



# EL RADAR

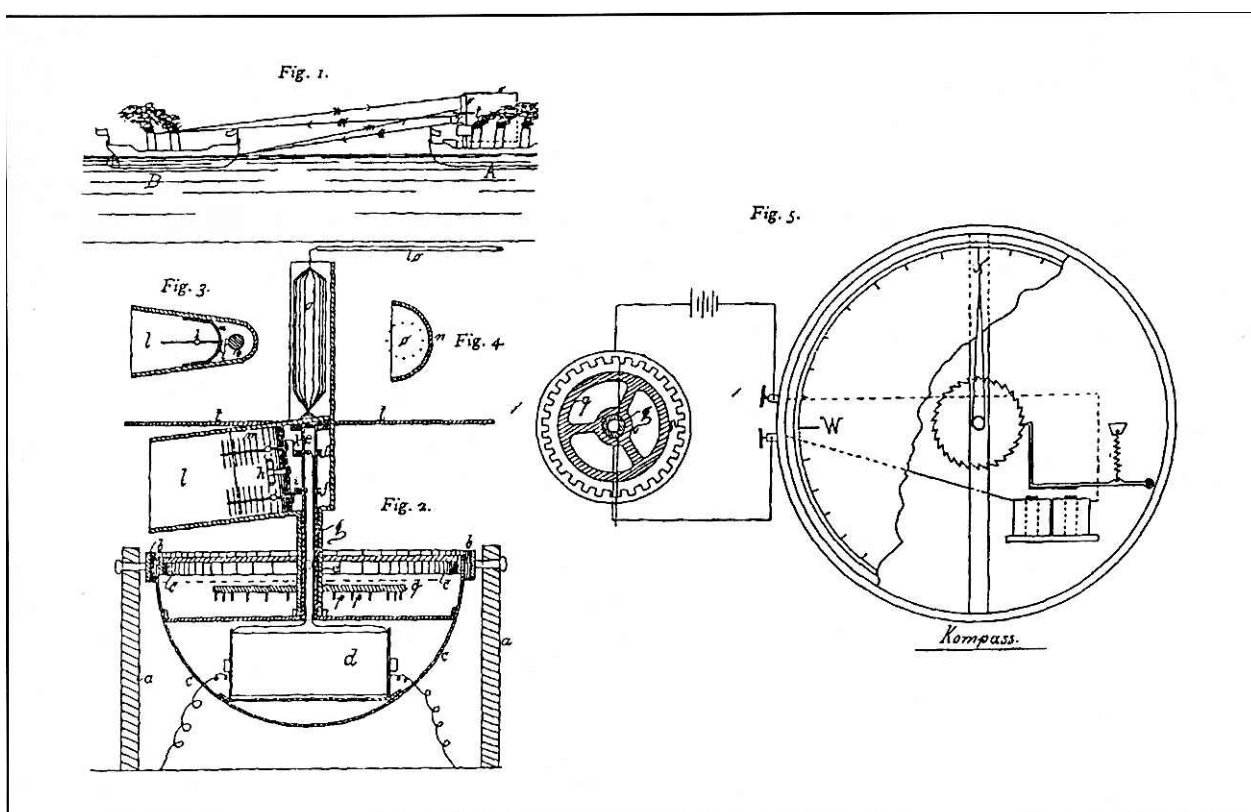
II GUERRA MUNDIAL

# EL RADAR EN LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

*Peregrín Pascual* (Noviembre de 2002)

## 1. ANTECEDENTES

Todos los textos coinciden en señalar al alemán Christian Hülsmeier como el inventor del primer genuino sistema de teledetección por ondas de radio, patentando y demostrando en 1904 su "Teleobiloscopio", capaz de detectar los ecos procedentes de un barco a 4 km, aplicando los principios de los campos electromagnéticos enunciados teóricamente por Maxwell y demostrados prácticamente por Hertz. Sin embargo, es cierto que la detección y medida de distancias mediante pulsos fue debida a los experimentos de sondaje ionosférico de Gregory Breit y Merle Tuve en 1925 y a los experimentos de goniometría en la banda de 9 m de Hoyt Taylor y Leo Young del Naval Research Laboratory (NRL) de los EE.UU.



