

Tipos de presentación de datos en la pantalla del radar

Por CARLOS FRANCO GONZALEZ-LLANOS
Comandante de Artillería.
Diplomado de la Escuela Politécnica.

Introducción.

En toda instalación de radar es preciso que exista un elemento en donde se ponga de manifiesto la información correspondiente al blanco u objeto que se quiere localizar, de tal manera que de ella se puedan obtener los datos que fijan su posición en el espacio. Este órgano recibe el nombre de "indicador" y está constituido por un tubo de rayos catódicos, en cuya pantalla fluorescente aparece en forma visible la indicación que afecta a la presencia y posición del blanco. Este cuadro luminoso se conoce bajo el nombre de "presentación" o "indicación", y de él existen diferentes tipos de acuerdo con el modelo de la instalación y características de trabajo.

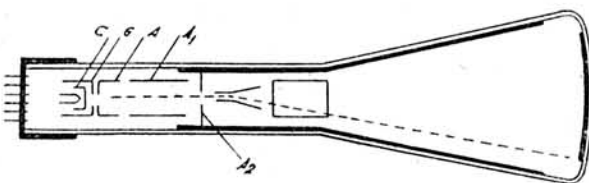


Fig-1

El tubo de rayos catódicos consiste en una ampolla de vidrio de forma cilíndrica terminada en un ensanchamiento troncocónico, en cuya base va depositada una sustancia fluorescente que constituye la pantalla del indicador. En el interior va dispuesto un "cañón electrónico" formado por un conjunto de electrodos cuya finalidad es crear un estrecho haz de electrones, cuyo control se obtiene por medio de la acción

de campos eléctricos o magnéticos, proporcionados por el sistema deflector.

Existen dos tipos de tubos de rayos catódicos: el tubo electrostático y el magnético, los cuales se distinguen por la forma de llevar a cabo la deflexión del haz y su enfoque sobre la pantalla.

La figura 1 representa esquemáticamente un tubo electrostático, y en ella se pueden distinguir fácilmente los elementos componentes.

a) *El cañón electrónico.*—Está colocado en el sentido del eje del tubo y se compone de un cátodo C emisor de electrones, calentado indirectamente por medio de un calefactor. El haz de electrones se gobierna por medio de la rejilla de mando G, la cual está constituida por un cilindro cuya base está perforada para permitir el paso de los electrones; actuando sobre la tensión negativa a que está sometido este electrodo, se consigue aumentar o disminuir la intensidad del haz.

Entre la rejilla de control y el primer ánodo va dispuesto otro electrodo A, llamado ánodo acelerador, cuya misión es acelerar los electrones en la parte cercana a la rejilla de mando y, a su vez, actúa como rejilla pantalla, de tal manera que la intensidad del haz de electrones se mantiene independiente de las variaciones que pueden experimentar los potenciales a que están sometidos los otros electrodos.

A continuación del ánodo acelerador van colocados los ánodos A_1 y A_2 , cuyo conjunto constituye una lente electrónica; su misión es concentrar el haz sobre una superficie muy pequeña de la pantalla fluorescente.

b) *Sistema deflector.*—La desviación del haz de electrones se produce por la acción de los campos eléctricos creados por el conjunto de dos pares de placas, llamadas deflectoras, montado cada par, uno a continuación del otro en la forma que se indica en la figura 1.

El haz de rayos catódicos pasa por en medio de las citadas placas, de tal manera que la desviación que sufre es exactamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada a dichos electrodos.

c) *Pantalla fluorescente.*—La pantalla va colocada en el extremo del tubo, y sobre ella se verifica la transformación de la energía del haz de electrones en energía luminosa. Las sustancias fluorescentes o "fósforos" deben gozar de una serie de propiedades que afectan principalmente a su color, tiempo de persistencia y a la manera de realizar la integración de las imágenes procedentes de una señal repetitiva. Las sustancias fosforescentes gozan de la propiedad de emitir cierta cantidad de luz como consecuencia de una excitación electrónica, la cual dura un cierto intervalo de tiempo, más o menos largo, dependiente de la naturaleza de la sustancia de que está compuesto el "fósforo".

Los "fósforos" se clasifican, de acuerdo con la manera de realizar la excitación, en "fósforos" de excitación directa, en los que la luz se emite en el momento de incidir los electrones sobre la capa fluorescente, y "fósforos" de absorción de luz, los cuales están constituidos a base de una pantalla de capas múltiples, generalmente dos, de tal manera que al incidir los electrones sobre la primera se produce una emisión de luz que es absorbida por la capa que está en contacto con la superficie del tubo.

Cuando el tiempo de persistencia no es una condición esencial, se utilizan fósforos de constitución análoga a los empleados en los osciloscopios corrientes, a base de willemita (orto silicato de zinc activado con manganeso) ($Zn_2SiO_4 : Mn$). Cuando es necesario una mayor persistencia se emplean fluoruros de zinc ($ZnF_2 : Mn$), y zinc y manganeso ($ZnF_2, MgF_2 : Mn$), los cuales, al igual que la willemita, poseen unas curvas de persistencia de características expo-

nenciales; se emplean los fluoruros cuando se necesita una mayor persistencia, a fin de eliminar los efectos de fluctuación de las imágenes. Estos "fósforos" son aptos para el empleo en aquellos equipos en los que la velocidad de giro del sistema explorador es un número pequeño de vueltas por segundo.

