

# HISTORIA DEL RADAR

Jorge Parker Sanfuentes \*

**D**e acuerdo al conocimiento natural o instintivo que muchos poseemos sobre algunos inventos creados en el presente siglo, si alguien nos pregunta ¿quién inventó el Radar?, uno también instintivamente contesta, “los ingleses durante la Segunda Guerra Mundial”.

Lo anterior, si bien no se aleja mucho de la realidad, carece de precisiones científicas, que podría ser interesante aclarar, sobre todo en un ambiente como es el mundo naval, el cual debe mucho de su progreso, en especial en la parte táctica al desarrollo de este ingenio electrónico. Es por eso que he querido recopilar cierta información, que a mi mismo me aclaró muchas dudas de la génesis de este equipo, del cual ha dependido mucho de mi trabajo profesional como Oficial Especialista.

## Historia.

Para entender bien la génesis tecnológica completa de este equipo es necesario remontarse al año 1864, en donde el físico inglés James Maxwell desarrolló las ecuaciones que gobiernan el comportamiento de las ondas electromagnéticas. Posterior a esto, en 1886, el físico alemán Heinrich Herz pudo demostrar a partir de las ecuaciones de Maxwell, las leyes de reflexión de las “ondas de radio”. Con esto logró demostrar que hay ciertas propiedades físicas de los medios que facilitan la reflexión de estas ondas.

Para ejecutar las mediciones descritas, Herz diseñó un elemento que generaba (transmisor) una onda a partir de la descarga de un “capacitor” sobre una bujía generando un arco. Esta energía la canalizaba a través de un “loop de alambre” (antena) y a través de otro “loop” lograba medir la cantidad de energía traspasada. Obviamente los términos técnicos que para nosotros resultan usuales en esa época no se manejaban.

Para los que han estudiado física y electrónica, ya los apellidos de estos científicos debiera ser familiar, puesto que la historia los recuerda al menos en sus unidades de medida.

Lamentablemente Herz no pudo ver el fruto de su trabajo ya que el año 1894 fallecía a la edad de 37 años, siendo uno de sus méritos el haber descubierto el concepto de “antena” para generar las ondas electromagnéticas. El año 1890 el físico francés Edouard Branly diseñó un “receptor” más eficiente que el de bujía creado por Herz, al cual le llamó “coherer”.

En 1895, un año después de la muerte de Herz, un joven inventor italiano de tan solo 21 años recopiló la teoría electromagnética de Maxwell y los experimentos de Herz y logró establecer la primera “transmisión” de telegrafía sin hilos, dando paso a la creación de una gran y fructífera empresa que él mismo no se debe haber imaginado en esa época, estamos hablando de Guglielmo Marconi.

En 1900 los estadounidenses lograron ejecutar su primera transmisión de voz por un medio sin hilos, logrando el interés de muchos oficiales jóvenes y científicos por esta nueva forma de comunicación por el espacio libre, incorporando a los EE.UU. de América en el desarrollo de estas tecnologías.

Hasta aquí podemos ver como prácticamente en paralelo y casi en forma contemporánea se lograban materializar las ecuaciones de Maxwell y los experimentos de Herz, por lo que se puede decir que los primeros pasos de esta nueva tecnología lograba ser fruto de una pequeña comunidad científica internacional, que no sabía claramente que estaba trabajando en forma contemporánea.

A partir de aquí y con estas primeras herramientas del saber comienzan a separarse claramente dos desarrollos que poseen sus raíces comunes, como son la Radio o comunicación a larga distancia sin hilos y el Radar o la detección y medición de objetos distantes, ambos de gran interés naval.

## Desarrollo.

Retomamos la línea de desarrollo del radar, diciendo que en 1903 el investigador alemán Christian Hulsmeyer fue capaz de detectar ondas de radio que reflejaba en los buques. En 1904 patentó esta idea y desarrolló un equipo con la finalidad de ayudar a la navegación de los buques y así evitar colisiones. Presentó un experimento a la entonces Armada Imperial del Kaiser, no causando un gran entusiasmo debido a que sólo lograba alcances de una milla. Sin duda, analizando la historia, más tarde Alemania pagaría caro el no haber desarrollado este incipiente equipo en una fecha más prematura.

