

1. EQUIPO DE A BORDO VOR

El equipo embarcado VOR es el encargado de recibir, procesar y presentar la información proporcionada por la estación de tierra para su explotación en forma manual (piloto) ó en forma automática (piloto automático). El diagrama general de bloques del equipo de a bordo se muestra en la figura 1.

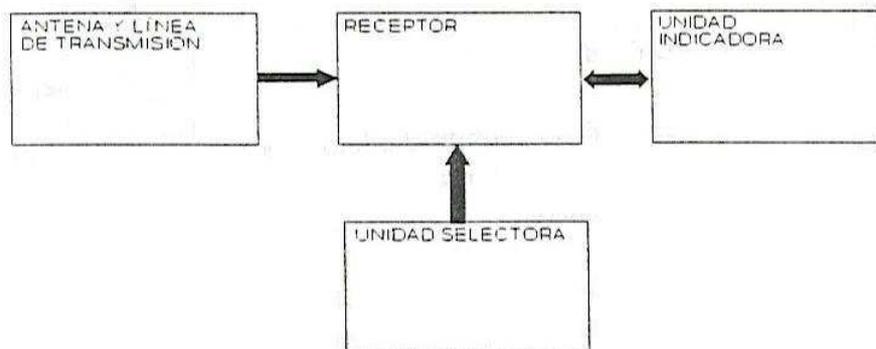


Fig. 1. Diagrama de bloques general del equipo de a bordo VOR

1.1 Antena y línea de transmisión.

La antena es la encargada de recibir la información procedente de la estación de tierra. Para ello es necesario que cumpla con los siguientes requisitos:

- Banda de trabajo desde 108 a 118 MHz
- Polarización horizontal
- DDR omnidireccional en el plano horizontal.

La posición de la antena es generalmente el estabilizador vertical y está constituida por ranuras situadas a ambos lados del estabilizador para proporcionar un DDR lo más no direccional posible. Esta antena puede compartirse con el subsistema localizador del ILS, a excepción de las aeronaves certificadas para operaciones en CAT II/III, en que ambas antenas son independientes.

Por su parte, la línea de transmisión es normalmente coaxial, de unos 50Ω de impedancia característica de bajas pérdidas.

1.2 Unidad selectora

Esta unidad permite al piloto seleccionar la frecuencia de trabajo, para sintonizar el receptor/ procesador, a fin de obtener información de la estación VOR seleccionada.

La unidad selectora está ubicada en la cabina de la aeronave y permite al piloto realizar las siguientes funciones:

- Encendido/apagado del equipo.
- Seleccionar la frecuencia de trabajo de una estación VOR.
- Seleccionar de forma automática el canal DME asociado a la frecuencia VOR.
- Iniciar la prueba de funcionamiento del receptor de a bordo mediante un pulsador de BITE (Built in Test Equipment) y presentar el resultado de la misma.
- Aumentar ó disminuir el volumen de la señal de identificación de la estación seleccionada para ser escuchada por el piloto.

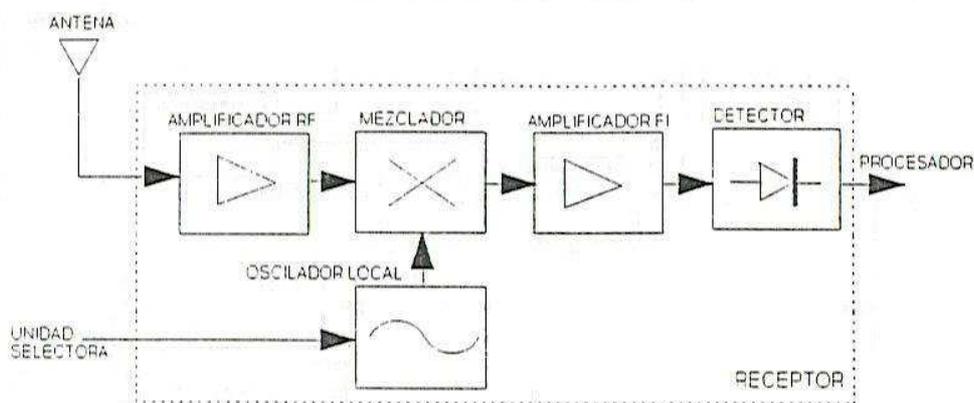


Fig. 2. Diagrama de bloques del receptor VOR

1.3 Receptor/Procesador

El receptor es del tipo clásico superheterodino y su misión es proporcionar al procesador las señales que modulan en amplitud a la portadora. El diagrama de bloques de un receptor típico se indica en la figura 2.

