

Estudio de los Sistemas "Radar" en sus Diversas Aplicaciones

Por el Capitán RODRIGUEZ

Hace escasamente tres meses que empezaron a tenerse las primeras noticias sobre el empleo, hasta entonces secreto, del sistema Radar por los aliados, asimismo conocido por los alemanes, aunque con inferioridad en su rendimiento por las distintas propiedades de la longitud de onda utilizada; y desde entonces ningún medio de difusión ha silenciado tan magna conquista en el campo de la navegación, en todos sus aspectos, ni en el de la revolución conseguida en los métodos de combatir de la pluralidad de las armas, que aumentan su eficiencia, fruto de la aplicación de estos descubrimientos, hasta un grado en que resultan anticuados la absoluta totalidad de los Artes Militares hasta ahora tenidos por clásicos.

Mas, sin embargo, han adolecido estos informes hasta ahora publicados, que raramente se han ajustado a una materia concreta, de falta de extensión, de tiempo y fuentes para contrastar sus verdaderas posibilidades, que las más de las veces han hecho rebasar la realidad más optimista, no obstante ser óptimos los resultados obtenidos y de tan general aplicación, como más adelante veremos.

Es natural, porque para la prensa diaria, para la ligera revista de divulgación, únicamente interesa la actualidad, la revolución que en determinado aspecto entrañen sus posibilidades, la aplicación en la post-guerra y su repercusión social, sacrificando a ello la austeridad en el juicio que les merezca su conocimiento, y la concisión con que adivinan sus posibilidades, que por regla general resultan grandemente mermaidas cuando, desconociendo o por lo menos no justificando esta actualidad, nos ocupamos de estos temas, tratando, aliados del tiempo, de extraer la verdad y realidad de las noticias ya sedimentadas.

Tan extremado juicio no disminuye la importancia de su aplicación, en muchos casos no coadyuvantes, sino decisivos en el curso de la guerra pasada, como registraremos en el presente trabajo, que repercutieron en el rendimiento de determinadas máquinas guerreras, cuyo silencio e inactividad en ciertos periodos ahora encontramos justificado.

El vocablo "radar" se corresponde con las iniciales de las palabras "radio detección and ranging", que no es sino detección y determinación de distancias por radio, sin más limitación que el alcance de este dispositivo, dependiente de la longitud de onda empleada, que realiza sus funciones en toda clase de tiempo y circunstancias, haciéndose inapreciable en la navegación de noche, niebla y con toda clase de agentes atmosféricos y en un inúmero de aplicaciones guerreras que sucesivamente iremos enumerando; cualquiera de los cuales basta a justificar el papel importantísimo que en la guerra recién acabada tuvo.

Para proceder con orden vamos a empezar con la primera aplicación guerrera que el radar tuvo en Inglaterra después de numerosas experiencias. A poco de estallar la segunda guerra mundial, la preponderancia aérea alemana, que se hizo más sensible después de Dunquerque, se vió sensiblemente afectada por el rendimiento de los menos numerosos cazas aliados, que, combatiendo en condiciones más ventajosas, terminaron con las incursiones diurnas primero, y nocturnas más tarde, convirtiendo aquéllas de permanentes en esporádicas.

Son dos los factores, ambos esenciales en una operación: la masa y sorpresa de empleo, que raramente se utilizaron con éxito contra los aliados, al no permitirlo las bases radar G. C. I. (de regulación terrestre e interceptación), que registrando en su pantalla radar los aparatos propios y enemigos, diferenciados por una señal u onda especial emitida por aquél, los dirigía por radiotelefonía para, aprovechándose de cualquier ventaja de posición o numérica, interceptarlos. En las estaciones, por consiguiente, se tenía el control de las maniobras realizadas por los aviones enemigos, que aunque cambiaran de rumbo, siempre estaban sometidos a la acción aliada, anticipándose a los mismos.

Tres tipos de estaciones o bases existían entonces en servicio, cada una de las cuales exploraba un determinado sector: en tanto una irradiaba energía de alta frecuencia, descubriendo aviones que volaban al-

tos, merced al punto brillante que aparece en la pantalla de rayos catódicos cuando la energía irradiada es reflejada y captada al incidir sobre el blanco; las otras dos eran rayos giratorios que, explorando sectores de menor ángulo de situación, delataban los aviones que volaban bajos, la una, y era más a propósito para vuelo rasante y barcos la otra.

