/bit130/especial3.htm

SKOLNIK, M. I. *Radar Handbook*. Ed. McGraw Hill. 1990. Boston

WOLFF, Christian autor de la página:

URL:www.radartutorial.eu