

FUERZA AÉREA DE CHILE VIRTUAL

Navegación VOR.

Contenido

Generalidades sobre instrumentos
Anemómetro, velocímetro (Airspeed)
Efecto del viento en el anemómetro
Horizonte Artificial o Indicador de Actitud (AI)
Altímetro (ALT)
Diferencias entre altura, altitudes y niveles de vuelo
Coordinador de giros (Turn Coordinator TC)
Indicador de Rumbo o Giróscopo Direccional (DG)
Indicador de Velocidad Vertical o Variómetro (VSI)
Indicador Automático de Dirección (ADF)
Indicador Acimutal Automático (OBI)
Equipo Medidor de Distancia (DME)
Brújula Magnética
Indicador de Actitud y Dirección (ADI)
Indicador de Situación Horizontal (HSI)
Pantalla Primaria de Vuelo (PFD)
Sistema de Instrumentos del Motor y Alerta a la Tripulación (EICAS)
Pantalla de Cabeza Alta (HUD)
Sistema Electrónico de Vuelo por Instrumentos (EFIS / CFPD)
Radioaltímetro
Radares
Sistema Pitot Estática
Instrumentos Giroscópicos.
Instrumentos Eléctricos.
Luces Tesigos
Comentario sobre Aviónica

Advertencia

QUAM CELERRIME AD ASTRA

La información que aquí se brinda está basada en la realidad. El conocimiento de la misma no es habilitante para volar realmente, solo se brinda a título informativo para uso exclusivo en simuladores de vuelo, y no debe ni puede ser aplicada fuera de ese contexto. Si desean aprender a volar en la realidad, solo podrán hacerlo en las entidades habilitadas para tal fin (Aeroclubes, Fuerza Aérea, etc).

Navegación VOR (Very High Frequency Omnidirectional Range).

Introducción

El sistema de navegación VOR (Very High Frequency Omnidirectional Range) es tal vez el más difundido sistema de navegación aérea real y prácticamente el único considerado por Flight Simulator, hasta la utilización del GPS en versiones más recientes.

Consta de dos equipamientos, un transmisor fijo en tierra y el receptor montado en el avión enlazados por ondas de radio de muy alta frecuencia comprendidas entre los 108,0 y 118,0 Mhz.

La estación de tierra es un transmisor omnidireccional, esto quiere decir que transmite en todas las direcciones como los rayos de la rueda de una bicicleta, aceptándose si se está dentro del alcance, sus señales independientemente uno se encuentra al sur, norte, este u oeste, como muestra la figura 1.

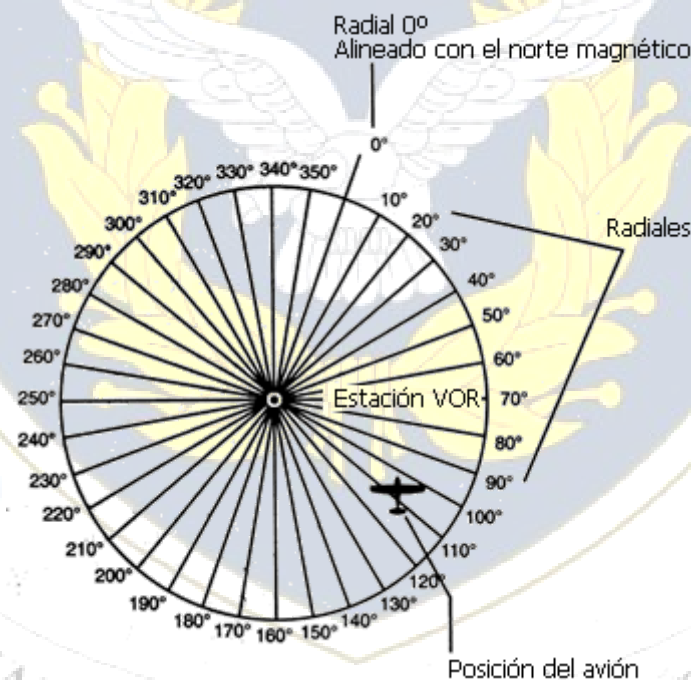


Figura 1: Transmisión de una estación VOR.