Tenemos así unas cuantas observaciones, realizadas en las pantallas fluorescentes de rayos catódicos, para cuyo mayor fruto no son retenidas por los operadores radar, sino que pasando a un gabinete de filtración, que es donde se estudia y contrasta el movimiento enemigo, se está en condiciones de decidir en las salas de operaciones, receptoras de todos los datos, qué medio propio: aviación, antiaeronáutica, etc., ha de entrar en acción.

Por ello las "alarmas", tan pródigas en nuestra guerra de liberación por los cada vez más limitados medios ópticos y acústicos para ser detectado un avión, dada la creciente velocidad de éste, perdieron su razón de ser al nacer el radar, que no permitirá en lo sucesivo la sorpresa de la propia aviación y artillería antiaérea.

Y hasta aquí no hemos hablado sino de detección, es decir, de un radiolocalizador; mas menguado sería su valor si en el continuo progreso y aplicación ulterior—de ésta, no diremos arma; le cuadra mejor, medio de protección para determinar y localizar con precisión en el espacio los aparatos enemigos—no tuviese otros empleos específicos, que ciertamente han alterado profundamente los principios clásicos de combatir en la tierra, en el mar y en el aire; tal es su generalidad de empleo.

En los ataques aero-torpederos, en una lucha naval, ni siquiera es un factor apreciable la posición del sol favorable; los buques y aviones provistos de radar pueden localizar y determinar los datos de tiro correspondientes a una formación enemiga, llegándola a hundir incluso sin que ningún tripulante de la misma se haya percibido.

La navegación cerrada durante la noche con niebla densa, lo mismo en alta mar que en la proximidad de la costa, tampoco ofrece dificultad alguna, merced a la proyección en la pantalla de rayos catódicos de la posición relativa de los objetos en un amplio sector batido por los rayos radar.

Por este procedimiento podía conocer el jefe de un convoy la situación exacta de sus naves, evitando que por error de navegación o avería durante la noche se distanciasen del mismo barcos que serían presa de los submarinos.

Y ya que hablamos de submarinos, tampoco es a

éstos factible salir a la superficie durante la noche a cargar sus baterías sin grave riesgo de ser destruídos por el eco del rayo radar delatando su presencia.

Todavía hay más: antes de que existiera el radar, dos dificultades de gran volumen se oponían al desarrollo de las misiones de bombardeo estratégico, tan vitales para el acortamiento de la guerra: las adversas condiciones meteorológicas que reinaban en las bases de partida, y equivalentes sobre el objetivo. No es que hayan sido totalmente vencidas; mas sí han sido amonizadas las correspondientes a las bases de partida y aterrizaje, y no es ahora un obstáculo e objetivo cubierto, dado que el sistema radar, al identificar el terreno sobre el cual vuela, localiza asimismo los objetivos señalados, realizándose la puntería de bombardeo en análogas condiciones al mismo perfectamente visible e identificable.

Y no es esto sólo, sino que en esas largas incursiones, la navegación, tanto aérea como marítima, se realiza sin grandes dificultades, con errores de pocas decenas de metros, merced a las marcaciones correspondientes a dos puntos fijos que, lanzando señales simultáneamente, entrañan una diferencia de tiempo entre la recepción de ambas, de acuerdo con la desigual distancia del medio receptor a dichas emisoras. Es lo que se conoce con el nombre de Gee, que oportunamente estudiaremos.

Después de tan variado empleo, en tan heterogéneos medios, fácilmente vendremos en consecuencia de que lo que se conoce con el nombre radar no es un dispositivo determinado y de específico empleo, sino que existe un principio básico común a todos ellos—el de la energía eléctrica reflejada—, que se ha traducido unas veces en un modesto conjunto a bordo de un caza nocturno con su pantalla visible para detectar aviones, en un conjunto algo más pesado y complicado, alojado en un bombardero, para exploración y detección de barcos de superficie, o la forma más variada de centrales con colosales antenas, que lo mismo constituyen una dirección de tiro asentada en tierra, que se trata de estructuras ligeras a bordo de los barcos. No obstante esta variedad de forma, una vez que se entiende el principio básico se comprende todo el complejo sistema radar.