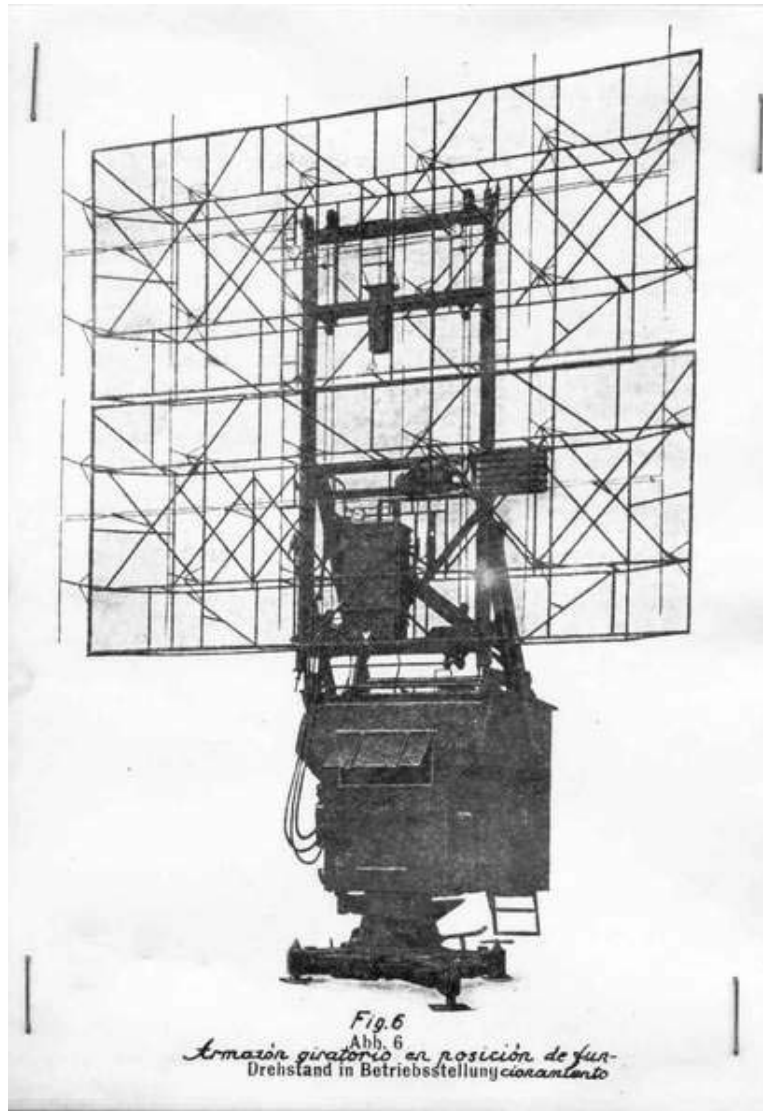
**Fig. 1.** Esquemas de la patente del *Telemobiloscopio* de Christian Hülsmeier de 1904

No obstante incluso el propio Marconi en 1922 había indicado la posibilidad de detectar objetos a distancias mediante los ecos producidos por emisiones de ondas de radio.

En 1935 empiezan en Inglaterra las investigaciones para un sistema de detección de aviones mediante ondas de radio, por parte de Robert Watson-Watt, bajo la dirección de Henry Tizard. Hitos de esta investigación son el experimento de Daventry y el conocido como "Informe sobre el Rayo de la Muerte", en el que Watson-Watt consultado por el Ministerio del Aire, demuestra que no es posible usar ondas radioeléctricas para destruir o dañar aviones a distancia, pero sugiere la posibilidad de usar la transmisión de ondas de radio pulsadas para detección lejana, descartando también la detección pasiva, por aquel entonces también objeto de especulación.

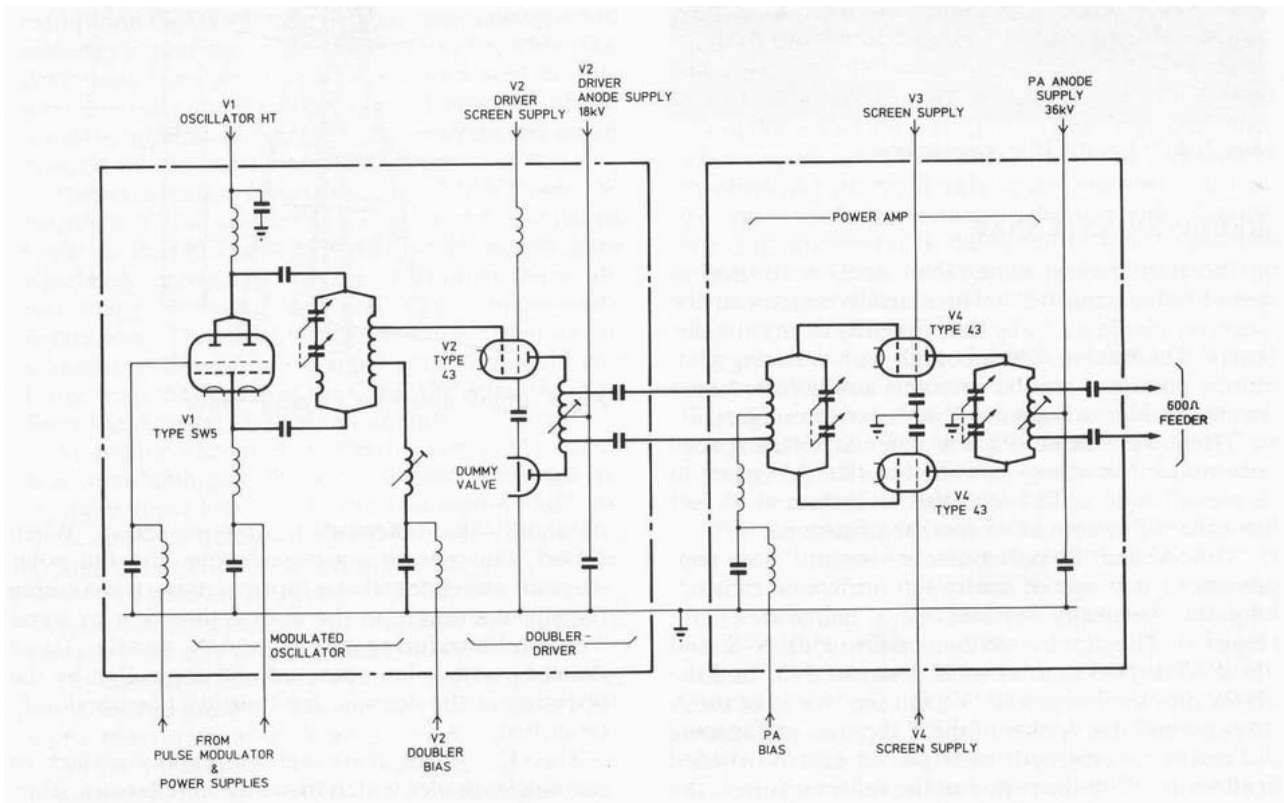
## 2. LA GUERRA, 1939-1945

En Orfordness y luego en Bawdsey tiene lugar el desarrollo de los elementos de la cadena "Chain Home", usando la frecuencia de 20 a 30 MHz y 350 kilowatios de potencia, aunque la primera interceptación guiada por radar, una vez iniciadas las hostilidades de la 2 Guerra Mundial, la realizó la aviación alemana en diciembre de 1939, cuando un radar *Freya* (fabricado por GEMA, 125 MHz, 10 kW) instalado en la isla de Wangerooge, en la costa de Frisia, permitió la interceptación de una formación de bombarderos ingleses en misión de instrucción, a una distancia de 113 km, auxiliado por otro radar de la Marina alemana en Hellgoland.