Pasaron 20 años, para que en 1922 el genio italiano de Marconi, retomando los estudios teóricos hiciera notar que era posible que las ondas de radio, focalizadas en un haz pudieran ser reflejadas por un objeto como un buque y así obtener su presencia, distancia y demarcación en especial durante la noche, con neblina o en malas condiciones de tiempo.

Al hablar de ondas de radio en esta época me refiero a señales de hasta 30 (MHz), las que ahora sólo se utilizan en la frecuencia baja del espectro como ondas cortas de HF en el área de comunicaciones.

Si bien el proyecto anterior interesó a la Armada italiana, quien le vio campo para el control de su artillería, no fue lo suficientemente convincente para iniciar un desarrollo de proporciones. Iniciada la segunda guerra mundial, este país también pagaría caro el haber dejado de lado este proyecto, con el agravante de ser además la cuna de uno de sus inventores.

Pocos años después dos científicos del Naval Research Laboratory (NRL) Hoyt Taylor y L. Young llevaron a la práctica las especulaciones de Marconi y condujeron un experimento en que transmitieron una señal de radio de onda continua a través del río Potomac detectando que al pasar los buques se producían alteraciones en la calidad de la señal recibida. Lograron perturbaciones con distancias de hasta tres millas y haciendo volar su imaginación concluyeron que existirían poderosas razones para diseñar un elemento que detectara buques en el mar no dependiendo de la neblina, condiciones de tiempo o técnicas de evasión como las cortinas de humo.

A pesar de eso la Armada de los EE.UU. se encontraba muy ocupada y enfrascada en dotar a los buques de comunicaciones sin hilos, desarrollo que se estaba ejecutando en forma contemporánea. A pesar de esto y del gran aliento que significaba en tiempo el desarrollo de este nuevo equipo, se continuó con su investigación a nivel científico en muchos campos.

Es así que el NRL, en cooperación con el Carnegie Institute, durante el año 1925 investigó la reflexión de ondas en la ionosfera y la modulación por pulsos de la onda, de tal manera que conociendo el instante de salida de un pulso y midiendo su retardo se podría calcular la distancia del rebote. De esta misma manera debido al gran avance en que se encontraba la electrónica en esa época permitieron vislumbrar que la invención de las válvulas de vacío, entre ellas el Tubo de Rayos Catódicos, podría ser útil a este nuevo ingenio.

Debido a la experiencia de la I Guerra Mundial y a lo convulsionado que se estaba volviendo el ambiente en Europa entre los años 30 y 40, el desarrollo del radar adquirió una velocidad inimaginada.

Volviendo un poco atrás, en Inglaterra el año 1915 el Ingeniero Sir Robert Watson-Watt, quien trabajaba en el departamento de meteorología en la Royal Aircraft Factory ocupó sus conocimientos para, a través de ondas de radio, obtener una manera de alertar a los pilotos de la presencia de tormentas y malos tiempos, para lo cual, sumado a sus estudios, comprendió la necesidad de poder presentar rápidamente lo que estas ondas “veían” en un dispositivo y para ello pensó en el Tubo de Rayos Catódicos, lamentablemente esto sólo se materializó en 1923.

En 1924 Watson-Watt fue promovido al Instituto de Estudios de Radio donde en 1927 se refundió con el Laboratorio Nacional de Física, del cual era su superintendente, es conduciendo una serie de experimentos llegó en junio de 1935 a lograr la primera detección de un avión a través de ondas de radio a una distancia de 15 millas. El 1 de septiembre del mismo año a través de ondas de 12 (MHz) logró detectar a un bombardero a una distancia de 40 millas. Este nuevo dispositivo recibió el nombre de “Radio Detection Finding (RDF)”, aunque en algunos lugares se le empezó a conocer como el “rayo de la muerte” y así muchos creyeron que Inglaterra estaba desarrollando una mortal arma secreta. Más tarde se le conocería con su nombre actual de Radar “Radio Detection And Ranging”.