Radar es, por consiguiente, la aplicación de los principios básicos de radio: el problema general de determinación de distancias a un objetivo, que con determinadas ondas reflejará energía de frecuencia muy alta, captada por una estación exploradora que la emite. Para ello nos basta conocer la velocidad constante de la onda exploradora y su onda o eco reflejo, igual a la de la luz, y algún dispositivo que nos permita medir el tiempo que la onda tarde en alcanzar el objeto y regresar al receptor. En este caso, conocidos la

velocidad y el tiempo, se conocerá el espacio o distancia a que estamos separados del medio reflejante.

La determinación de este tiempo, cuyo valor nos ha de dar el de la distancia, se realiza de dos formas, dadas a conocer por los aliados. Una de ellas está fundada en el efecto Doppler, es decir, en el cambio de frecuencia o desplazamiento de fase de la onda emitida cuando es interferida por la onda reflejada; esto es lo que observaron Taylor y Young en 1922, cuando realizaban experimentos sobre un barco anclado, dando origen a un informe, presentado en el Ministerio de Marina, diciendo que los destructores podían apercibirse del paso de buques enemigos.

Tan importante fué esta consideración, que se prosiguieron los estudios, confirmando que también un avión podía reflejar energía de las ondas extracortas entonces utilizadas, de indudable interés en aquella época de 1930, en que se vislumbraba un auge extraordinario del poder aéreo; mas en aquellas precursoras experiencias el receptor y el emisor habían de estar distantes, realizándose la interferencia por las ondas directas emisor-receptor y las reflejadas desde el avión.

Indudablemente, no podía prosperar esto en Marina, carente de una regular separación o base, por lo que fueron encomendados los experimentos al Ejército de Tierra, que hizo factible la detección mediante un solo conjunto en un único lugar.

A partir de entonces, la detección por rayos infrarrojos, aprovechando el calor radiante de las chimeneas de los barcos, motores de los aviones, etc., que sustituiría a los antiguos fonolocalizadores, fué abandonada para abrir amplio campo a las posibilidades de la radio-detección mediante micro-ondas, que si un día fueron de escaso resultado por la poca potencia de las oscilaciones generadas y de alcance limitado, ahora, con la válvula de vacío "magnetron" para longitudes de onda de sólo milímetros y potencias de centenares de vatios, alcanza de 100 a 200 kilómetros de distancia con la nitidez y perfección que las ondas de cortísima longitud tienen sobre las de mayor longitud de onda, que sabemos se reflejan mucho peor.

De este modo, los primeros equipos radar a bordo de los aviones, provistos de válvulas termoiónicas corrientes, con potencia suficiente para una antena de haz poco definido, fueron sustituidos por válvulas magnetron, que, produciendo potencias centenares de veces superiores, utilizaban tamaños de antenas tan pequeñas como lo exigiese la definición del haz, que no es otra cosa que la finalidad de distinguir separadamente los ecos provenientes de dos objetivos muy próximos y a la misma distancia del equipo radar. Para una dimensión dada de antena, el haz se hace cada vez más nítido a medida que disminuye la longi-

tud de onda, condición que llena la válvula magnetron, permitiendo una mayor finura en los detalles y fidelidad en la reproducción del cuadro del terreno.

La segunda forma de determinar el tiempo se funda en la modulación de oscilaciones o pulsaciones de cortísima duración por el transmisor a veces de una millonésima de segundo, lanzándolas al espacio mediante una antena directriz. Después de esta pulsación de altísima frecuencia, el emisor se desconecta de la antena, aguardando unas milésimas de segundo, hasta lanzar otra nueva pulsación.

En este breve tiempo de silencio del emisor funciona el receptor mediante la antena exploradora de

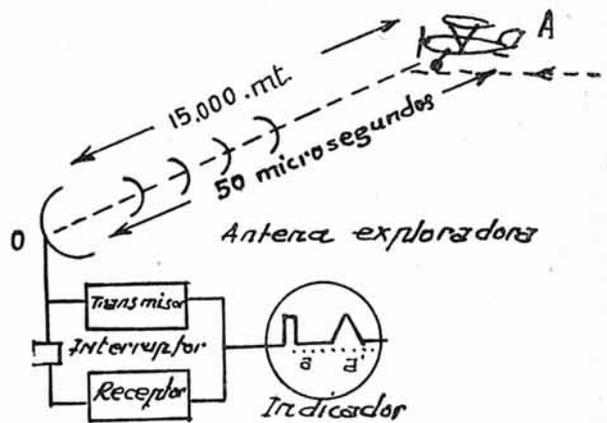


Fig 1^a

Esquema indicador de localización con sistema radar.