**Fig. 2.** Antena del radar alemán *Freya*. La antena son realmente dos: la antena transmisora (arriba) y la antena receptora (abajo)

La existencia de cadena británica "Chain Home", puesta en servicio en Marzo de 1939, contribuyó en 1940 al éxito de la aviación británica en la Batalla de Inglaterra. La Chain home la componían una serie de estaciones distribuidas por la costa de Inglaterra. Se trataba de un radar biestático, es decir con el transmisor y el receptor separados, cuyas antenas eran cortinas de dipolos sostenidos en grandes torres. Sus transmisores estaban formados a base de tetrodos.



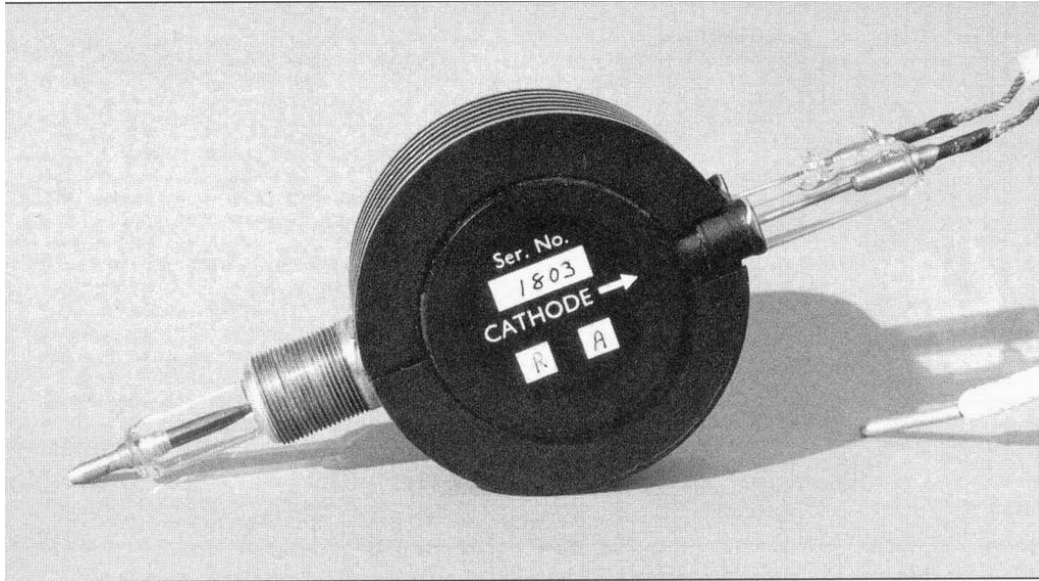
**Fig. 3.** Esquema simplificado del transmisor del radar *Chain Home* (GEC Marconi)

Hay que hacer notar que el sistema de Defensa Aérea ideado por la Fuerza Aérea Británica (RAF) no impulsó sólo el desarrollo del radar, sino de otras ramas de la tecnología de las comunicaciones necesarias para su funcionamiento: los radioteléfonos de VHF y los goniómetros automáticos, para conocer la posición de la caza propia y dirigir a los cazas, y la investigación operativa OR, que nace en 1938 con el trabajo de Edmund Dixon "Sugerencias para el Análisis Táctico de las Operaciones de Defensa aérea a gran escala con relación a la Radiogoniometría", ante la necesidad de determinar la cantidad óptima de cazas a emplear en una situación táctica. La investigación operativa ha sido vital tanto para la victoria aliada en la SGM como para el desarrollo, planificación y dimensionado de los sistemas de telecomunicaciones. Las informaciones de los blancos detectados en las estaciones de radar, entonces transmitidas a la voz por vía telefónica se procesaban en salas de filtrado y la situación aérea se presentaba en grandes tableros de situación, según los sectores de operaciones, tableros donde auxiliares femeninos colocaban y movían manualmente pequeñas miniaturas que representaban a los aviones enemigos y propios.