En abril de 1936 los científicos Page and Young del NRL de los EE.UU. lograron detecciones aéreas de gran exactitud con un “radar” pulsado a una distancia de 10 millas usando ondas de 28,6 (MHz). Posteriormente aumentaron la duración del pulso a 5 (microsegundos) logrando detecciones de 25 millas. Debido al éxito de estas pruebas a las que asistió el US Army Signal Corps, lo incentivaron para que en diciembre de ese año concretaran las pruebas del SCR-268, primer radar de control de tiro antiaéreo.

Comenzaba así a estructurarse la compleja teoría del radar y el desarrollo de esta nueva “arma” silenciosa. Era tan necesario el desarrollo de esta teoría que EE.UU. vio detenido un poco el avance de los trabajos debido a que, por las frecuencias ocupadas hasta entonces, las antenas a bordo de los buques se hacían impracticables, obligándolos a estudiar la manera de minimizarlas para ser efectivas.

Hasta ahora podemos vislumbrar que el motor del desarrollo de esta técnica era diferente para las dos naciones más involucradas en ella. Por un lado EE.UU. quería mejorar las capacidades de sus buques y controlar su armamento, en tanto que Inglaterra quería alertar a sus aviones y obtener la presencia de ellos. Es así como a partir de septiembre de 1938 entraba en servicio una gran cadena de

antenas de radio entre 22 y 28 (MHz) en la costa este y sur de la isla de Gran Bretaña. Este arreglo de antenas se conocería como “Chain Home” y fue el primer radar de vigilancia aérea de la historia, el que apoyó a los ingleses durante la ejecución de la “Batalla de Inglaterra”.

El general alemán Adolf Galland as de la aviación alemana y piloto de aviones caza, señaló en sus memorias que “los ingleses se beneficiaban con un sistema de radar muy superior al nuestro”. Durante los cuatro meses de la Batalla de Inglaterra, su célebre Chain Home y control aéreo terrestre tuvo un gran papel, dirigiendo a los aviones segundo a segundo y llevándolos al combate en las más favorables condiciones y en el mejor momento. Nuestros pilotos por el contrario, sólo podían contar con su vista. Cuando tomaban contacto con el enemigo, sus instrucciones, recibidas cerca de tres horas antes, estaban obsoletas, pasadas por la evolución de las operaciones. A los ingleses les bastaba seguir las instrucciones de sus controladores”.

Reforzando el objetivo aéreo del desarrollo inglés, los técnicos y mandos encargados de los distintos trabajos que se realizaban, pensaron en montar un radar a bordo de una aeronave, acción de la cual también derivaron dos caminos. La primera era poder dotar a un bombardero de visión nocturna AI (Air Interception), y la otra potenciar las capacidades de vigilancia de la aeronaves de patrulla ASV (Airborne Surface Vessel), este último campo tuvo un desarrollo prioritario a comienzos de la guerra. Es así como el 17 de agosto de 1937 el primer radar aerotransportado voló instalado a bordo de un AVRO K6260, era un radar de 100(W) de potencia, el que logró detectar al portaaviones HMS *Courageous*, y los cruceros de batalla HMS *Rodney* y HMS *Southampton*, bajo condiciones de tiempo que hacían imposible su reconocimiento visual.

Hacia fines de 1939 había 24 aviones Hudsons y 25 Sunderlands con radares ASV, conocidos como MK I, su desempeño en patrullaje no había sido tan satisfactorio ni confiable como se esperaba, aunque era bien acogido como un equipo de ayuda a la navegación. Si embargo debido a las presiones del Almirante Somerville, se realizó una prueba con submarinos, logrando que el avión a una altura de 1000 pies pudiera detectar a un SS a una distancia de 3 millas, posteriormente se comprobó que a una altura de 6000 pies se lograban detecciones de 6 millas.