Si la condición de persistencia es de importancia capital, se recurre al empleo de pantallas en "cascada", las cuales, como su nombre indica, están formadas por dos capas de propiedades distintas; la primera, al ser excitada por el haz de electrones, da origen a una alta radiación en forma de luz azul que es absorbida por la otra capa que está en contacto con la superficie del tubo. La primera capa está formada a base de sulfuro de zinc activado con plata, y la segunda es un sulfuro de cadmio y un sulfuro de zinc activados con cobre. La segunda capa, al ser excitada por las radiaciones azules procedentes de la primera, da origen a una radiación de color amarillo o anaranjado de mayor persistencia.

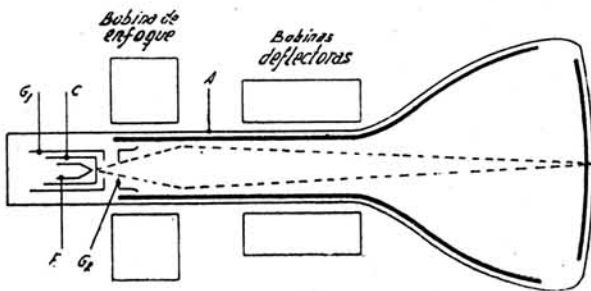
Con las pantallas de este tipo se usa en algunas ocasiones un filtro que absorbe las radiaciones azules, a fin de evitar el cansancio de la vista; este filtro, por su parte, no debe absorber cantidad apreciable de radiaciones amarillas procedentes de la segunda capa.

Los "fósforos" en cascada se usan frecuentemente en los "indicadores" de aquellos equipos de radar cuyo sistema explorador gira a una velocidad relativamente lenta, del orden de una vuelta cada veinticinco segundos; su uso está indicado en aquellos tipos de presentación en los que las imágenes deben tener cierta persistencia, tal como sucede en los tipos B, C, y PPI.

d) *Tubo de rayos catódicos magnético.*—El tubo magnético está caracterizado porque la deflexión del haz de electrones se produce por medio del paso de ondas de corriente de forma determinada a través del arrollamiento de una bobina o conjunto de bobinas, colocadas rodeando el cuello del tubo. La desviación producida por cada bobina es proporcional a la intensidad de la corriente que circula por ella, de tal manera que la total del conjunto es la suma vec-

torial de las desviaciones producidas por las bobinas parciales.

El cañón electrónico está formado por los siguientes elementos: calefactor, F; cátodo, C; rejilla de mando, G_1 ; rejilla pantalla, G_2 y ánodo, A (fig. 2). El calefactor, el cátodo y la rejilla de mando tienen análogas funciones y constitución que las que se



especificaron al tratar de los tubos electrostáticos. La rejilla pantalla G_2 va colocada a continuación de la rejilla de mando, y está constituida por un cilindro hueco; en una de sus bases lleva un pequeño agujero situado enfrente de la rejilla de mando, y el otro borde va doblado hacia fuera; este electrodo tiene por misión hacer que la tensión de corte sea independiente de las variaciones del potencial de ánodo, y va sometido a un potencial positivo con relación al cátodo. La acción de enfoque se realiza por medio de bobinas o imanes permanentes. El campo magnético longitudinal creado por estos elementos no produce efecto alguno sobre aquellos electrones que se mueven en dirección del vector intensidad del campo, pero si éstos, por el contrario, poseen una componente de la velocidad normal a dicha dirección, los electrones se encuentran sometidos a un movimiento helicoidal que les hace volver de nuevo al haz.

El tubo magnético tiene la ventaja de que proporciona ángulos de deflexión de mayor amplitud que los electrostáticos, y como consecuencia de ello su tamaño se reduce.

Clasificación.

La forma de manifestarse los datos en la pantalla del tubo de rayos catódicos sirve de base para clasificar los diferentes tipos

de "indicadores" o "presentaciones". En el caso más general, el blanco se sitúa mediante el conocimiento de sus tres coordenadas: azimuth, distancia geométrica y ángulo de situación; por regla general, los "indicadores" no están preparados para dar los valores de estas tres coordenadas a la vez, a no ser que se usen dispositivos especiales para este fin; en los casos más corrientes son necesarios dos "indicadores" para proporcionar una información completa del blanco.

Para facilidad en el estudio se clasifican estos dispositivos en tres grupos principales, de acuerdo con el número de coordenadas que son capaces de proporcionar:

I. *Sistemas que dan indicación de una sola coordenada.*—Los "indicadores" pertenecientes a este tipo dan información referente a una sola coordenada, generalmente la distancia. Emplean tubos de rayos catódicos electrostáticos, de tal manera que la señal eco del blanco, debidamente detectada y amplificada, se aplica a las placas de deflexión vertical, lo cual produce una desviación del haz en dicho sentido; este pico tiene una magnitud proporcional a la intensidad de la señal eco recibida.

Estos sistemas se pueden utilizar para obtener información de la orientación en que se encuentra el blanco; en este caso es preciso comparar los ecos producidos por dos haces de radiación diferentes.

Los tipos más corrientes son: Tipo A y tipo J, los cuales dan información sobre la distancia a que se encuentra el objeto a localizar, y los tipos K y L, que, además de dar la distancia, proporcionan el dato de orientación.