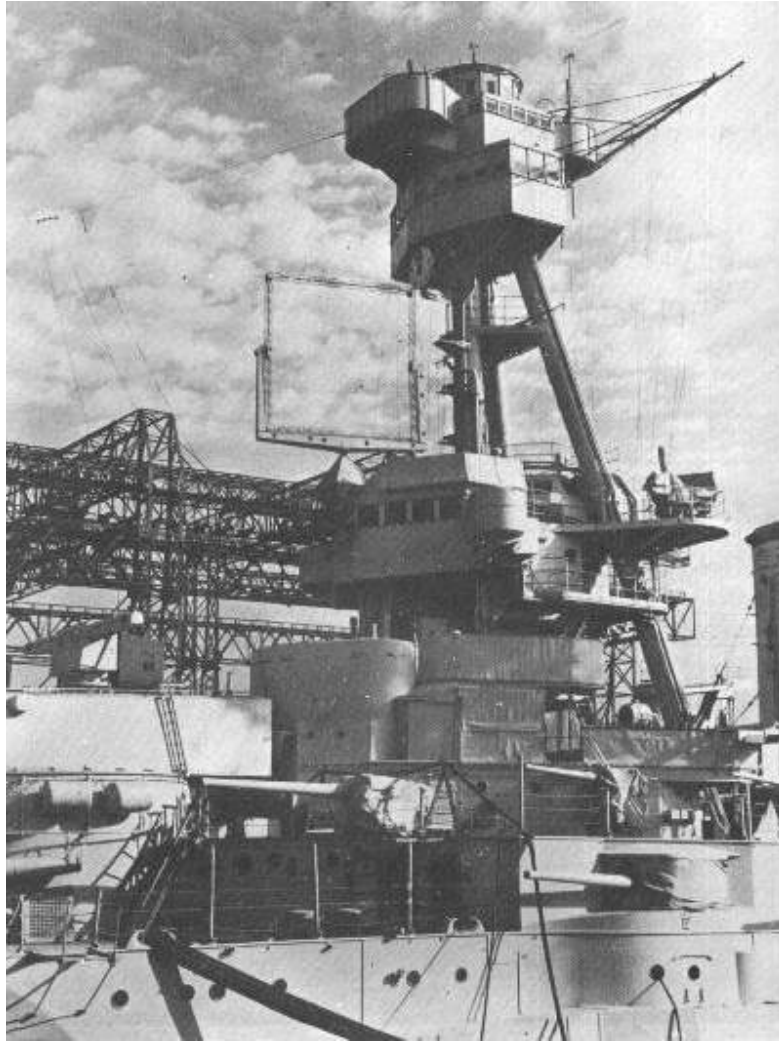
**Fig. 4.** Antenas del sistema *Chain Home Low*, versión de vigilancia a baja cota.

El magnetrón de cavidad, inventado por J.T. Randall y H.A.H. Boot en la Universidad de Birmingham en 1940 resulta fundamental para los radares aerotransportados de ondas centimétricas, aunque no tanto para los terrestres. El magnetrón de cavidad fue uno de los inventos llevados por los ingleses a los EE.UU. por la llamada misión Tizard, por la que ambos países compartieron sus desarrollos científicos con el fin de ganar la guerra. Hay que decir de todas formas, que para el radar tan importante como el magnetrón fue el tubo de rayos catódicos.



**Fig. 5.** Un magnetrón de ondas centimétricas fabricado durante la guerra por los británicos.

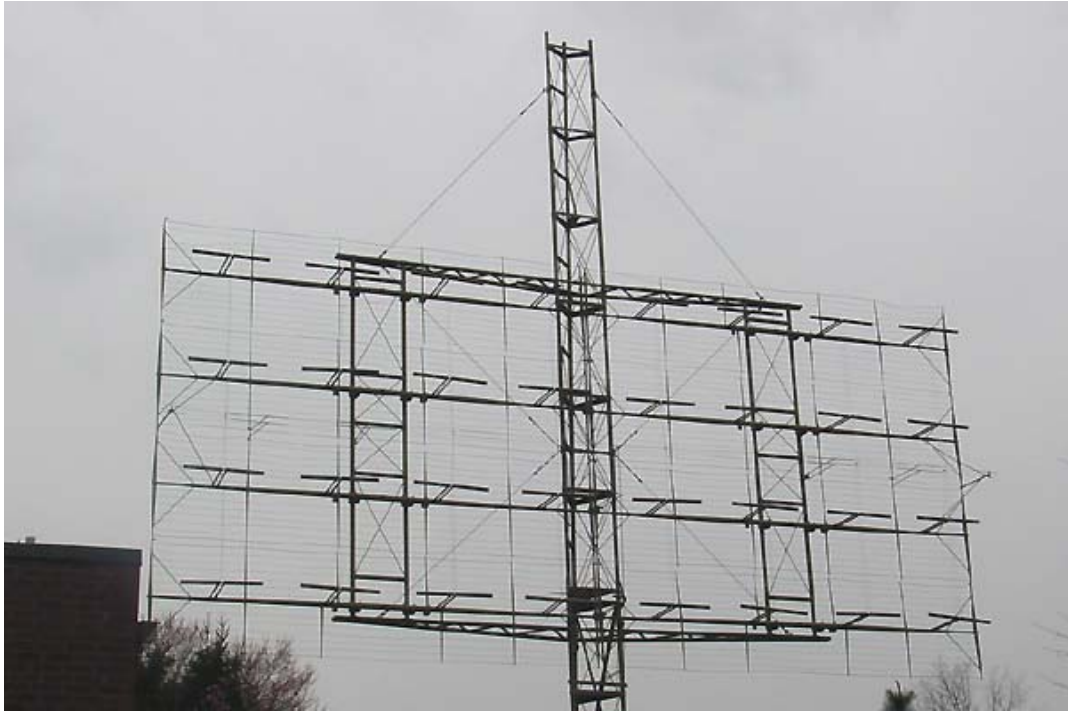
En los EE.UU. el Cuerpo de Transmisiones de los EE.UU. dispone de varios radares terrestres antes del ataque a Pearl Harbour, de los modelos SCR-270/271 de alerta temprana, de 3 m de longitud de onda, y SCR-268 para dirección de tiro de 200 MHz y 160 km de alcance, y es el Laboratorio de Radiación del MIT el que lleva el liderazgo científico en el desarrollo de la mayoría de las tecnologías de radar de microondas, usadas durante la guerra, pero cuya aplicación ha seguido vigente casi hasta nuestros días. El primer radar marino de los EE.UU es el CXAM de banda P (400 MHz) fabricado a partir de 1940 por RCA y basado en el XAF del NRL (de 200 MHz), mientras que el SCR-584, de 3 cm, es el más exitoso radar de dirección de tiro para cañones antiaéreos, incorporando un computador predictor M9.