La información transmitida es tal que tras decodificarla por el sistema de recepción montado en el avión, pueda determinarse en qué posición se encuentra el avión respecto de la estación de tierra.

A ver si podemos ser más claros, la estación VOR genera e indica 360 "rutas o caminos" denominados radiales alrededor de ella, separados entre sí 1° según se ve en la figura 2, de modo que el receptor puede saber sobre qué "camino" se encuentra en ese momento, siguiendo ese camino (radial) llegará a la estación.

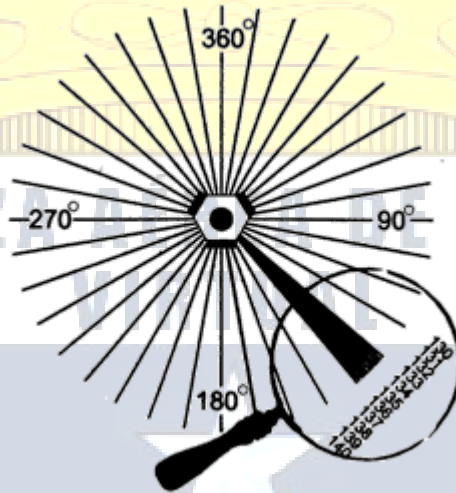


Figura 2: La separación de las radiales es de 1° .

La idea en principio es muy simple, por ejemplo para viajar de una ciudad a otra en automóvil solo basta saber que ruta las une, luego se sigue esa ruta para llegar a destino, con los VOR ocurre lo mismo, con conocer cuales radiales de cuales VOR nos conducen a destino, con solo seguirlos llegaremos al punto deseado. De igual forma se pueden determinar posiciones e intercepciones.

Como se hace evidente, todo es muy fácil pero si no se conoce la posición en tierra de la estación y sus radiales nada se puede hacer, acá es donde empiezan a aparecer las cartas de navegación aérea de las que habrá que disponer para no andar a la deriva.

Las estaciones se las ubica de tal forma que la radial 0° o 360° corresponde al norte magnético y se las numera como en una brújula es decir que si se vuela en la radial 90° se está al este, en la 180° al sur, etc.

Principio de funcionamiento.

Aquí vamos a tratar de dar una explicación lo más simple posible sobre como una estación VOR logra identificar las 360 radiales, la 360 y la 0 es la misma.

Para lograrlo, la estación no emite una señal, sino dos, una es la señal de referencia y la segunda la señal variable, la que se desfasó con la radial respectiva.

Para entender esto del desfase debemos primero entender que es una onda y para dar una idea de la misma digamos que es cuando un fenómeno físico varía alguno de sus parámetros en forma repetitiva respondiendo a una función o funciones matemáticas.

Por ejemplo, veamos que sucede con la alimentación eléctrica monofásica hogareña que para Argentina es corriente alterna y adopta un valor de tensión de 220v con una frecuencia de 50 Hz. Si instalamos un instrumento que nos muestre en forma gráfica (osciloscopio) el comportamiento de la tensión veríamos la forma de onda que esta adopta y sería el que se muestra en la figura 1.

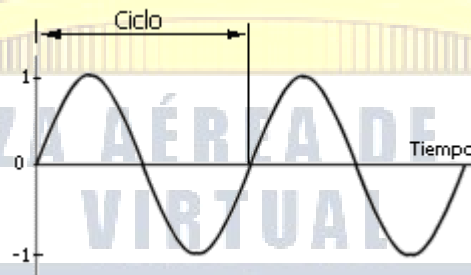


Figura 1: Onda sinusoidal

Esto quiere decir que la tensión en un momento se encuentra a 0v, luego crece hasta alcanzar el valor de 220v para descender y alcanzar un valor inverso de 220v pasando previamente por 0v, luego nuevamente crecer hasta los 0v y comenzar a repetir el ciclo. Al ser estricto el valor en el pico o en el valle en realidad no es de 220v pues este es un valor medio (valor eficaz), siendo la tensión de pico un poco superior (308v).