II. *Sistemas que dan indicación referente a dos coordenadas.*—Estos sistemas emplean oscilógrafos con modulación de intensidad, en los que la señal eco del blanco actúa como una tensión sobre la rejilla de control, de tal manera que en ese instante se refuerza la intensidad del haz de electrones y el brillo del punto luminoso en la pantalla se hace más intenso.

Los tipos principales son: Tipo PPI (indicador de posición en el plano), que da una representación en coordenadas polares (dis-

tancia y orientación); tipo B, tipo E y tipo RHI, que proporcionan los datos de distancia y un ángulo, y los tipos C y F, que dan el ángulo de orientación y el de situación.

III. *Sistemas que dan indicación de las tres coordenadas.*—Son una modificación de los tipos del segundo grupo, en los que la información correspondiente a dos coordenadas se ha completado con la tercera mediante ciertas indicaciones.

Sistemas que dan indicación de una sola coordenada.

Como ya se dijo anteriormente, estos sistemas utilizan tubos de rayos catódicos electrostáticos, de tal manera que la señal reflejada en el blanco se aplica a las placas de deflexión vertical del tubo. Además del valor de la distancia, da información acerca de la intensidad y forma de las señales eco recibidas.

Tipo A.—Este tipo de presentación fué el que se usó en los primeros tiempos del radar. El haz de rayos catódicos sufre una desviación horizontal mediante la aplica-

la retina, unido al que posee la substancia fluorescente. Si a las placas de deflexión vertical se aplica la señal eco del blanco, el haz de rayos catódicos se desvía en sentido vertical, y aparece un pico cuya longitud es proporcional a la intensidad de dicha señal, y su posición con relación al origen del barrido producido por la base de tiempos da una medida de la distancia a que se encuentra el blanco. En la figura 3 aparece una representación de la pantalla tipo A, en donde puede verse fácilmente el eco de un blanco y el pico principal situado en el origen de la base de tiempos, que corresponde al impulso generado por el transmisor en el momento de radiarse al espacio. Este tipo de indicador se usa principalmente para observar las señales procedentes de un equipo de radar y para analizar las formas de onda en los diferentes circuitos del equipo para fines de prueba y ajuste. Se utiliza también para el descifrado de las señales en los sistemas IFF (identificación de amigos y enemigos).

El equipo de radar americano AN/APQ-7, utilizado a bordo de los aviones para control de bombardeo, va dotado de un indicador tipo A, de 3 pulgadas de diámetro.

Tipo J.—Este tipo de presentación se diferencia del anterior en que utiliza una base de tiempos circular en lugar de una lineal. Tiene la ventaja de que proporciona una gran exactitud en la medida de las distancias. En este sistema es preciso utilizar oscilógrafos especiales, dotados de cuatro placas, formando un cuadrado, a las que se les aplica tensiones alternativas, defasadas entre sí 90°, a fin de obtener campos magnéticos giratorios. El barrido circular se realiza con un movimiento uniforme, de tal manera que la velocidad angular de giro coincide con la del campo giratorio, o sea que está fijada por la frecuencia de las ondas senoidales aplicadas a las placas. La frecuencia de este barrido senoidal debe ser múltiplo de la frecuencia de repetición de los impulsos generados por el transmisor.

La señal del impulso y la del eco se aplican a un electrodo o varilla colocada en dirección normal al plano de la pantalla, de forma que al aplicarle un impulso en forma de tensiones negativas provoca la des-

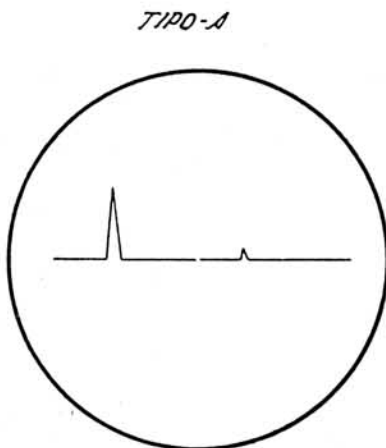


Fig-3

ción de una onda en diente de sierra a las placas de deflexión horizontal, de tal manera que el punto luminoso que aparece en la pantalla sigue la dirección de un diámetro con una velocidad uniforme; sobre la pantalla aparece una traza continua, debido al efecto de persistencia de las imágenes en

viación del haz en sentido radial. El aspecto de la pantalla se indica en la figura 4.

El equipo SCR-584, utilizado para la dirección del tiro de las baterías antiaéreas,

TIPO-J

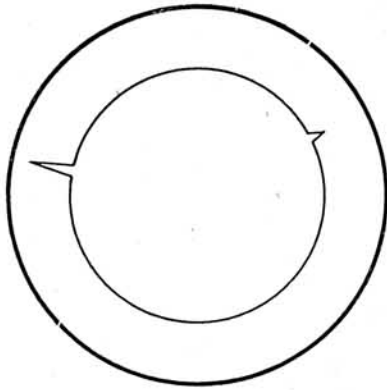


Fig-4

va dotado de dos indicadores tipo J, de 3 pulgadas de diámetro, para lectura exacta y aproximada, cuyo detalle se representa en la figura 5.