**Fig. 6.** La antena del radar XAF (el cuadro instalado encima del puente) instalada en un acorazado americano en 1938.

Aparte del magnetrón, de los reflectores parabólicos con conmutación de lóbulos, de las antenas Yagui\_Uda (inventadas en 1925), de los duplexores y otros elementos vitales en la operación del radar, el advenimiento de los radares de microondas impulsa el desarrollo del *Klystron* inventado por los hermanos Varian en 1939 usado como oscilador, mezclador y amplificador de potencia, y el desarrollo de las líneas de transmisión de guíaondas, parte de los elementos usados por los radares, aunque muchos radares usaban todavía pantallas de dipolos y triodos y tetrodos de vacío.





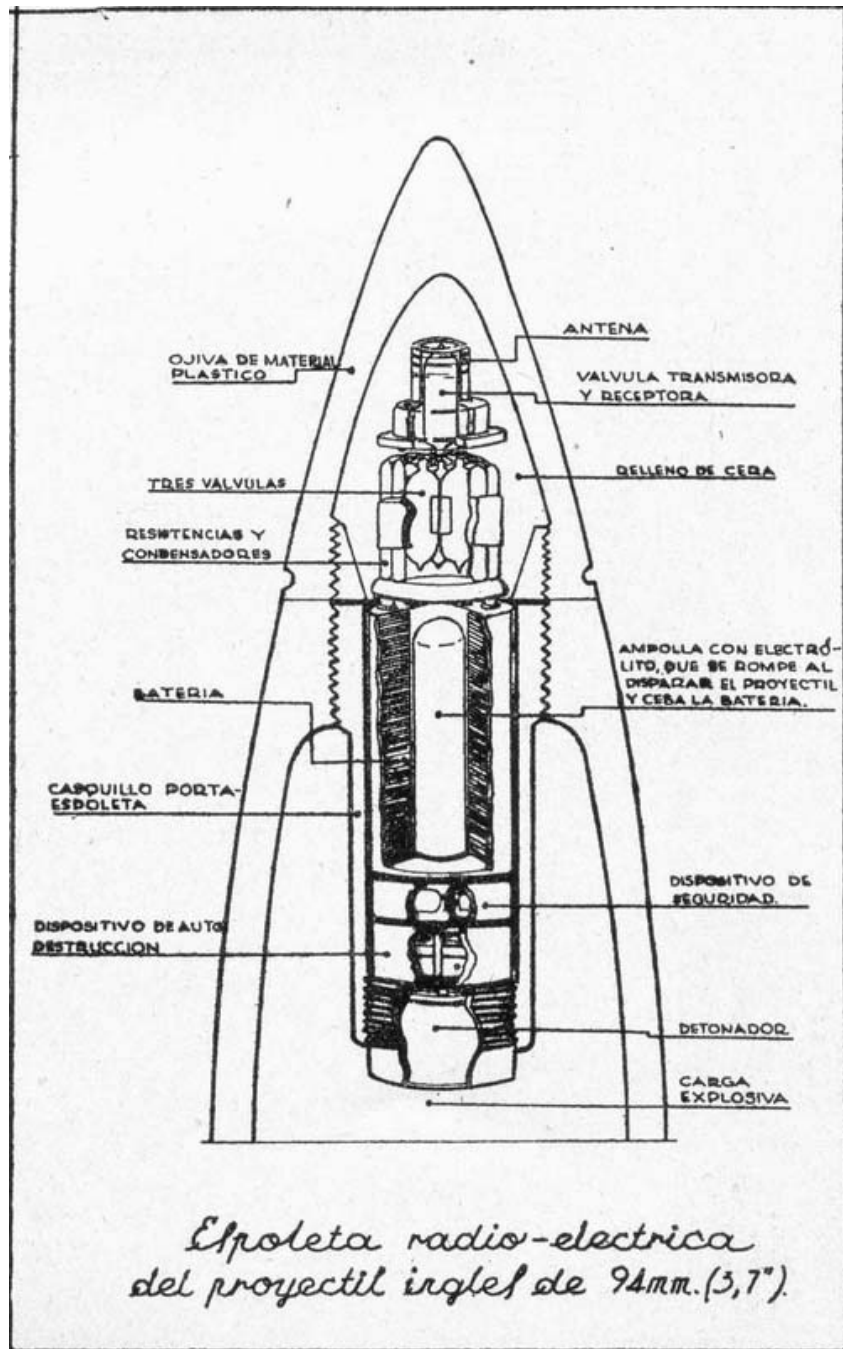
**Fig. 7.** Antena del radar SCR-270, conservada en el Museo de Historia de la Electrónica de EE.UU.