Debido a lo anterior, se hicieron modificaciones a las antenas y se montó un nuevo prototipo a bordo de un bombardero Whitley, logrando detecciones de SS a distancias entre 10 y 15 millas. Nosotros que conocemos la historia sabemos cual era una de las más grandes amenazas para los convoyes ingleses durante la guerra, de allí la importancia dada a mejorar la vigilancia de superficie.

Como se ha mencionado, se habían alcanzado transmisiones con frecuencias de hasta 30 (MHz) y utilizando dos antenas, una para transmitir y otra para recibir. Ese era uno de los problemas que aún mantenían ocupados a los estadounidenses. Para poder reducir el tamaño de la antena era necesario aumentar la frecuencia de transmisión, y es así como en EE.UU. se comenzó a desarrollar un transmisor de 200 (MHz), logrando efectuar las primeras pruebas de éste con una antena “Yagi” a bordo del USS *Leary*, dicha antena fue montada sobre un cañón de 5” con el fin de darle movimiento acimutal. Más tarde, y más desarrollado, este radar pudo, en diciembre de 1938 a bordo del portaaviones USS *New York*, efectuar detecciones de aeronaves hasta 100 millas y unidades hasta 15 millas, las risas provocadas por su “rara” antena cesaron después de las pruebas al ver la magnitud y la importancia militar de este equipo. A este radar se le llamó el Navy’s XAF.

Tanto fue el entusiasmo que el comandante del portaaviones USS *New York* instó a la pronta instalación de éstos en otros portaaviones y naves mayores no importando si estaba o no en su versión final del desarrollo. Es así como antes de 1940 ya habían a bordo 20 versiones del nuevo CXAM, como se denominó al producto final.

Tal como se ve y se ha mencionado, ambas naciones estaban trabajando en forma paralela, con distintas motivaciones y sin ningún tipo de cooperación mutua; sin embargo, un hecho fundamental ocurrió en Inglaterra que haría cambiar por completo la velocidad de desarrollo de este nuevo equipo tan fundamental ahora tanto para los ingleses y posteriormente para EE.UU. En Inglaterra el 21 de febrero de 1940 los científicos Henry Boot y John Randall creaban el primer “magnetron de cavidades resonantes” y el físico Robert Sutton hacia lo propio con el “Tubo Klystron”, respectivamente osciladores y amplificadores de ondas centimétricas, conocidas ahora como microondas. Con lo anterior y debido a la gran visión de estadista que poseía Sir Winston Churchill, aprobó el traspaso de tecnología y el trabajo conjunto entre ingleses y norteamericanos, acción con la cual se lograron producir señales de 3[GHz] de frecuencia y de 1[kW] de potencia, y de esta manera aumentar la potencia de los equipos a la vez que reducir el tamaño de sus antenas.

Sumado a lo anterior el mismo físico inglés Robert Sutton diseñó un dispositivo de vacío conocido como el “Soft Sutton Tube”, que no era otra cosa que el primer duplexer, elemento que actuaba como interruptor de ondas de radio de altas potencias, permitiendo ahora el uso de la misma

antena tanto para transmitir como para recibir, disminuyendo el tamaño de estos dispositivos y su complejidad.

A partir de este momento el desarrollo sería ahora conjunto, aunque cada nación mantenía sus prioridades y enfoques para el uso de este equipo. Es así como poco tiempo antes de que EE.UU. entrara en la guerra se hubo creado el Laboratorio de Radiación de Cambridge, dependiente del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) el que con la cooperación de la Armada y el Ejército creó la Escuela de Radar del MIT, con el propósito de preparar oficiales de ambas ramas en los nuevos principios y técnicas del radar. Dicha escuela funcionó hasta aproximadamente el año 1949. Posterior a eso el desarrollo tomado por el MIT siguió el camino de la investigación del uso del radar, principalmente en la meteorología.

Uno de los productos de esta nueva tecnología sería el radar del ejército SCR-270, desplegado en la isla de Oahu, archipiélago de Hawái, el cual tuvo la detección de las primeras oleadas de aviones japoneses que atacarían la base naval de Pearl Harbour, lamentablemente la inexperiencia de los operadores sería fatal.