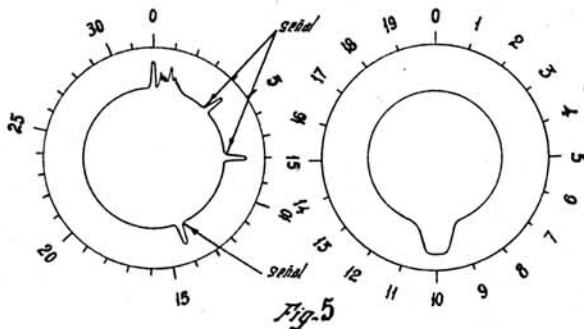


Fig.5

Tipos K y L.—En algunas ocasiones, y para fines de medición de la orientación en que se encuentra un blanco, es necesario comparar la intensidad de los ecos que proceden de él y que son recogidos por dos antenas, cuyos haces de radiación forman entre sí un cierto ángulo. Los ecos que provienen de ambos sistemas radiantes se presentan en el mismo indicador, a fin de facilitar su comparación. Los tipos de indicadores que cumplen con esta condición se les conoce bajo la denominación de tipo K y tipo L.

El tipo K está dispuesto de tal manera que los barridos en alcance, correspondientes a las dos antenas, arrancan de diferente origen, y los picos indicadores de los ecos aparecen uno al lado del otro, y su comparación se realiza fácilmente; actuando sobre el movimiento azimutal del equipo hasta conseguir que estas señales tengan la misma amplitud, se consigue calcular con relativa exactitud la dirección en que se en-

TIPO-K

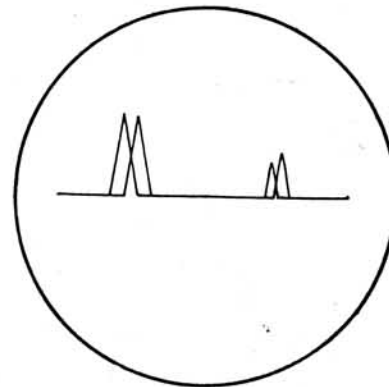


Fig-6

cuentra el blanco. La figura 6 representa un indicador de este tipo.

La presentación tipo L (fig. 7) es una variante de la anterior, en la que los barridos

TIPO-L

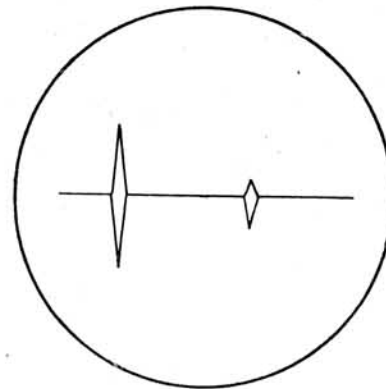


Fig-7

correspondientes a las dos antenas no están defasados, pero las señales aparecen a distinto lado de la base de tiempos. El equipo

aéreo SCR-521, utilizado para guiar o conducir un avión contra un blanco de superficie, utiliza dos conjuntos de antenas que proporcionan haces de radiación diferentes, según se emplee el equipo en la fase de exploración o en la de localización (véase figura 8). Para fines de localización los haces se cortan entre sí en la forma que representa la figura; el receptor se conmuta rá-

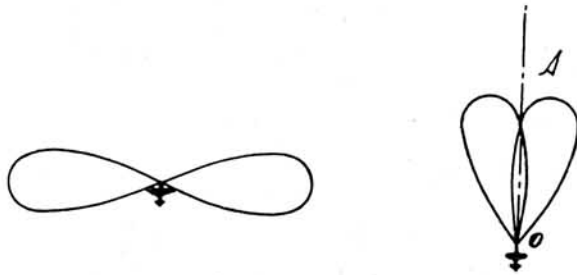


Fig-8

pidamente desde el elemento de la derecha al de la izquierda, y viceversa, del par de antenas que está en funcionamiento, y los ecos procedentes del blanco se ponen de manifiesto en una pantalla tipo L; la distancia se obtiene por lectura directa sobre una escala grabada en la cara del tubo.

En esta instalación se debe poner especial cuidado que el eje de igual señal OA coincida con la dirección de vuelo del avión.

Otros tipos.—Existen otra serie de tipos de indicadores pertenecientes al primer siste-

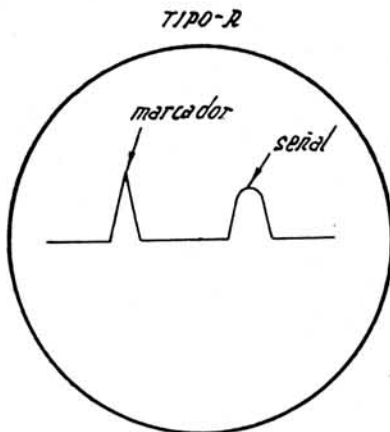


Fig-9

ma, conocidos bajo la denominación de presentación tipo R, que son una modificación del tipo A; se utilizan para proporcionar el

dato de distancia con gran exactitud. En la figura 9 está representado el tipo R con marcador electrónico móvil, de tal manera que al hacerlo coincidir con el borde anterior de la señal se obtiene el valor de la distancia con gran exactitud y precisión. El tipo M es una variante del tipo A, en el que en la base de tiempos se ha producido una entalladura o escalón que se puede desplazar hasta colocarlo en coincidencia con la señal eco (figura 10).