**Fig. 8.** Un radar SCR-280 en las selvas del Pacífico

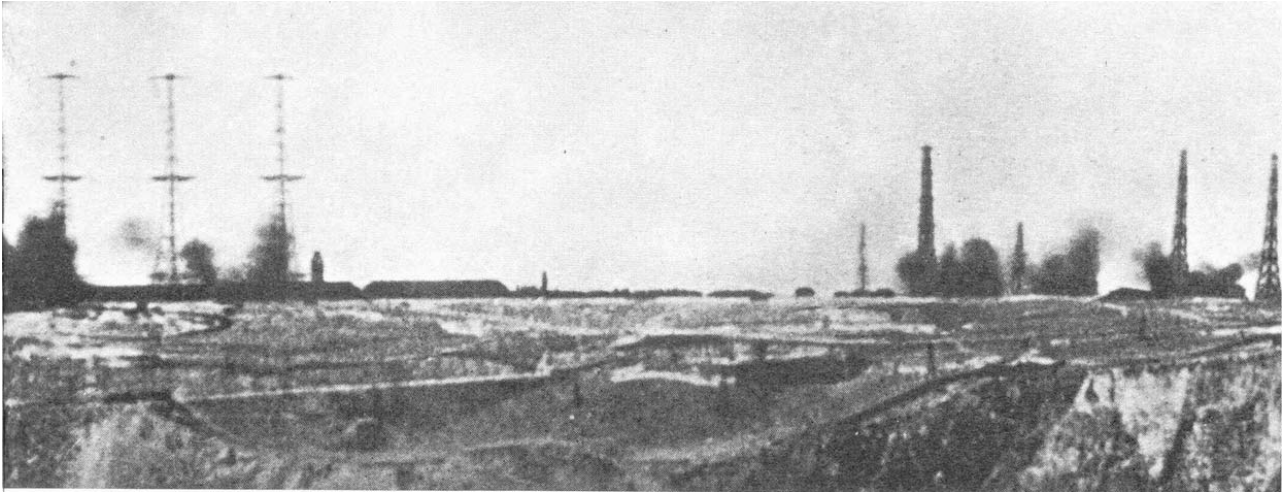
Al final de la guerra el radar había encontrado múltiples aplicaciones en la detección de aviones, dirección del tiro de cañones antiaéreos, dirección de tiro naval y artillería de costa, interceptación aérea, detección de submarinos en superficie y espoletas de proximidad, que usaban el efecto *doppler*. Estas últimas fueron uno de los últimos grandes secretos de la guerra, y supusieron un prodigio de miniaturización.





**Fig. 9.** Esquema de una espoleta de proximidad de radar (VT) aparecido en la revista *Ejército* en 1946, tomada de un diario inglés.

Terminada la segunda guerra mundial (1945) el radar de vigilancia o radar primario junto con el IFF o radar secundario SSR serían la base del sistema de control de tráfico aéreo, y resultaría imprescindible para la navegación de todo tipo de buques.



**Fig. 10.** La estación de radar *Chain Home* de Dover es atacada por la Luftwaffe durante la Batalla de Inglaterra en el verano de 1940.

### EL RADAR DE IDENTIFICACIÓN (IFF)

Aunque el radar es un sistema de reflejos de ecos pasivos, la guerra pone de manifiesto la necesidad de usar un tipo de radar de identificación: los alemanes inventan el "*Erstling*", y los aliados ponen en servicio sucesivamente los Mk I, II, III, IV y V, aunque este último terminó su desarrollo una vez acabada la guerra.



**Fig. 11.** Un radar americano de dirección de tiro de cañones antiaéreos SCR-584 junto con una antena de IFF (a la derecha).

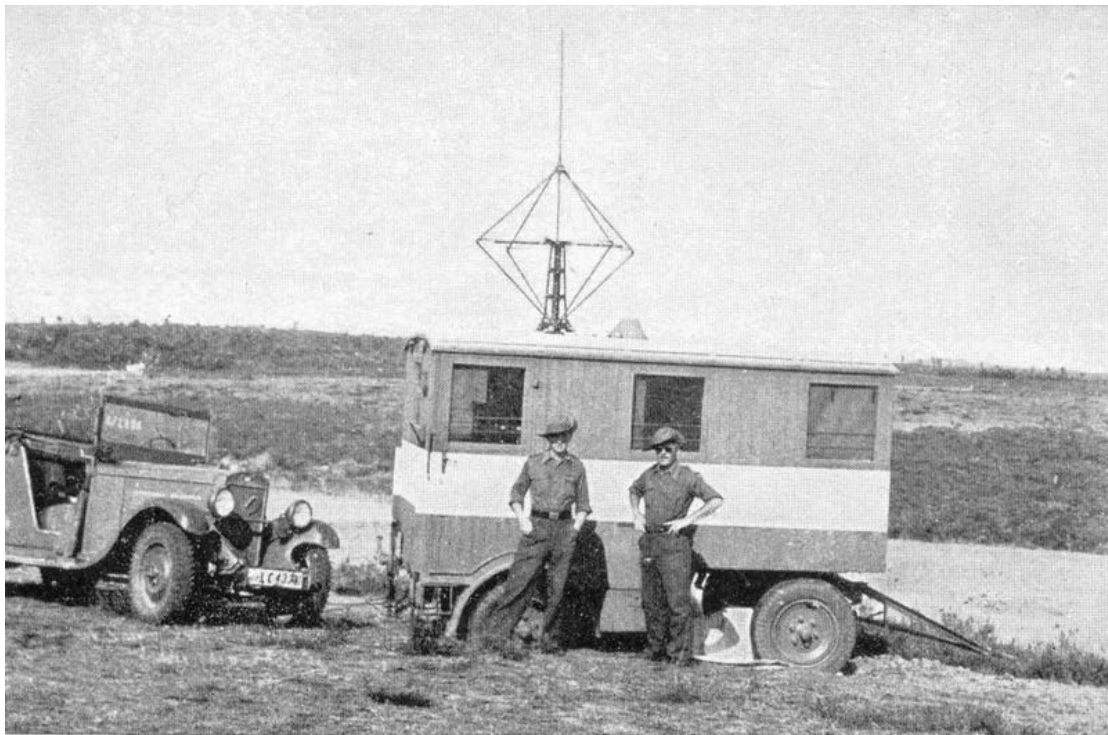
Usando el concepto de respondedor o "transponder", los primeros radares de identificación devolvían amplificada y/o repetida la señal del radar recibida, pero los diferentes perfeccionamientos pasaron por la devolución de un eco en otra frecuencia distinta, y finalmente la codificación de la respuesta.