Mientras tanto en Inglaterra el primer éxito de la vigilancia aeronaval a través del radar acaecía en el golfo de Vizcaya, el 30 de noviembre de 1940 un Whitley equipado con un ASV MK VI atacó y dañó al submarino alemán U-71. A mediados de 1941 los ataques diurnos contra SS se habían incrementado en un 20% y se hacía todo lo posible por ejecutarlos también nocturnos, el problema que existía era que los pilotos a pesar de “detectar” el submarino no lo podían “ver”, por lo cual no lo podían atacar; sin embargo, el 21 de diciembre de 1941 se logró hundir un SS alemán en un ataque nocturno.

En Alemania, a pesar de no haber tomado muy en serio a Hulsmeyer los primeros desarrollos alemanes datan del año 1935, en que la empresa GEMA pone en servicio el primer radar de 82 cm, se refiere a largo de onda, correspondiente a una frecuencia aproximada de 365 MHz, con un arreglo de antenas verticales y horizontales. Su nombre fue Seetakt y fue utilizado en bases terrestres y a bordo de los acorazados *Graf Spee* y *Bismarck*. Sin embargo sus antenas eran muy grandes y su alcance muy corto.

Después de algunos intentos fallidos, GEMA pudo producir una versión más pequeña del Seetakt para ser utilizado a bordo de los *U-boat*. La antena fue diseñada como un arreglo de dipolos instalados en la torrecilla de un SS, su alcance llegaba a unas 4 millas y la demarcación se lograba mediante la técnica de detección de máximos de radiación “Detection Finding”.

Posteriormente hacia 1942 este arreglo de antenas fue reemplazado por una antena única soportada en un mástil y con capacidad de rotación. Lamentablemente la ubicación de esta antena, en la parte trasera de la torrecilla la hacía muy vulnerable al ataque de las bombas de profundidad. Sin embargo, el primer radar construido en serie apareció a contar de septiembre de 1942. Con este radar se dotaron aviones tipo FW 200 para labores de vigilancia y con antenas más pequeñas se instalaron a bordo de SS, siendo una gran ayuda en especial para navegaciones en las cercanías de costa.

A mediados de 1942 los submarinos alemanes tipo “Metox” llevaban un simple receptor de radio, con el cual pudieron darse cuenta de cuándo eran “iluminados” por los hasta ese entonces nuevos radares aerotransportados ingleses; así disminuyó la eficacia de los ataques y se incrementaron nuevamente los hundimientos de los convoyes. Se puede hablar del inicio de la Guerra Electrónica, al menos en el campo MAE (Medidas de Apoyo Electrónicas).

Sin embargo, con el advenimiento del radar de microondas, con antenas más pequeñas y directivas se retomó la idea de los radares AI, para ataques nocturnos. De lo anterior, sumado a la experiencia que se había obtenido en el traqueo de aeronaves, nuevo término surgido ahora, el cual es obtener los datos del blanco representado, se intentó colocar este nuevo radar centimétrico o de microondas a bordo de una unidad naval de combate. Es así como en Marzo de 1941 un radar con una ingeniería bastante más elaborada era instalado a bordo del HMS *Orchis* y el 16 de noviembre de ese año se le atribuye a uno de estos buques con radar el hundimiento del U-433 en Gibraltar. A mediados de 1942 unas 236 unidades llevaban este radar.

Mientras tanto en noviembre de 1941 entraba en sus primeras pruebas el H2S, primer radar AI con el concepto de mapeo terrestre. Este radar voló el 17 de marzo de 1942 en un bombardero Halifax, el éxito logrado fue rotundo lo que motivo a que Sir W. Churchill ordenara 200 unidades para octubre de 1942. Sin embargo el costoso desarrollo sólo permitió que a fines de 1942 se contara con 24 bombarderos Halifax y Stirlings equipados con este equipo, además se incorporaba la pantalla PPI (Plan Position Indicator) que otorgaba una imagen circular relativa respecto al avión del retorno de los ecos de radar. Todo apuntaba a los bombardeos nocturnos en Europa, por otro lado el Comando de

Defensa Costero solicitaba la incorporación de este equipo a bordo de bombarderos más pequeños que alcanzaban menos altitud, para poder atacar a los SS alemanes.