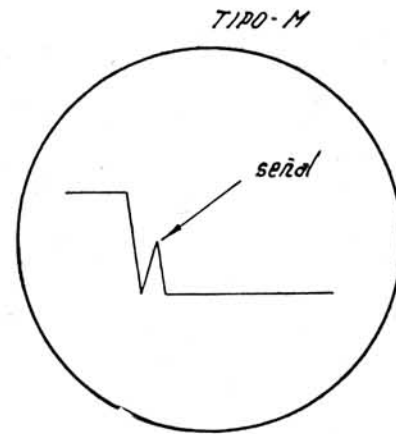


Fig-10

Sistemas que dan indicación referente a dos coordenadas.

En este sistema se utilizan tubos de rayos catódicos con modulación de intensidad, en los que la señal eco que proviene del blanco se hace actuar como una tensión positiva sobre la rejilla de control. La señal refuerza la intensidad del haz y el brillo del punto luminoso en la pantalla se hace más intenso.

Para facilidad en el estudio consideramos divididos los tipos pertenecientes a este sistema en dos grupos; en el primero se incluye aquellos tipos que proporcionan la distancia y un ángulo, y los segundos solamente dan información sobre la dirección (ángulo de orientación y situación).

Al primer grupo pertenecen los tipos PPI, B, E y RHI, y al segundo los C y F.

Tipo PPI.—La denominación PPI corresponde al anagrama de la frase inglesa Plane Position Indicator (Indicador de Posi-

ción en el Plano), y da una visión panorámica de la zona o espacio de terreno explorado por el radar. En la pantalla del tubo de rayos catódicos aparecen representados los diferentes objetos por medio de sus coordenadas polares, su distancia medida desde el punto que ocupa la estación y su ángulo de orientación o azimut. Cuando el radar se encuentra en la superficie, la representación es equivalente a un mapa o plano del sector explorado. Si la exploración se hace desde un avión, la representación es errónea, puesto que el valor de las distancias medidas en la pantalla son las correspondientes a la distancia geométrica o inclinada, en lugar de la reducida al horizonte. Estos errores son prácticamente despreciables, excepto en el caso que la altura de vuelo sea demasiado elevada o para valores grandes del ángulo visual.

blancos aparecen situados en la pantalla de acuerdo con sus coordenadas polares y como resultado de ello se obtiene un plano o carta de la zona explorada. La figura 11 representa el aspecto de la pantalla PPI, cuyo origen coincide con el centro de la misma. Cuando se quiera ensanchar el punto de vista en una determinada dirección, se utiliza la presentación PPI con el origen descentrado con relación al de la pantalla; la figura 12 representa una pantalla PPI de este tipo, sobre la que se pone de manifiesto la información de los blancos comprendidos dentro de un sector determinado.

TIPO-P-P-I

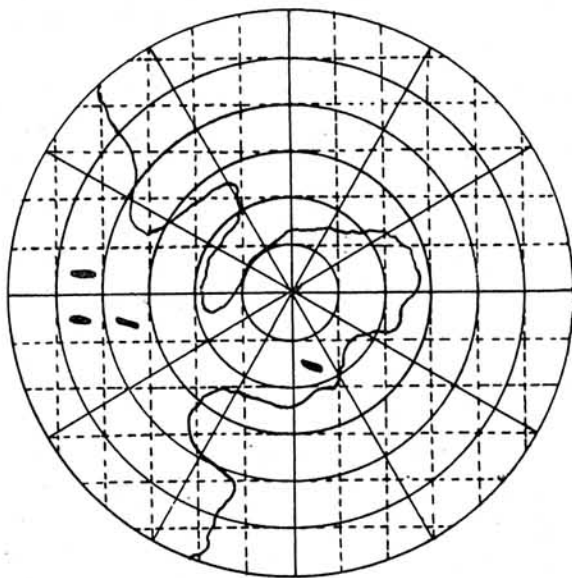


Fig-11

La representación PPI se obtiene por medio de una base de tiempos giratoria en sincronismo con el elemento explorador, y que tiene su arranque en el centro del tubo. El tubo de rayos catódicos del indicador utiliza, como ya se dijo antes, el sistema de modulación de intensidad, de tal manera que la intensidad del haz de electrones se refuerza a la llegada de una señal eco. Los

TIPO-P-P-I descentrado

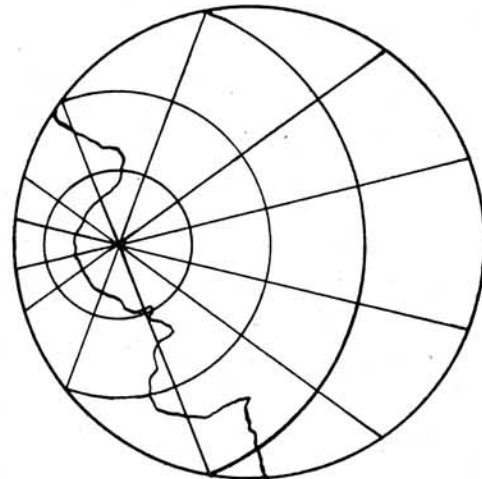


Fig-12

De una manera análoga a como se obtiene una presentación PPI en el plano horizontal, se puede obtener otra análoga en el plano vertical con solo sustituir en la primera en lugar del ángulo de orientación el de elevación; sin embargo, en la práctica se usan para este fin tipos de presentación deformados.