Ya en 1952 se adopta el Mk X, que en su versión Mk X SIF (Selective Identification Feature) es el IFF/SSR usado hasta nuestros días tanto en el campo militar como el civil: un auténtico aunque

rudimentario sistema de comunicación que usa dos frecuencias: 1030 MHz para la interrogación y 1090 MHz para la respuesta y respuestas codificadas (cuatro modos incluyendo altura, y 4096 códigos). Sólo actualmente empieza a ser reemplazado por el denominado *Modo S*.

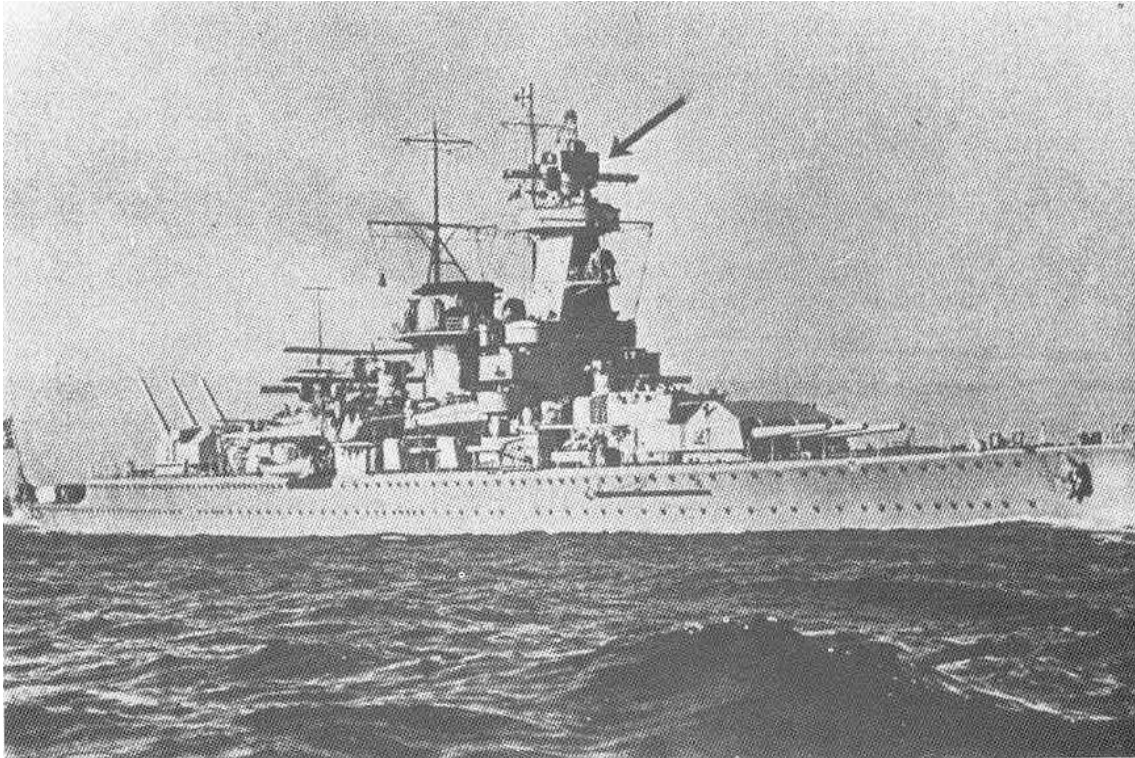
## LOS GONIÓMETROS

El ya citado Watson-Watt también contribuyó a la invención del radiogoniómetro automático de HF, a principios de los años 30, mediante un sistema de tubo de rayos catódicos y antena *Adcock* capaz de determinar el origen de emisiones de onda corta de breve duración. Hasta entonces se ha usado el sistema Bellini-Tossi. Simultáneamente, Henry Busignies y Maurice Deloraine de ITT desarrollaban en Francia un artefacto similar, que llevaron a los EE.UU, cuando huyeron de Francia en 1941. Estos aparatos fueron vitales en la Batalla del Atlántico frente a los submarinos alemanes, que fueron derrotados por los aliados con una combinación de radar, sonar (ASDIC), radiogoniómetros y el descifrado de las comunicaciones de la máquina Enigma mediante Ultra, en la que Alan Turing, en el GCQH de Betchley Park tuvo un papel muy importante.