El punto desde donde comienza la observación hasta en dónde comienza a repetirse se lo denomina ciclo, correspondiendo la cantidad de ciclos ejecutadas por segundo a la frecuencia, es decir que una frecuencia de 50Hz corresponde a 50 ciclos por segundo (1 ciclo/segundo = 1 Hz). Estrictamente la frecuencia se la define como la inversa del tiempo.

La forma de la onda corresponde a una función sinusoidal por lo que ya sabrán aparece un ángulo:

$$Y = \text{sen } X$$

Esta no es la única forma de onda, hay otras resultantes de diversas funciones matemáticas o resultantes de transformaciones de las mismas.

Ahora veamos el tema del desfase, para ello tracemos la curva desde 0° hasta 360° representada en la figura 2 con color azul, aclaremos que el seno del ángulo está representado por la magnitud del segmento AB. Luego hagamos lo mismo pero esta vez en lugar de ir de 0° a 360°, lo haremos desde 90° una vuelta completa hasta alcanzar nuevamente los 90°, representado en la fig 2 en

color rojo, aquí el seno de x está representado por el segmento $A'B'$, obtendremos la curva en color rojo.

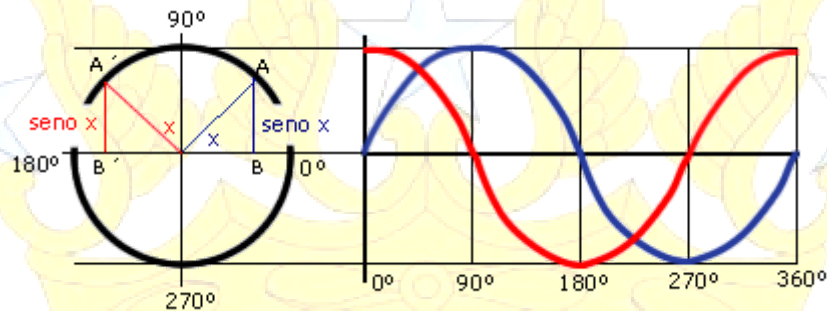


Figura 2: Defasaje de ondas

Estas curvas en apariencia diferentes, si observamos bien son iguales, salvo porque una está corrida 90° (curva roja), observen que la curva azul pasa por 0 en 0° , 180° y 360° , mientras que la roja lo hace en 90° y 270° , es decir hay una diferencia de 90° entre los puntos cero, en este caso las ondas están desfasadas en 90° .

Para finalizar las ondas son iguales, si la roja se corriera se pondría a la azul y se vería una sola curva, en ese caso las ondas están en fase, cuanto más se corran mayor será el desfase.

Este es el concepto bajo el cual la estación VOR informa la radial, emite dos señales una fija y estable en 0° y la variable la va desfasando de acuerdo a los grados de la radial, es decir que para la radial 0 las señales estarán en fase, para la radial de 2° la variable estará desfasada en 2° , para la radial 90 habrá 90° de desfase, para la de 100 habrá 100° y así por lo 360° .

El equipo en el avión lo que hace es medir el grado de desfase entre la señal fija y la variable para determinar la radial correspondiente, o sea si hay un desfase de 90° se encuentra en la radial 90, si el desfase es de 180° la radial será la 180, etc.

Aclaremos que esta es la explicación del concepto por eso se adoptó la senoide, pues es la que a mi me parece permite ver más fácilmente los conceptos básicos, esto no quiere decir que sea la forma de onda utilizada, pues existe una gran cantidad de formas de ondas de características diversas.

Transmisión y alcance.

Como ya se dijo las estaciones VOR (Radiofaro Omnidireccional de Muy Alta Frecuencia Very High Frequency Omnidirectional Range) operan con frecuencias que van desde los 108.0 hasta los 118.0 Mhz, como frecuencia de transmisión.

Para evitar confusiones con el punto de las señales de información tratadas anteriormente, aclaremos que esta es una onda distinta y no tiene que ver con las señales antedichas.

Esta onda es lo que se denomina " onda portadora " y es en realidad el medio de transporte de las señales de información, una vez sintonizada por el equipo de a bordo y recepcionada se la descarta y solamente se procesan las señales de información. Para no marearnos digamos que esta es la frecuencia a sintonizar.