Los tipos de presentación deformada se pueden considerar divididos en tres grupos principales:

- 1.º Deformación radial de una presentación en coordenadas polares, producida por una desviación del origen de alcances.
- 2.º Deformación lineal causada por el alargamiento de una representación polar en dirección de uno de los ejes.

3.º Representación en coordenadas rectangulares de las coordenadas polares, distancia y ángulo.

Deformación radial.—En los equipos de radar se usa ampliamente dos tipos de presentación PPI, con deformación radial. Uno de ellos es conocido bajo la denominación de "PPI de centro abierto" (Open-center PPI), y consiste en desviar o ensanchar el centro de la presentación sobre un círculo de radio determinado, de tal manera que la determinación de la orientación de un blanco cercano se puede llevar a cabo con una mayor exactitud que en el caso de un PPI corriente. En este tipo de presentación las escalas de alcance y orientación permanecen invariables, es decir, conservan su característica lineal, pero el grado de deformación es grande en una cierta fracción del alcance del sistema (véase fig. 13), en especial en las proximidades del origen.

TIPO-P-P-I de centro abierto

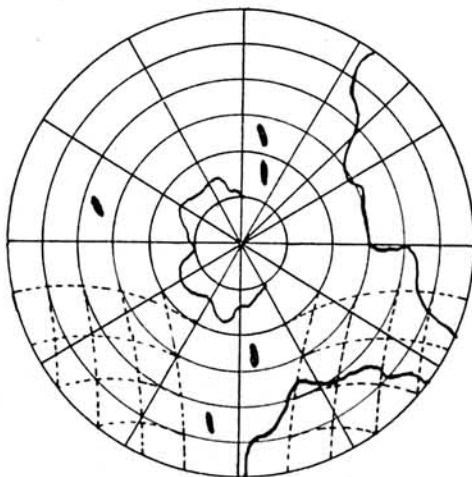


Fig-13

El otro sistema consiste en disponer una zona de alcance ensanchada sin sacrificar ningún sector de visión alrededor del punto de estación. Con este sistema se consigue obtener un grado elevado de dispersión y alta resolución sobre blancos que se encuentran situados a una gran distancia del origen. Lo mismo que en el tipo anterior, las escalas de distancias y orientaciones conser-

van su característica lineal, pero la deformación es elevada, excepto en el borde de la pantalla.

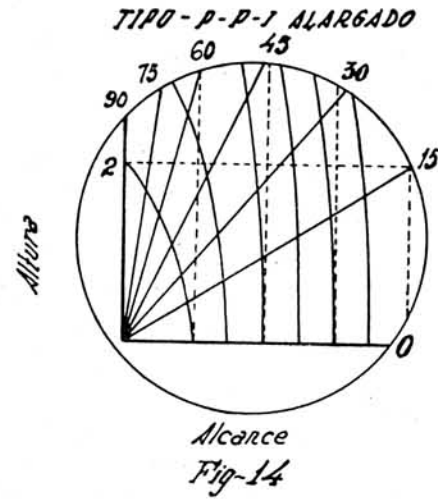
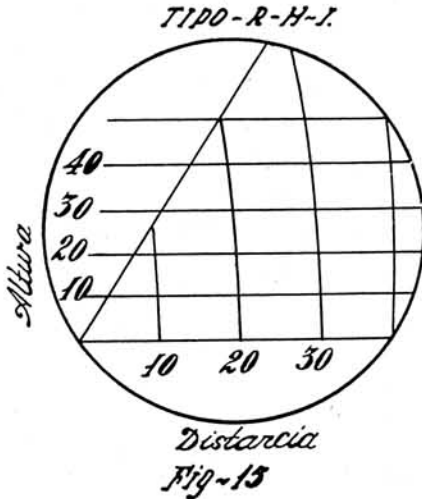


Fig-14

Deformación lineal.—Un tipo de presentación de gran utilidad es aquella que se obtiene de una presentación PPI, mediante una deformación en sentido de un eje cualquiera. Cuando la representación corresponde al plano horizontal, se la conoce bajo la denominación de "PPI alargada", y es de suma utilidad en unión de los equipos de control de aviones que se acercan al campo de aterrizaje, y para ayuda a la navegación de buques que se desplazan a través de canales o estrechos de poca amplitud. El alargamiento se realiza en una dirección perpendicular a la ruta que debe seguir el buque y avión, de tal manera que cualquier ligera desviación que tenga lugar en su ruta se acusa fácilmente. La "presentación PPI alargada" está representada en la figura 14, en donde fácilmente puede observarse que las coordenadas cartesianas, tomadas en sentido paralelo y perpendicular a la dirección del alargamiento, conservan su mismo significado y su característica lineal, excepto la escala, que es distinta. Los círculos de igual alcance aparecen como elipses, con su eje mayor en la dirección del alargamiento.

La deformación lineal tiene una especial utilidad cuando la presentación corresponde al plano vertical, y se usa para la determinación de la altura de vuelo de los aviones. Este tipo de presentación se la conoce también bajo la denominación RHI (range-

height-indication), y en la pantalla aparecen todos los aviones que se encuentran en una determinada orientación. El aspecto de la pantalla está representado en la figura 15.