onda, como hemos dicho, dirigida común a los dos, y las señales que recibe no son otras que los ecos o reflejos de las potentes pulsaciones antes emitidas. Se comprende que los ecos de los objetos cercanos regresarán pronto; los más alejados tardarán más, y el tiempo que media entre la modulación de la pulsación y la recepción de su eco medirá la distancia al objeto. Hasta aquí todo se explica bien; comprendemos perfectamente que la medida del tiempo para una velocidad constante entraña la distancia. Pero ¿cómo medimos el tiempo? ¿Y cómo se traduce en distancia? Sabemos que el último tipo de emisor radar lanza una pulsación de una millonésima de segundo de duración, y que la velocidad de las ondas micrométricas, como la de la luz, es de 300.000 kms/s.

Si suponemos (figura 1) que sobre un avión A que vuela a 15.000 metros inciden las pulsaciones emitidas por la antena exploradora O, como dichas ondas se desplazan a la velocidad de 300.000.000 de metros

por segundo, es decir, a 300 metros por cada microsegundo, en recorrer el espacio $OA = 15.000$ metros tardará la onda $\frac{15.000}{300} = 50$ microsegundos, que, naturalmente, han de ser incrementados en los 50 del trayecto de vuelta o reflejo; es decir, que desde el instante en que se produce el tren de ondas hasta que se acusa en el receptor su eco, han transcurrido 100 microsegundos. Y, como sabemos, éste es un tiempo demasiado pequeño para poderlo medir y apreciar. Dicha medida base del radar se ha conseguido merced a una parte muy importante de este sistema; el indicador, constituido por uno o más tubos de rayos catódicos (tubos de Braunn) (figura 2), que tienen la

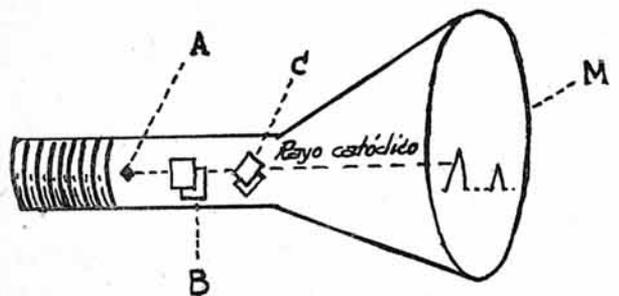


Fig. 2

Indicador de tubos catódicos en el sistema radar.

propiedad de que el flujo de electrones que naciendo en el origen de rayos catódicos A , y propagándose en línea recta van a parar a la pantalla luminosa M , sufren, por efecto del campo magnético creado por el eco, una deflexión o desviación proporcional al tiempo, en este caso 100 microsegundos, aa' en sentido horizontal, actuando dicho campo en los electrodos B , y una deflexión en a' en sentido vertical— V invertida—proporcional a la potencia de la onda captada. Cuanto más distante esté el objetivo, más tardará la onda en llegar a éste, y más, por tanto, será la desviación aa' .

Si, por consiguiente, la base aa' la graduamos en metros o cualquiera otra unidad de medida, bastará ver en qué punto de la base se produce la V invertida del eco, y leer directamente la distancia en dicho punto.

Es decir, que la pantalla catódica en este modelo de radar, el más sencillo que se conoce, está graduada como indica la figura 3, en que vemos se corresponden el tiempo en microsegundos y la distancia expresada en metros. Se objetará que siendo el desplaza-

miento de la V invertida proporcional al tiempo, y éste doble por el regreso de la onda reflejada, de la misma forma sería la distancia leída en el indicador.

Ello se corrige verificando la pantalla para 150^m /microsegundos en el lugar de 300^m /microsegundos.

En dicha figura 3 se ve la pantalla catódica barrida por la onda exploradora y las oscilaciones reflejas. Ambas oscilaciones iniciales y reflejas aparecerán como rayitas verticales. Supongamos que el barrido en la pantalla de la oscilación es de 0,01 cm. por microsegundo, y que se transmite, como antes hemos dicho, una oscilación de un microsegundo. Esta tendrá 0,01 cm. de ancho en la pantalla, y durante este tiempo la onda exploradora habrá recorrido 300 metros desde el transmisor; si como antes hemos imaginado el blanco se encuentre a 15.000 metros, la oscilación llegará al blanco en el tiempo en que la onda que barre la pantalla se haya trasladado $\frac{15.000}{300} \times 0,01 = 0,5$ cm.; pero además las ondas se desplazarán 0,5 cm. más antes de que las señales reflejas se reciban de vuelta, de manera que el intervalo entre las V invertidas iniciales y reflejas será de 1 cm., correspondiente a 100 microsegundos. Es decir, que como vemos en la figura 3, este intervalo leído en la escala de distancias nos mostrará que desde la estación exploradora al objetivo hay 15.000 metros.