De acuerdo a la frecuencia las ondas tienen comportamientos marcadamente diferentes, es así que se las clasifica en distintas bandas como se muestra en la siguiente tabla.

Banda	Rango de frecuencias
Baja Frecuencia (LF)	30 - 300 KHz
Frecuencia Media (M/F)	300 - 3000 KHz
Alta Frecuencia (H/F)	3000 KHz - 30 MHz
muy Alta Frecuencia (VHF)	30 - 300 MHz
Ultra Alta Frecuencia (UHF)	300 - 3000 MHz

Las ondas de L/F y M/F viajan hacia arriba hasta que chocan en la ionosfera y se reflejan hacia el suelo, así su alcance varía con la altura y la densidad de la ionosfera. Las ondas de H/F también se reflejan en la ionosfera hacia el suelo, el que también las vuelve a reflejar hacia la ionosfera dando como resultado un mayor alcance que las anteriores.

Las VHF y UHF no son reflejadas en la ionosfera, para ser recibidas debe estar el receptor directamente en la trayectoria de la onda, a esto se lo denomina " recepción en línea ".

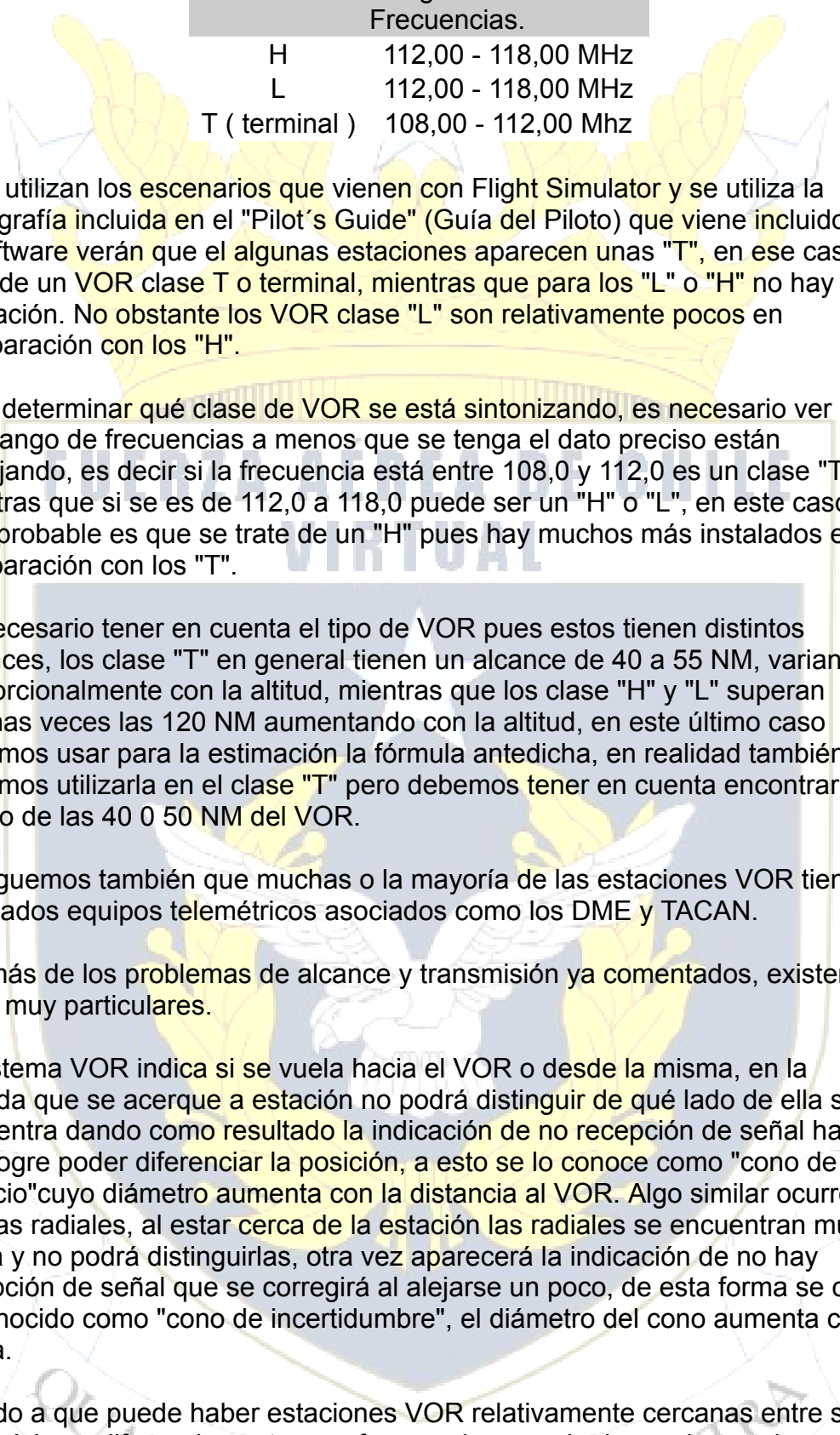
El alcance de estas últimas depende directamente de la altura, aumentando con esta y puede ser estimada en millas náuticas obteniendo la raíz cuadrada del producto entre la altura desde la estación VOR al avión por 1,5 como indica la fórmula siguiente.