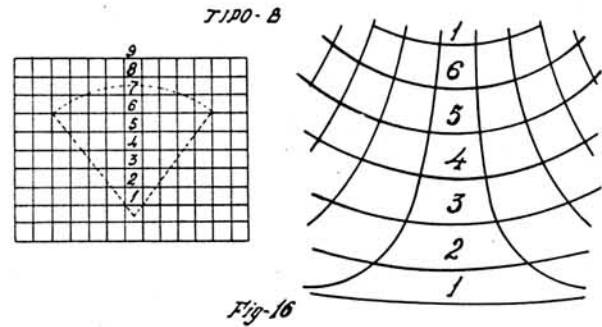
Representación en coordenadas cartesianas de las coordenadas polares, distancia y ángulo.—En esta presentación la superficie plana está representada combinando los valores de la distancia y el ángulo de orientación en coordenadas cartesianas, de tal manera que la representación que se obtiene no responde a la realidad, sino que está deformada en cierto grado.

El tipo característico de esta representación es el conocido bajo la denominación de tipo B, y se emplea generalmente en aquellos equipos en que el sistema explorador recorre en sentido horizontal un ángulo de amplitud limitada. El barrido horizontal se hace sincrónico con el movimiento de exploración de la antena, de forma que en la parte inferior de la pantalla aparece una línea horizontal de brillo intenso que corresponde al momento de emitirse el impulso. Se produce, además, un barrido vertical, que hace desplazar el haz de electrones en ese sentido y cuyo movimiento está sincronizado con la emisión de los impulsos. En la pantalla aparece una figura luminosa, formada por un sistema de líneas verticales, cuyo brillo se mantiene a una intensidad relativamente baja, y en la parte inferior un trazo de intenso brillo producido, como ya se dijo antes, por el impulso emitido.

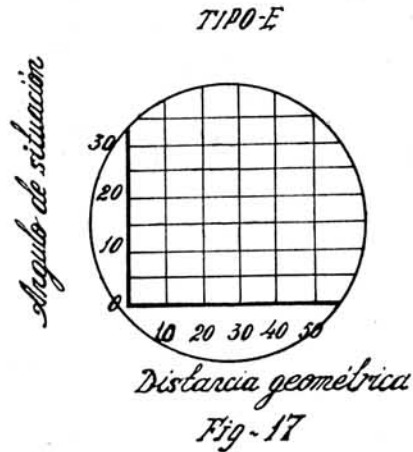
La señal eco del blanco actúa sobre la re-

jilla de control del tubo de rayos catódicos, y refuerza en ese momento la intensidad del haz de electrones. Sobre la pantalla aparecerá una mancha luminosa, cuyas coordenadas corresponden a la distancia y orientación del blanco.

La figura 16 muestra la distorsión producida en este tipo de presentación.



La pantalla tipo E corresponde a una presentación en coordenadas rectangulares de la distancia y el ángulo de situación; la primera se representa sobre el eje horizontal, y la segunda sobre el vertical (fig. 17).

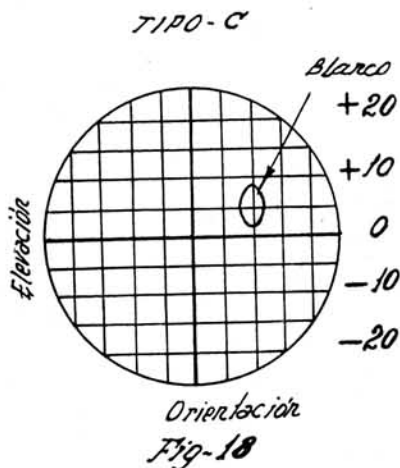


Este sistema se usa en lugar del RHI cuando se desea obtener el ángulo de situación en lugar de la altura. En algunos tipos antiguos se podía obtener también este dato por medio de unas curvas de igual altura (hipérbolas) grabadas sobre la pantalla del tubo; no obstante se prefiere el tipo RHI ya citado, debido a su mayor exactitud y menor distorsión.

Tipos C y F.—Estos tipos pertenecen al segundo grupo de la clasificación, y en ellos

se obtiene información sobre el azimut y el ángulo de elevación.

La representación tipo C da los valores de estas magnitudes sobre un sistema de ejes coordenados, ángulos de orientación (abscisas) y ángulos de situación (ordenadas) (fig. 18).



Se usa en combinación con un indicador que proporciona el dato de distancia, generalmente un tipo B o un PPI. Este modelo tiene el grave inconveniente que la relación señal-ruido es muy pequeña, si las señales se presentan durante una fracción apreciable del ciclo del impulso. Este tipo de presentación se usa principalmente en equipos de avión para localizar la dirección de los blancos.

El tipo F se utiliza en unión del sistema de exploración cónica, para señalar el error de puntería de la antena. Es una representación en coordenadas cartesianas (fig. 19) de los ángulos de error en dirección (abscisas) y situación (ordenadas); este sistema se puede considerar como una derivación del tipo C que se acaba de citar.

A continuación se citan algunos equipos de radar típicos, mostrando a la vez sus características principales y los tipos de pantallas que utilizan.

El equipo americano SCR-720 fué usado con éxito durante la segunda guerra mundial por las Fuerzas Aéreas británicas y americanas en misiones de interceptación aérea; va dotado de dos tipos de indicador. Un indicador tipo B presenta los datos de alcance y orientación del blanco, y va pro-

visto de un marcador electrónico móvil en alcance, que permite introducir el valor de la distancia en el otro indicador pertene-



ciente al tipo C; en este último se obtiene el ángulo de situación y la orientación de los blancos comprendidos en un cierto intervalo centrado con el alcance proporcionado por el índice móvil de la otra pantalla.