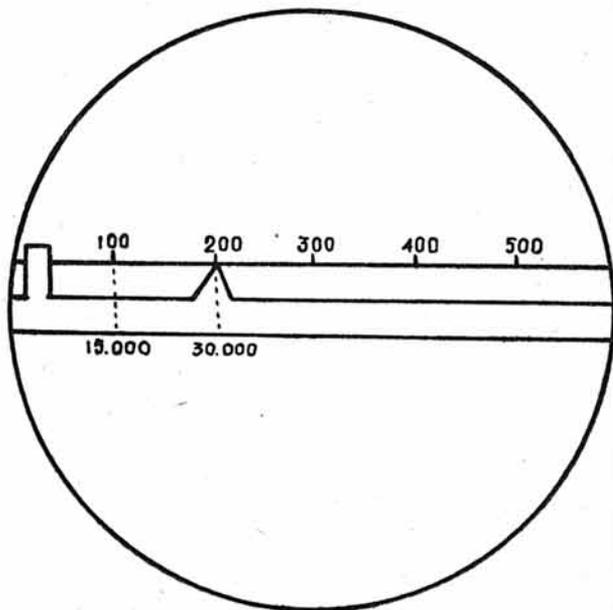


Fig. 3

Escala de distancias y tiempos en la pantalla catódica.

Ya tenemos un primer dato, la distancia; pero no nos basta, es preciso conocer la dirección en que se encuentra el objetivo; es decir, la orientación en elevación y azimut, o altura y rumbo.

Se consigue por medio de la antena direccional del radar, enviando las pulsaciones en haz muy estrecho, como la luz en los reflectores antiaéreos y faros marítimos. Esta antena puede, mediante un dispositivo propio, girar en tanto se envían las pulsaciones, obteniéndose como en un radiogoniómetro cuando el rayo está dirigido hacia el objeto, la máxima fuerza receptora que se acusa prácticamente mediante un golpe o señal acusada (lo que llaman los ingleses "pip"), que es una indicación del objetivo cuando la antena apunta al mismo.

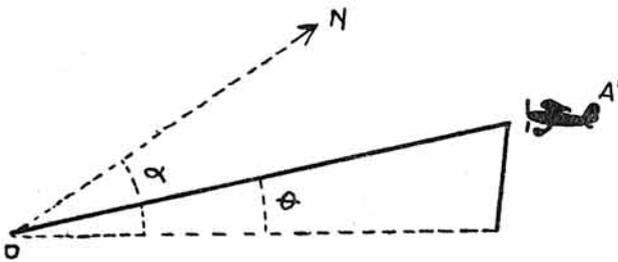


Fig. 4

Determinación de la altura de vuelos.

De este modo (fig. 4) la marcación u orientación azimutal se puede ver directamente por comparación con el Norte verdadero o cualquier otra base elegida, de modo análogo a lo que hacemos con un fin parecido con una brújula de alidada. Y la altura de vuelo AA' , siendo A la proyección en el suelo del avión, y, por consiguiente, recto el ángulo en A , será $AA' = OA \text{ (distancia)} \times \text{sen } \theta$, factores ambos conocidos.

De este modo tenemos la posición actual de un objetivo, que bien, simplemente, si es fijo, o, bien, mediante la introducción de las variables de movimiento (como se predice la posición futura en el tiro antiaéreo), podremos dirigir a aquél los cañones de defensa terrestre, naval y aérea en un caso, fijar el rumbo de un bombardero para llegar a su objetivo en otro, o dirigir un caza para la interceptación enemiga; tal es la universalidad de empleo del radar, cuyo estudio estamos realizando. Hasta aquí vemos que el radar nos determina orientación y distancia, pero ambas separadas; esta última por la pantalla catódica, y aquella por la posición de la antena o haz dirigido; pero se ha progresado más: se pueden tener ambas determinaciones mediante unos tubos especiales, con un graticulo en la pantalla catódica, en que la onda refleja no origina una deflexión o V invertida, como

hemos visto antes, sino que se manifiesta por manchas brillantes cuya ubicación se consigue relacionándola con su escala de alcance y azimut.