La frecuencia seleccionada por el selector fija la frecuencia de oscilación del oscilador local y la sintonía del amplificador de RF. El mezclador “bate” las señales procedentes del amplificador de RF y del oscilador local y, del complejo de señales producidas, selecciona la que corresponde a la frecuencia intermedia (FI) a través del correspondiente filtro “pasa banda”, el amplificador de FI eleva el nivel de la señal correspondiente a la frecuencia intermedia. La salida del amplificador de FI se aplica al demodulador ó detector de AM, quién produce a la salida las señales moduladoras, que se envían al procesador.

El procesador tiene como misión la separación de las señales de REF, VAR e IDENT, así como la comparación de fases de las señales de navegación de 30 Hz para la obtención de información útil a las funciones de navegación y guiado del piloto.

1.4 Indicador.

Vea RMI en el tema anterior.

2. DISTANCE MEASURING EQUIPMENT DME

2.1 INTRODUCCIÓN.

El sistema DME tanto en tierra como a bordo consiste en un transmisor y un receptor que interactúan entre si para obtener información de la distancia entre la aeronave y la estación en tierra. Normalmente, el DME trabaja en conjunción con el VOR para obtener la posición de la aeronave en coordenadas polares, aunque también se puede instalar con el sistema de aterrizaje ILS, para dar información de distancia a la pista en la etapa de aterrizaje. En los dos casos, el piloto no necesita sintonizar la frecuencia DME, ya que ésta se encuentra apareada con la del VOR y con la del Localizador del ILS, es decir que cuando el piloto sintoniza un

determinado VOR, si este se encuentra con un DME, el sistema a bordo automáticamente lo sintoniza con el canal correspondiente.

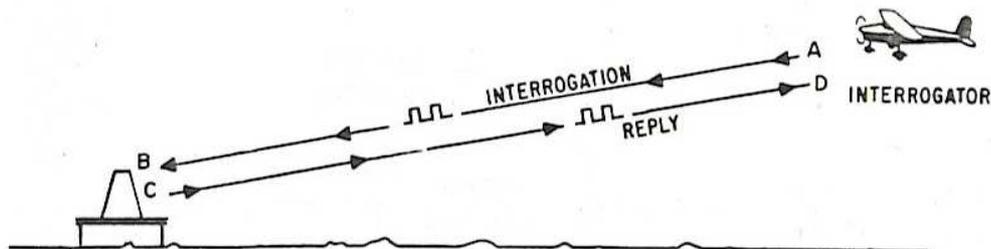


Fig 3. Interrogación y respuesta en el DME

2.2 CANALES DME

Como puede observarse en la figura 1, el transmisor de la aeronave envía una interrogación a la estación en tierra, el receptor de la estación la recibe y después de procesarla, el transmisor de la estación envía una respuesta la cual es recibida por el receptor de la aeronave. El tiempo que demoró en llegar la respuesta es medido y convertido en información de distancia.

Lo anterior implica que cada canal DME tenga una frecuencia de interrogación y una frecuencia de respuesta. El rango de frecuencia del DME es de 962 a 1213 MHz y los canales están distribuidos de la siguiente manera:

Banda baja: 1025 a 1087 MHz interrogación → 962 a 1024 MHz respuesta

Banda alta: 1088 a 1150 MHz interrogación → 1151 a 1213 MHz respuesta

En cada canal la diferencia entre la frecuencia de interrogación y la de respuesta es siempre de 63 MHz. En el anexo 10 de la OACI, se da la tabla con las frecuencias de cada canal y la respectiva frecuencia de apareamiento (VOR ó ILS), Ej:

Canal	F_{int} (MHz)	F_{resp} (MHz)	F_{apar} (MHz)
39X	1063	1000	110.2
40X	1064	1001	110.3
76X	1100	1163	112.9
77X	1101	1164	113.0

2.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

En la figura 4 se puede observar el interrogador (la aeronave, parte superior) y el transponder (estación en tierra, parte inferior). En la figura 5 se muestran los pulsos usados en el proceso de interrogación y respuesta en el tiempo. Cuando una aeronave interroga a la estación en tierra, la antena de ésta recibe la señal de interrogación y es enviada al receptor a través del circulador y el preselector. El circulador es un dispositivo que permite el paso de señal en un solo sentido y de esta manera aísla las señales recibidas y transmitidas ya que como se puede observar, en el DME la antena es una sola para recepción y transmisión. La señal en el receptor es entonces amplificada y detectada y luego enviada al decoder para la verificación del espaciamiento de pulsos (12 μ s). De allí se envía un pulso para el encoder y el circuito de prioridad, que genera pares de pulsos para la respuesta con el mismo espaciamiento y con un