El radar AN/APQ-7, montado a bordo de los aviones, se emplea para fines de navegación y bombardeo, y va dotado de una pantalla PPI de sector de 12,7 centímetros de diámetro, y otra del tipo A, de 7,6 centímetros. El equipo trabaja en una longitud de onda de 3 centímetros, y la antena produce un haz de radiación de 0,4° de ancho en azimut, y en el plano vertical proporciona un haz de radiación cuya intensidad varía proporcionalmente al cuadrado de la cosecante del ángulo de depresión, hasta un valor de 70° aproximadamente. El haz explora un sector de 60° en 2/3 de segundo por desplazamiento de fase en los dipolos que componen el conjunto radiante.

Entre los equipos destinados a la localización de blancos de superficie desde aviones se pueden citar: el SCR-717, el ASG y el AN/APS-11. El primero trabaja en una longitud de onda de 10 centímetros, y la antena está formada por un paraboloide de 30 pulgadas, dispuesta para estar girando continuamente o bien para realizar solamente una exploración de sector. Según el modelo de que se trate, utiliza un indicador tipo B, o bien un PPI, dispuesto para funcionar con el centro ensanchado. El ASG es parecido al anterior, pero solamente utiliza una pantalla tipo PPI. Por último, el

AN/APS-11 trabaja en una longitud de onda de 3 centímetros; fué proyectado para la dirección de bombardeo de blancos terrestres y utiliza una pantalla tipo PPI.

Sistemas que dan indicación de las tres coordenadas.

Un modelo de indicador perteneciente a este tipo es el conocido bajo la denominación de "base de tiempos radial" o tipo I, y se usa generalmente en combinación con un sistema de exploración en espiral. El barrido en alcance se efectúa en sentido radial a partir del centro de la pantalla, y su dirección coincide con la proyección de haz de radiación de la antena sobre un plano perpendicular al eje de exploración.

Las distancias al blanco aparecen en sentido radial como un reforzamiento de la huella luminosa del haz de electrones sobre la pantalla. Si la dirección del blanco coincide con el eje de simetría del sistema explorador, la energía electromagnética que recibe, cualquiera que sea la posición de la

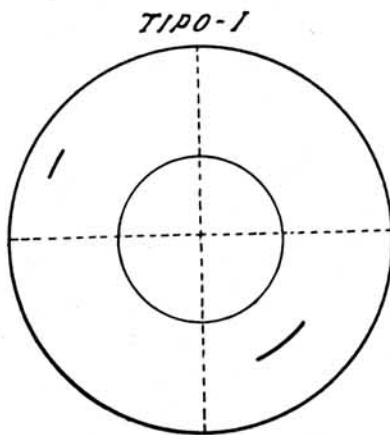


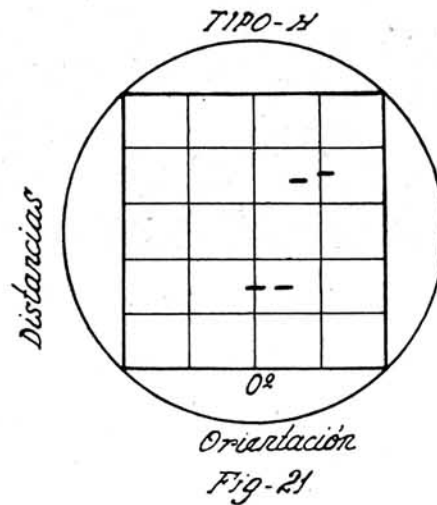
Fig-20

antena, es uniforme y la señal eco se presenta bajo la forma de una circunferencia luminosa, cuyo radio es proporcional a la distancia.

Si por el contrario el blanco está descentrado con relación al citado eje de simetría, la indicación de los ecos presenta la forma de un arco de círculo cuyo radio es proporcional a la distancia y su posición en la

pantalla muestra el error de posición del blanco (en azimut y elevación) con relación al eje de exploración.

La figura 20 representa un indicador de este tipo en donde la circunferencia central es la indicación de un blanco centrado, y el arco situado a la derecha corresponde a otro



blanco que ocupa una posición situada a la derecha del primero y más baja. A medida de que el blanco se desvía del eje de simetría de exploración, la longitud del arco se hace cada vez más corta.

Finalmente, otro tipo de indicador que da información de las tres coordenadas es el conocido por el nombre de tipo H, y puede considerarse como una modificación del tipo B. El eco del blanco aparece en forma de dos trazos próximos, y la inclinación de la recta que une los centros de ambos da una medida del ángulo de situación. Cuando el eje del sistema explorador está en la misma dirección del blanco, los dos trazos aparecen a la misma altura (fig. 21).

El equipo AN/APS-6, utilizado a bordo de los aviones en misiones de caza nocturna, va dotado de un paraboloide reflector, colocado debajo de una de las alas, el cual gira a una velocidad de 1.200 r. p. m. alrededor del eje que pasa por el alimentador, y es paralelo a la dirección de vuelo. Este sistema emplea el método de exploración en espiral, y la información del blanco se pone de manifiesto en una pantalla tipo H, cuyo detalle se ha explicado anteriormente.