Es lo que se denomina "indicador" de posición por medio de un mapa "P. P. I." (plan, position, indicator) (fig. 5).

En este caso los ecos dibujan una especie de mapa en la pantalla de los tubos catódicos, ya que las reflexiones de los distintos objetos serán de distinta intensidad y naturaleza, según la conductibilidad o constante dieléctrica de los objetos reflejantes, que se traducen en otros tantos puntos más o menos luminosos, distanciados y orientados entre sí proporcionalmente a la realidad, siendo, por tanto, el efecto el de un mapa, es decir, algo parecido a la televisión, pero en que los objetos e imágenes no son reproducción fiel; esas gotas de luz no tienen la forma ni recuerdan al objeto, pero hábilmente interpretados por un operador entrenado se pueden tomar como tales mapas. El primer aparato que fué provisto de dispositivo radar de este tipo, utilizado como "localizador de objetivos", fué un "Halifax", después de haberse experimentado antes en Blenheim.

La denominación que se le dió fué "H2S", estando constituido, como el radar corriente, por un conjunto radiolocalizador provisto de un emisor, receptor, indicador y antena directriz. Esta antena puede ser muy variada; generalmente está construída por una serie de ellas dipolos (es decir, antenas igual a la mitad de la longitud de onda), adecuadamente espaciadas y en fase

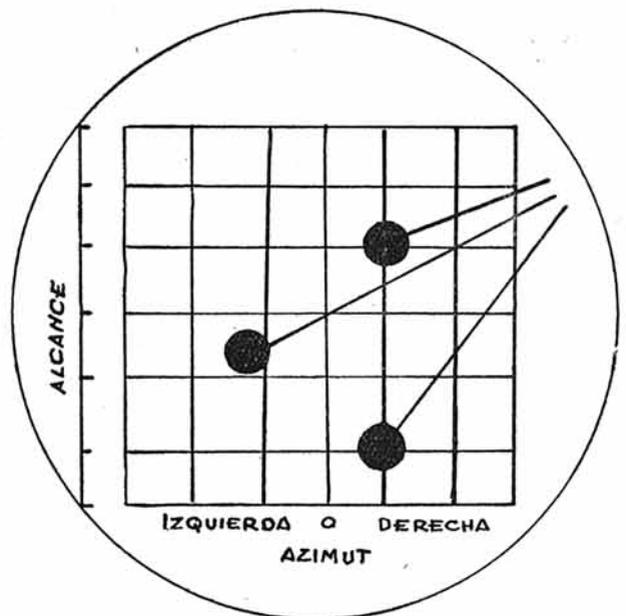


Fig. 5.

Mapa indicador de posición.

para concentrar la energía en una sola dirección, o bien siguiendo el principio de los proyectores luminosos lanzando la energía sobre un gran espejo parabólico (fig. 6) que no es fijo, sino que el conjunto está provisto de un movimiento giratorio uniforme—una rotación por segundo—, impreso por un motor eléctrico. Es decir, que es enviado un haz de rayos que en un momento determinado explora (fig. 7) el segmento del terreno OA , siendo O la proyección del avión y A el máximo alcance para esa altura H del haz explorador. Pero al cabo de un segundo, suponiendo que el avión no haya sufrido desplazamiento, el segmento OA habrá realizado una rotación de 360° , es decir, una vuelta completa, siendo el resultado la exploración de todo el área del círculo $NE-SO$, cuyo centro está en la vertical del avión, y reflejando los objetos en dicho círculo existentes, intensidades de energía dependiente de la naturaleza de los objetos sobre los cuales incide, que son captados por el receptor, amplificados y llevados a un indicador constituido por la ya clásica lámpara de rayos catódicos, que los hace visibles bajo la forma de un mapa radar. La pantalla catódica puede así compararse a la esfera de un gran reloj, con una sola manecilla el minutero,

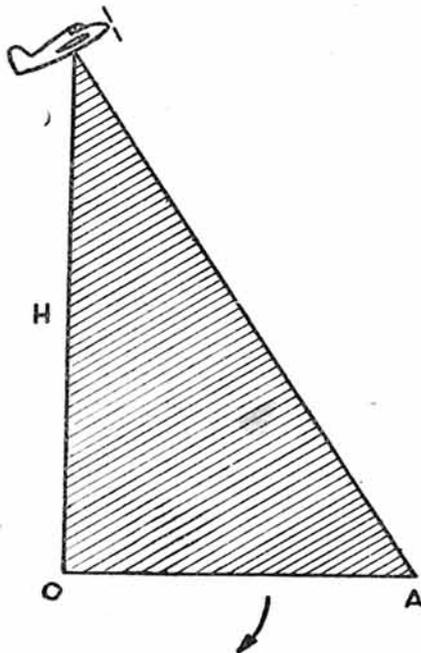


Fig. 6.