retardo fijo de 50 μ s, que se aplican al transmisor donde los pulsos se convierten en forma de campana de Gauss y se amplifican. Estos pulsos modulan la señal de RF del generador para producir en la salida pulsos de RF que son emitidos por la antena en forma de pares de pulsos de respuesta. La respuesta es recibida por el receptor a bordo, donde en el circuito de rango se mide el tiempo que tardó la respuesta desde el momento en que se transmitió la interrogación. La distancia se determina de manera simple por la ecuación:

$$D = \frac{c \times t_r}{2}$$

Donde c es la velocidad de propagación de la luz y t_r es el tiempo de rango. (Ver figura 5).

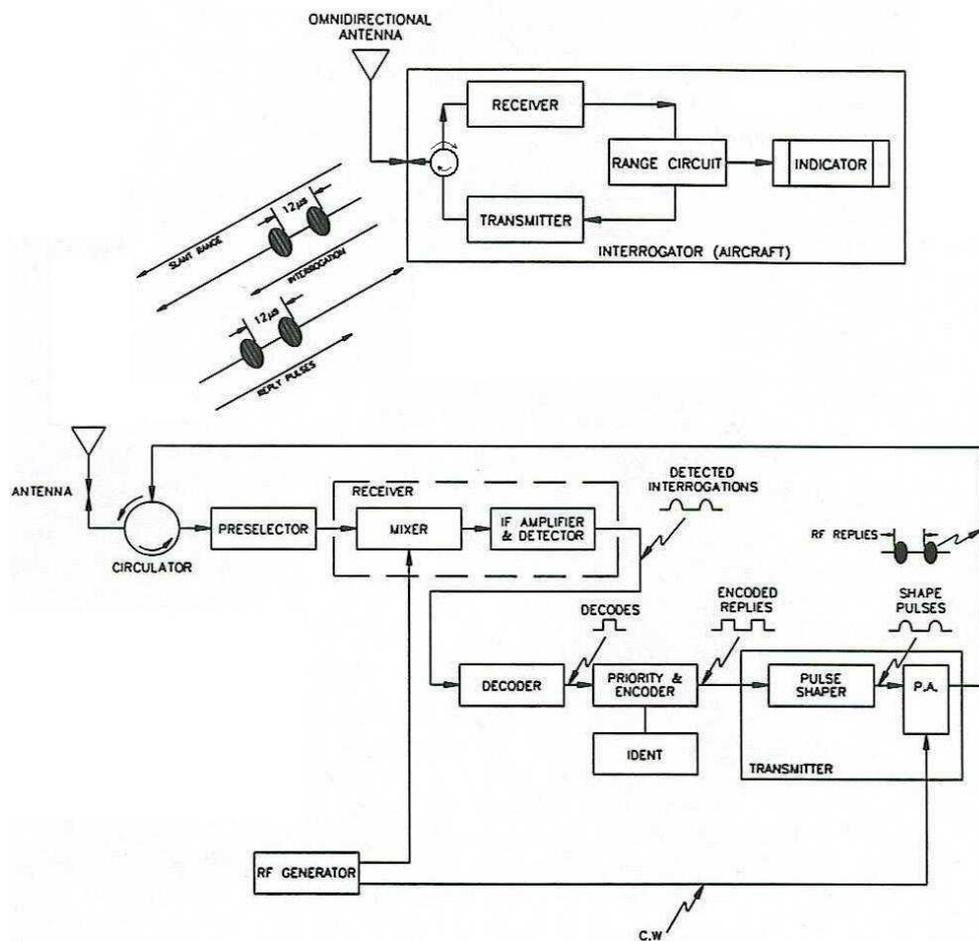
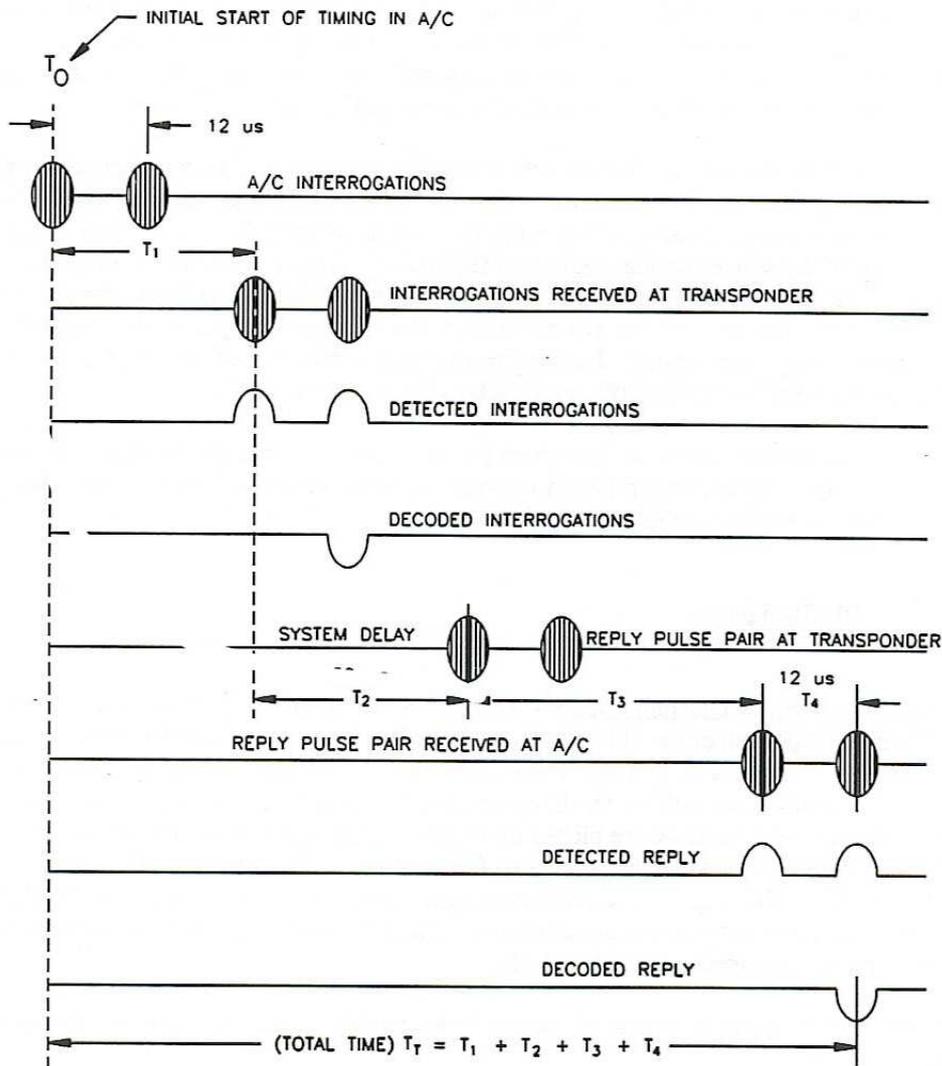