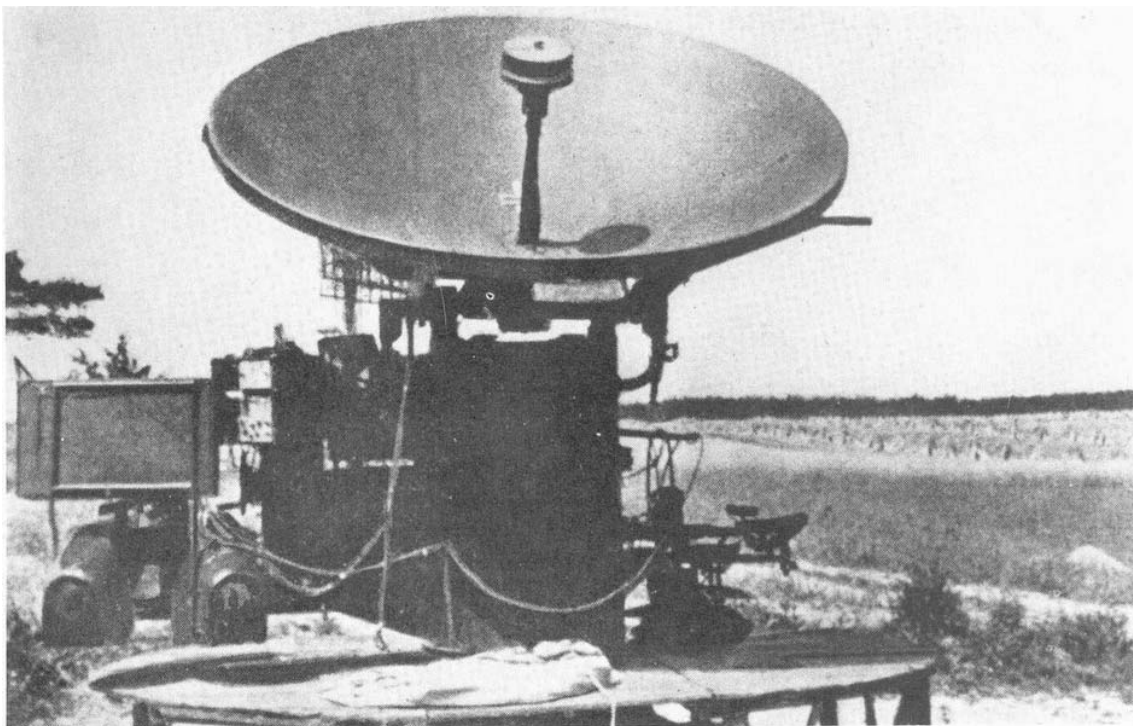


**Fig. 12.** Un goniómetro alemán de la Legión Cóndor durante la Guerra Civil española

En España, con el llamado programa Bär en 1943 llegan de Alemania un radar *Freya*, radiolocalizador, que fue usado por el Servicio de Protección de Vuelo del Ministerio del Aire, precursora de Aviación Civil y de la actual AENA; un número indeterminado (tres o seis) radares *Würzburg* o radiotelémetros de 600 MHz, fabricados por Telefunken, y un *Liechtenstein*, radar de caza para aviones. Un intento de adquirir un radar DeTe (similar al *Freya*, modelo que ya había sido embarcado en el acorazado de bolsillo *Graf Spee*, y que hizo parte de sus pruebas de mar en aguas de las costas españolas en los últimos meses de la Guerra Civil, 1939) para el crucero Canarias es abortado al perderse el material durante el camino en Francia debido a los bombardeos aéreos aliados.



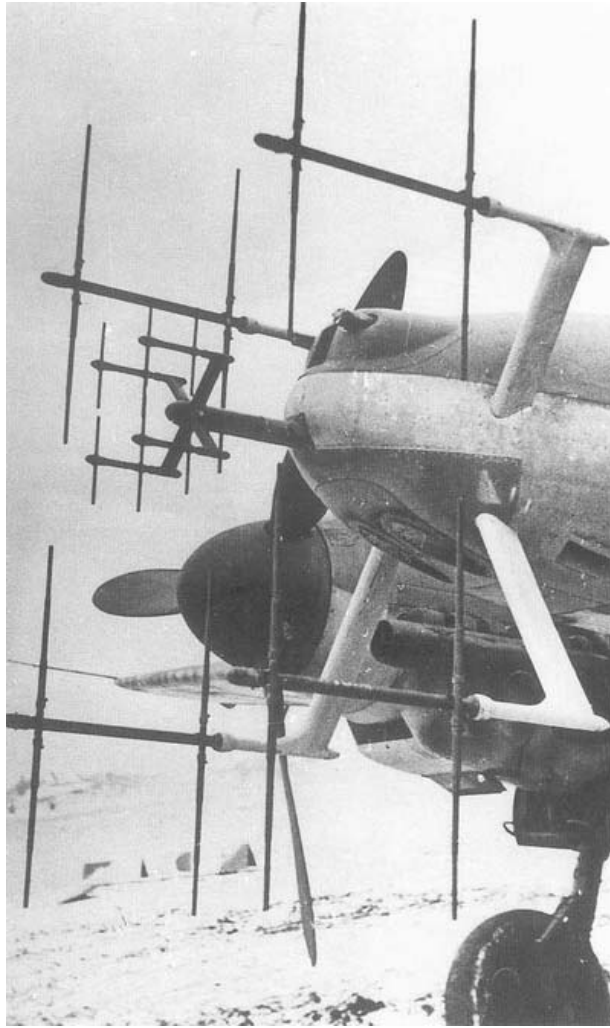
**Fig. 13.** El acorazado de bolsillo *Graf Spee*. La flecha muestra la matriz o array del radar DeTe.



**Fig. 14.** Radar alemán de dirección de tiro *Würzburg*.

En los años 50, el Instituto Nacional de Electrónica (INE), dependiente del Patronato Juan de la Cierva del Consejo Superior de Investigaciones científicas (CSIC) intenta desarrollar algunos radares de vigilancia de puertos y de vigilancia aérea, así como un radar de tiro para artillería de costa que sí que llegó a utilizarse en cantidad, pero ya entonces empieza a llegar material americano en buques, las estaciones de

vigilancia aérea de la Fuerza Aérea americana (USAF) actualmente parte del Sistema Semiautomático de Defensa Aérea (SADA), radares de dirección de tiro Mk.37 para el Ejército de Tierra y algún material civil como el AN/FPS-8 de Paracuellos del Jarama y radares de aeropuerto ASR.



**Fig. 15.** Antenas de un radar *Lichtenstein* en el morro de un caza nocturno alemán.