Sistema "H2S" de localización.

que es la representación del segmento OA (fig. 7), que gira a razón de una vuelta por segundo, produciendo figuras y luminosidades de color amarillo verdoso, que persisten o se modifican según la naturaleza del terreno por donde vuela el avión; de este modo

aparecen y desaparecen nuevos objetos, a la manera de un proyector de vistas.

El operador no tiene ya más que interpretar estas figuras luminosas, sabiendo que el mar, extensiones de agua, etc., no reflejan energía, que, por tanto, no harán variar la pantalla, que permanecerá a oscuras; por el contrario, el terreno más o menos accidentado, las ciudades, etc., sobre todo estas últimas, reflejan vivamente energía de radiofrecuencia, destacándose

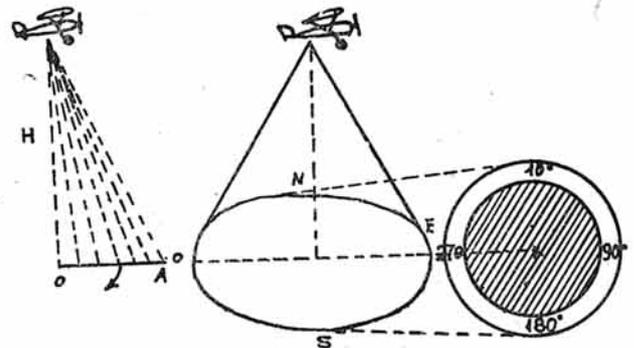


Fig 7

Esquema de exploración de una zona de terreno valiéndose de la pantalla catódica.

con la misma intensidad en la pantalla, bajo manchas luminosas, cuyos contornos se recortan nítidamente, según la definición del haz dirigido, pudiendo incluso seleccionar parte del área urbanizada para el bombardeo. Es decir, que comprobamos una diferencia esencial entre los tubos catódicos primitivamente usados y el P. P. I. o traductor gráfico del plano del terreno; en aquél se rompía la base de tiempos por el eco, para, mediante la V invertida, medir la distancia; en éste la base de tiempos, el minutero de la esfera del reloj que hablamos, gira sincronizada con la antena, y el eco, en vez de alterar la base de tiempos, simplemente intensifica durante un instante su brillantez, apareciendo cada punto como antes hemos dicho, como una luz brillante en la posición correspondiente a la distancia y rumbo del objetivo. Pero expuestas así las cosas, ya tenemos un problema que resolver. En el cinematógrafo las vistas que se proyectan son diferentes entre sí; sin embargo, no existe discontinuidad en el movimiento, y éste nos parece perfecto por la persistencia en la retina de la imagen anterior, que se toman a intervalos de tiempo menores que los que la retina invierte en disipar una imagen. Pero no es este el caso que nos ocupa; la antena exploradora gira a razón de una vuelta por segundo, y aun a mayores intervalos de tiempo, y, por consiguiente, no podríamos hablar de la proyección de un mapa, sino a lo sumo de una serie de imágenes, siem-

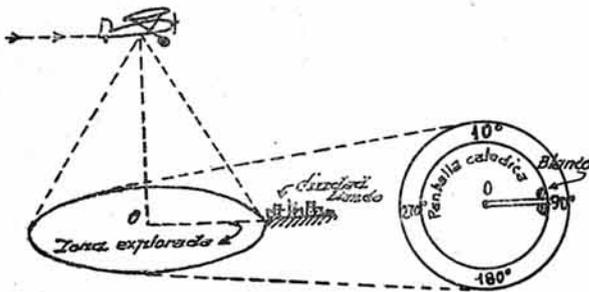


Fig. 8

Sistema de bombardeo haciendo uso del radar.

pre renovadas en la dirección que siguiese el estrecho haz emitido.