Fig 4. Diagrama en bloques del sistema DME



NOTES:

- T_1 = ONE WAY TRAVEL TIME FROM A/C TO STATION
- T_2 = SYSTEM DELAY (50 us).
- T_3 = ONE WAY TRAVEL TIME FROM STATION TO A/C.
- T_4 = REPLY PULSE SPACING AT A/C (12 us).
- RANGE TIME = $T_T - (T_2 + T_4)$

Fig 5. Proceso de interrogación y respuesta en el DME

El DME usa pares de pulsos tanto para la interrogación como para la respuesta para evitar interferencia con otros sistemas que también usan pulsos como el radar. La aeronave interroga con 60 ppps (pares de pulsos por segundo) en periodo de búsqueda y 27 ppps cuando ya reconoce sus propias respuestas. El sistema de tierra responde a 2700 ppps, lo que significa que puede atender hasta 100 aeronaves simultáneamente.

Cada aeronave debe distinguir la respuesta propia de las demás, tarea que no es sencilla teniendo en cuenta que el canal del DME es el mismo para todas las aeronaves que están sintonizadas a la misma estación en tierra. El par de pulsos tiene una separación entre ellos constante igual a $12\mu\text{s}$, pero el periodo de repetición de cada par de pulsos es aleatorio. Esto se debe a que el generador dentro del circuito de rango es diseñado para que sea bastante inestable. Cuando la respuesta es recibida en el circuito de rango, allí se determina qué pares de pulsos llegan con el mismo periodo con el que se transmitieron las interrogaciones, y estos son capturados para la medición de distancia como se explicó anteriormente.

La identificación en el DME también se transmite en código Morse en un tono de 1350 Hz. Debe sincronizarse con la identificación del equipo con el que se encuentra instalado el DME en tierra (VOR ó ILS).

La polarización de las antenas DME es vertical. En tierra los sistemas son generalmente de 1000 watts para uso en ruta y de 100 watts para aproximación.