Es así como se dotó de estos nuevos radares a los bombarderos bimotor Wellington, siendo su primera misión de patrullaje el 17 de marzo de 1943 logrando detectar un SS que se encontraba a 9 millas de costa. Entre abril y mayo el almirante alemán Carl Doenitz había perdido 56 submarinos y visto reducida su captura de convoyes de 400.000 a 100.000 toneladas. Caro estaba costando no haber tomado más en cuenta a Hulsmeyer.

Si bien ahora los SS Metox no eran capaces de detectar las emisiones de estos nuevos radares, se cree que la caída de un bombardero Stirling cerca de Rotterdam y con un radar H2S a bordo fue el motivo del desarrollo del Naxos, un receptor de señales de radar, diseñado por la Telefunken y que cubría las frecuencias que se comenzaban a utilizar. El mismo accidente les permitió a los alemanes conocer la nueva tecnología del magnetrón de cavidades, permitiéndoles crear una nueva serie de radares centimétricos denominados FuMO Berlin 83 y 84.

Se dice que los científicos estaban sorprendidos de este hallazgo ya que se había descartado, por parte de ellos, este desarrollo por ser poco confiable. Los técnicos de la Telefunken copiaron así este desarrollo y por supuesto como toda creación alemana, era de mejor calidad que la original inglesa, pero esta meticulosidad les costaría tiempo y finalmente retrasos en el desarrollo de las siguientes versiones.

Una versión alemana del "Chain Home" fue desarrollada e instalada en una isla del Oeste de Dinamarca e instalada sobre un gran cerro, se le denominó "Vista de elefante" y se dice que tuvo alcances de superficie de 2200 millas. Hoy en día se ha retomado el estudio de grandes arreglos de antenas para radares de bajas frecuencias con alcances de miles de millas en especial para Alarma Aérea Temprana conocidos como "Over the Horizons" radar con frecuencias entre 3 y 30 MHz.

Aparentemente el radar anteriormente mencionado se habría ocupado para el traqueo de las bombas V-2.

Volviendo nuevamente un poco hacia atrás, los italianos lamentaban la pérdida de tres cruceros de batalla en cabo Matapán en marzo de 1941, poniendo de nuevo en relieve la importancia de contar con un modelo propio del radar terrestre inglés, lo cual se inició a partir del año 1942. Sin duda perdieron todo el período comprendido entre las dos guerras para llegar a una solución óptima, recordando que prácticamente toda la teoría había nacido allí.

A fines de 1942 lograron desarrollar dos radares de vigilancia aérea para buques que enviaran información a las centrales de tiro. Estos radares poseían antenas rotatorias, los llamaron "Lince Grande" con un alcance de 65 millas y en "Lince Pequeño" con un alcance de 35 millas, este último pudo entrar en servicio en agosto de 1943; sin embargo, Italia se rendía a los aliados en septiembre de ese año. A pesar de esto último el desarrollo final del Lince Grande siguió hasta finales de 1944.

Los ingleses a raíz de un ataque aéreo fallido contra SS efectuado en noviembre de 1943, en el cual, a pesar de haber sido detectados los SS por los aviones, éstos desaparecieron cuando se aproximaron las aeronaves, poniendo así en evidencia que los alemanes podrían de alguna manera haber llegado a detectar las emisiones de estos nuevos radares, tal como se había hecho en los SS clase "Metox". Lo anterior era cierto, como ya se mencionó con el desarrollo del Naxos. A raíz de esto los ingleses diseñaron la versión Mk VI, que básicamente era el mismo radar centimétrico pero se le agregaba un atenuador, de tal manera de permitir que el operador una vez detectado el SS disminuyera la potencia de su transmisor y así hiciera creer al receptor del SS que el avión se encontraba más lejos. Nuevamente empezamos a vislumbrar conceptos de Guerra Electrónica.