Se resolvió este problema encontrando el procedimiento de que persistiese durante unos segundos después de haberse producido la brillantez de los diferentes objetos, mediante materias fluorescentes en las que probablemente entrarán compuestos de bario, tungsteno y cinc, bajo la forma de silicatos, sulfatos y tungstatos; de este modo el efecto es el de un mapa del terreno, cuya importancia para ciertos fines no se nos oculta; es importante para navegar y explorar, ya que nos permite reconocer los accidentes del terreno acusados, pero lo es mucho más para el bombardeo, tan pródigamente utilizado por los aliados en sus propósitos, conseguidos, de desarticular la industria guerrera del Reich en la guerra ya finalizada.

Veamos cómo se realiza el bombardeo mediante el sistema radar, durante la noche o cuando el objetivo está cubierto y envuelto en niebla, es decir, en las circunstancias en que hace algún tiempo era imposible o de deficiente rendimiento. Ya hemos visto cómo con el tubo catódico especial P. P. I. se proyecta, según una esfera de 360°, una serie de imágenes del terreno, análogas a las encontradas por el avión en su ruta, que de este modo es un auxiliar de la navegación mediante el reconocimiento de la silueta de las islas, costas, montes, ciudades, etc.

Si suponemos que una de estas ciudades es el objetivo del bombardeo elegido (fig. 8), cuando ésta penetre en la zona explorada, como sabemos que en la pantalla catódica de este tipo se dan los objetos reflejantes en su posición correspondiente a la orientación y distancia, empezaremos a ver una mancha brillante en el borde de la citada pantalla, que progresivamente se acercará al centro O de la pantalla origen de alcances y azimutes, cuando el avión vaya a

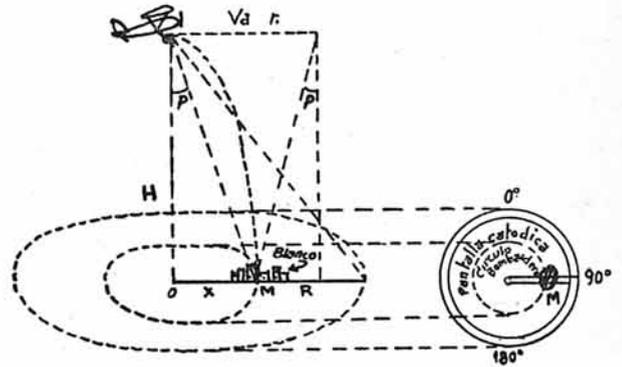


Fig. 9

Determinación del ángulo de tiro por el radiovisor.

rumbo de colisión con el blanco, es decir, quiera incidir sobre él. Hasta aquí no vemos sino la posibilidad de reconocer un blanco y dirigirse sobre el mismo.

Pero se comprende bien que no es difícil construir un radiovisor que nos dé el ángulo de tiro ρ (fig. 9), para lo que le sobran datos; se conoce el alcance $x = Va \cdot t - R$ (velocidad avión por tiempo de caída de la bomba, menos el retraso) y se conoce H altura por el tiempo que la onda tarda en llegar al suelo y regresar; por tanto, tendríamos la tangente de ρ , que mediante un artificio se proyecta en la pantalla catódica en forma de un círculo llamado de bombardeo. Por consiguiente, aunque el blanco esté oculto por nubes, todo se reduce a seguir la marcha de la silueta brillante del blanco M en la pantalla de rayos catódicos; cuando éste se encuentre sobre el círculo de bombardeo, se lanzan las bombas que han de explotar en el blanco, ya que el segmento OM de la pantalla catódica es igual al alcance de las bombas lanzadas en el momento O , e igual a $Va \cdot t - R$, siendo $Va =$ velocidad avión, $t =$ tiempo de caída y $R =$ retraso.

Y para no hacer demasiado extenso este trabajo, dejo para mi próximo artículo otras aplicaciones del radar de no mayor interés, el Gee, de singular importancia para la navegación más amplia y generalizada, y que de principio básico parecido, es, sin embargo, algo distinto a lo anterior por la ingeniosidad y originalidad de su aplicación, el radio-altímetro, la espolleta eléctrica radar, y, por último, un poco de historia de radar; el estudio de las micro-ondas y las características que deben reunir los principales componentes de un equipo radar, es decir, del modulador, el oscilador de radio frecuencia, la antena con su mecanismo explorador, el receptor y la parte más característica y común, el indicador, construido, como tantas veces hemos repetido, por los tubos catódicos o de Braun.