$$\text{alcance} = \sqrt{\text{altura} \cdot 1,5}$$

Por ejemplo si se vuela a 10500 pies MSL y la transmisión se realiza desde un lugar con una elevación de 500 pies MSL, te encontrarás en realidad a 10000 pies sobre la estación, al multiplicarlo por 1,5 de 15000, la raíz cuadrada de 15000 es 122, 47. El alcance será en este caso de aproximadamente 122 NM.

Un planteo matemático similar al comentado realiza Flight Simulator por lo que en general funcionará, pero es necesario entrar en una consideración.

En la realidad existen tres tipos de VOR, todos ellos modelizados en Flight Simulator, estos son :



Clase de Vor	Rango de Frecuencias.
H	112,00 - 118,00 MHz
L	112,00 - 118,00 MHz
T (terminal)	108,00 - 112,00 Mhz

Si se utilizan los escenarios que vienen con Flight Simulator y se utiliza la cartografía incluida en el "Pilot's Guide" (Guía del Piloto) que viene incluido con el software verán que algunas estaciones aparecen unas "T", en ese caso se trata de un VOR clase T o terminal, mientras que para los "L" o "H" no hay indicación. No obstante los VOR clase "L" son relativamente pocos en comparación con los "H".

Para determinar qué clase de VOR se está sintonizando, es necesario ver en qué rango de frecuencias a menos que se tenga el dato preciso están trabajando, es decir si la frecuencia está entre 108,0 y 112,0 es un clase "T", mientras que si se es de 112,0 a 118,0 puede ser un "H" o "L", en este caso lo más probable es que se trate de un "H" pues hay muchos más instalados en comparación con los "T".

Es necesario tener en cuenta el tipo de VOR pues estos tienen distintos alcances, los clase "T" en general tienen un alcance de 40 a 55 NM, variando proporcionalmente con la altitud, mientras que los clase "H" y "L" superan muchas veces las 120 NM aumentando con la altitud, en este último caso podemos usar para la estimación la fórmula antedicha, en realidad también podemos utilizarla en el clase "T" pero debemos tener en cuenta encontrarnos dentro de las 40 o 50 NM del VOR.

Agreguemos también que muchas o la mayoría de las estaciones VOR tienen instalados equipos telemétricos asociados como los DME y TACAN.

Además de los problemas de alcance y transmisión ya comentados, existen otros muy particulares.

El sistema VOR indica si se vuela hacia el VOR o desde la misma, en la medida que se acerque a estación no podrá distinguir de qué lado de ella se encuentra dando como resultado la indicación de no recepción de señal hasta que logre poder diferenciar la posición, a esto se lo conoce como "cono de silencio" cuyo diámetro aumenta con la distancia al VOR. Algo similar ocurre con las radiales, al estar cerca de la estación las radiales se encuentran muy cerca y no podrá distinguirlas, otra vez aparecerá la indicación de no hay recepción de señal que se corregirá al alejarse un poco, de esta forma se crea lo conocido como "cono de incertidumbre", el diámetro del cono aumenta con la altura.