A pesar de lo indicado anteriormente el desarrollo definitivo no pudo concretarse sino hasta mediados del 1944 por diversos motivos administrativos, falta de fondos y discusiones entre los distintos mandos operativos tutores de los distintos proyectos; mientras para algunos era importante la defensa antisubmarina, para otros lo era el potenciar a los grandes bombarderos con capacidades nocturnas.

Sin embargo el desarrollo de radares más complejos se vio más necesario cuando los aliados hacia octubre de 1944 se dieron cuenta de dos cosas: una el desarrollo de una nueva clase de submarino, que esta vez permanecía más tiempo sumergido y segundo, la invención del "snorkel". Debido a esto se decidió la construcción de los radares de 3 cms. mientras se estudiaban los de 1,5 cms., (9000 MHz y 18000 MHz) respectivamente. Paralelamente se ejecutaron desarrollos tanto en Inglaterra como en EE.UU.; sin embargo, no pudieron estar listos antes del fin de la guerra.

Finalmente se pudo desarrollar un pequeño radar de alcance de 22 millas contra buques y de 5 millas contra "snorkel" en mar calma, se cubrió su antena con un radomo y se colocó entre las ruedas

de un biplano “Swordfish”; se cree que fue una mejora del radar Mk III, el primer centimétrico. Con este radar y con rockets en sus alas el avión se transformó en una poderosa amenaza para los SS alemanes.

El último acierto conocido por los U-boat alemanes fue el uso de globos llenados con hidrógeno que dejaban cautivos con una placa flotante. Estos globos llevaban láminas de aluminio que creaban un gran eco de radar, similar al producido por un SS y así engañaban a los operadores ingleses, a este señuelo lo llamaron “Afrodita”. Hoy en día aún se ocupan globos con mallas de radar y esas láminas de aluminio se conocen como “chaff”. A pesar de esto, es claro que para los alemanes el radar no fue un elemento decisivo en su desarrollo tecnológico, más bien optaron por la vía de defenderse de él. A diferencia de los estadounidenses que en un archivo del Congreso del 2 de julio de 1943 los consideraron como “la super arma—el más revolucionario equipo de esta guerra.... El representó un gran avance tecnológico en la guerra desde el advenimiento de la aviación militar”.

### **Posguerra.**

Como se indicó durante el punto anterior, la gran parte del desarrollo y fundamentos de la teoría de radares se efectuó durante el período entre guerras y en la II guerra mundial. Posterior a eso se ve un divorciamiento entre las motivaciones para continuar los desarrollos. Por un lado el MIT cerraba a fines de 1948 su escuela de radar para dedicarse más al desarrollo con fines civiles y es así como se abocan al estudio de la detección del tiempo y las tormentas. Por otro lado las FF.AA y las empresas relacionadas comenzaban un progresivo desarrollo de nuevos equipos que aún continúa hasta estos días.

Militarmente la motivación ahora es lograr crear radares de gran precisión, baja probabilidad de interceptación, multimodales o multipropósito, con capacidades de detección en ambientes hostiles para las señales de interés (retorno del blanco en un ambiente de clutter) y por sobre todo de bajo costo, objeto masificar su producción y obtener beneficios económicos. Recordemos que ya había nacido el concepto de guerra electrónica, lo que significaba básicamente, que para cada Transmisor se podría crear un Receptor adecuado que advirtiera la presencia del primero.

Es así como se separan en disciplinas de estudio y producción como por ejemplo:

- *Antenas*: las hay rotatorias y fijas, con arreglos fijos de pequeñas de ellas, logrando la rotación por medios electrónicos.
- *Transmisores*: bajas potencias para minimizar la interceptación y abaratar costos. Anchos de banda grande para ser modulados de diversas formas y así obtener muchos modos de funcionamiento con un mismo dispositivo. Evitar las capacidades de la guerra electrónica.
- *Receptores*: trabajando en procesamiento de señales, da tal manera de lograr rescatar una pequeña señal de un ambiente muy hostil. Lograr detecciones de blancos muy rápidos y a poca altura.