Debido a que puede haber estaciones VOR relativamente cercanas entre sí y con mínimas diferencias entre sus frecuencias, puede darse el caso de sintonizar una frecuencia errónea y aún así recibir señal, aunque en realidad se trate de un VALOR equivocado y terminar guiándonos por una estación ubicada a 100 NM de distancia del VOR que creemos estamos siguiendo, algo como

esto ocurrió en la vida real durante la guerra fría, el resultado fue el derribo por un caza Mig de la ex Unión Soviética de un avión comercial (si mal no recuerdo un 747) tras haber ingresado en espacio aéreo restringido, resultaron muertos todos los pasajeros y tripulación.

Para evitar malos ratos conviene verificar que el código de tres letras del VOR sintonizado se corresponde con el deseado, los instrumentos electrónicos pueden mostrar este indicador directamente, si no se pasee uno de estas características se lo verifica escuchando el código Morse que la estación transmite.

Recordemos que el código Morse es un método de comunicación de puntos y rayas, en donde un punto es un sonido corto y la raya uno largo siendo la combinación de esos puntos y rayas las diversas letras del alfabeto según muestra la tabla siguiente.

Letra	Código Morse	Letra	Código Morse
A	· _	S	... ·
B	_ · · ·	T	_
C	_ · _ ·	U	· · _
D	_ · ·	V	· · · _
E	·	W	· _ _
F	· · _ ·	X	_ · · _
G	_ _ ·	Y	_ · _ _
H	· · · ·	Z	_ _ · ·
I	· ·	1	· _ _ _ _
J	· _ _ _	2	· · _ _ _
K	_ · _	3	· · · _ _
L	· _ _ _	4	· · · · _
M	_ _	5	· · · · ·
N	_ ·	6	_ · · · ·
O	_ _ _	7	_ _ · · ·
P	· _ _ ·	8	_ _ _ · ·
Q	_ _ · _	9	_ _ _ _ ·
R	· _ ·	0	_ _ _ _ _

A los pilotos se les enseña siempre a verificar el correcto funcionamiento del equipo VOR, este puede presentar varios tipos de problemas y errores, en Flight Simulator en general la opción es que por falla deje de funcionar, mientras que en la realidad puede haber mediciones erróneas mientras el instrumento sigue funcionando.