Para contribuir al desarrollo antes mencionado surgen dos elementos que se incorporan a estos equipos que permiten reunir muchas de las condiciones descritas.

El primero es el desarrollo del TWT (Travelling Wave Tube), el que nació aproximadamente el año 1946 y que es un amplificador de ondas electromagnéticas. Este elemento otorga un potencial de amplificación y modulación de ondas mucho mayor al que ya se poseía, logrando a veces con un solo tubo manejar muchas funciones del radar. Se pueden producir ondas de bajas potencias, generar múltiples funciones a menor costo y mejor manejo y después sólo amplificarlas convenientemente con este dispositivo.

El otro elemento es el desarrollo de la electrónica digital, que permite ejecutar un manejo mejor de las señales recibidas, pudiendo ser almacenadas en el tiempo, posteriormente ser analizadas con complejos algoritmos matemáticos soportados por procesadores o computadores y obtener señales y detecciones en ambientes realmente hostiles para las ondas. Esta técnica se conoce como “Digital Signal Processing” y ha permitido el desarrollo de generaciones de radares que los inventores de este dispositivo jamás se hubieran imaginado.

Hoy en día no hay radar moderno, que se precie de tal, y que al tener múltiples funciones, no posea estos dos elementos.

### **Conclusiones.**

Quizás la presentación anterior sólo es una recopilación de hechos históricos para muchos sin trascendencia, pero ha sido notable para el que lo ha hecho, el darse cuenta de lo importante y vital en

que este invento se transformó. Hoy en día no se concibe una fuerza naval y aeronaval que no posea buenas capacidades de sensores y su contraparte para detectar los del adversario.

Siempre se ha dicho que es lamentable que la gran mayoría de los grandes descubrimientos tecnológicos se realicen durante las guerras y el radar no fue la excepción. Ahora gracias a esa invención hoy en día indirectamente podemos gozar de muchos adelantos y comodidades, ya que las técnicas de procesamiento digital, que inicialmente nacieron para el análisis de señales de radio y radar, han podido ser utilizadas en otros aspectos de la vida cotidiana, basta mencionar los reproductores de CD y Multimedia, que en su interior poseen elementos de proceso de señales.

Por último, a mi juicio, y por lo que he leído, hubo dos elementos de la II Guerra Mundial que cambiaron todos los conceptos de la ejecución de la guerra tradicional así como sus aspectos tácticos, como son el uso de la aviación embarcada y el uso de sensores como el radar. Como ejemplo, de qué nos asombramos durante la Guerra del Golfo, sino fue de las incursiones de los modernos aviones y de la capacidad de los sensores de las armas para encontrar su blanco.

Creo que la voluntad política de las dos naciones involucradas en su desarrollo fue fundamental también para el éxito de la guerra, puesto que pudieron dotar a sus unidades de combate y controles terrestres de un adecuado elemento de alarma y control de sus operaciones, dando una evidente ventaja sobre su enemigo.

## BIBLIOGRAFIA

1. Principles of Radar, MIT Radar School Staff, 3ª edición por Francis Reintjes y Godfrey Coate, McGraw-Hill, 1952.
2. ShipBoard Antennas, Preston Law, 2ª edición, Artech.
3. Sitio WEB de la historia de los Submarinos alemanes [www.uboat.net](http://www.uboat.net)
4. Sitio WEB del Centre for the History of Defense Electronics Museum [www.chide.uk](http://www.chide.uk)
5. Apuntes de “Il RADAR Italiano”, sitio WEB de la empresa MARCONI [www.Alpcom.it/hamradio/italiano](http://www.Alpcom.it/hamradio/italiano).
6. Apuntes de Historia del radar, sitio WEB [www.murray.newcastle.edu.au/users/staff/eemf/ELEC351/SProjects/Calligeros/invent\\_radar.htm#Invention](http://www.murray.newcastle.edu.au/users/staff/eemf/ELEC351/SProjects/Calligeros/invent_radar.htm#Invention)
7. Apuntes sobre “El rayo de la Muerte”, de la revista TDA, marzo de 1990.

-----