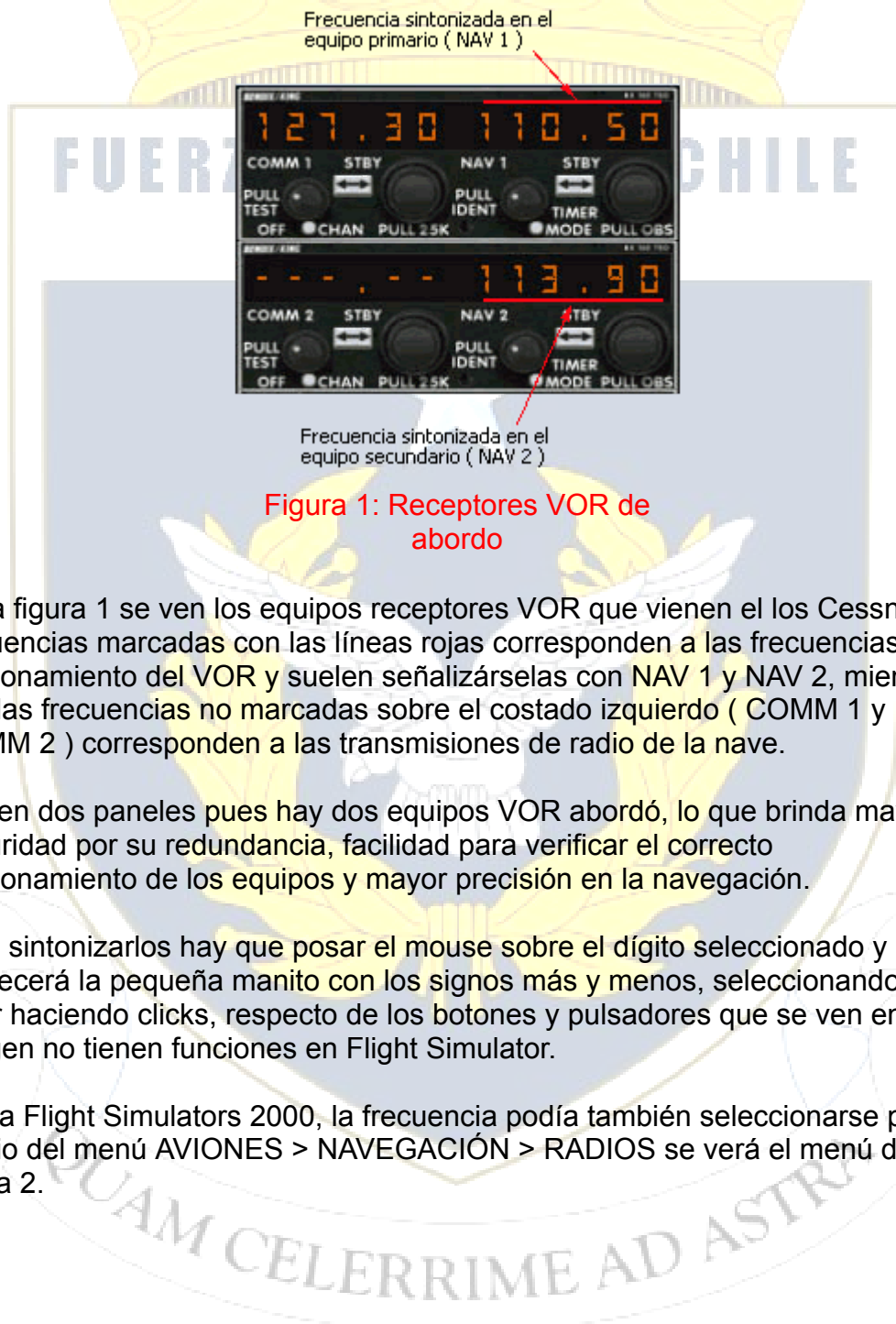
Para realizar la verificación es necesario sintonizar los dos equipos VOR (es aconsejable que siempre este equipo esté duplicado) en la misma estación, luego accionar los selectores de rumbos (OBS) hasta que sus indicadores

muestran la alineación en la radial, debiendo dar una lectura similar en ambos instrumentos, no deberían nunca superar los 4° de diferencia.

Equipos de abordó.

Como ya hemos dicho, un sistema VOR consta de dos partes, una estación transmisora en tierra y el receptor a bordo del avión con su instrumento asociado.

Receptores NAV 1 y NAV 2:



En la figura 1 se ven los equipos receptores VOR que vienen en los Cessna, las frecuencias marcadas con las líneas rojas corresponden a las frecuencias de funcionamiento del VOR y suelen señalizarse con NAV 1 y NAV 2, mientras que las frecuencias no marcadas sobre el costado izquierdo (COMM 1 y COMM 2) corresponden a las transmisiones de radio de la nave.

Se ven dos paneles pues hay dos equipos VOR a bordo, lo que brinda mayor seguridad por su redundancia, facilidad para verificar el correcto funcionamiento de los equipos y mayor precisión en la navegación.

Para sintonizarlos hay que posar el mouse sobre el dígito seleccionado y aparecerá la pequeña manito con los signos más y menos, seleccionando su valor haciendo clicks, respecto de los botones y pulsadores que se ven en la imagen no tienen funciones en Flight Simulator.

Hasta Flight Simulator 2000, la frecuencia podía también seleccionarse por medio del menú AVIONES > NAVEGACIÓN > RADIOS se verá el menú de la figura 2.



Figura 2: Menú de radios.

En este cuadro se pueden modificar las frecuencias y rumbos OBS (radial seleccionada) tanto para el sistema NAV 1 como para el NAV 2, además también se modifica la frecuencia del ADF y el código de transponder que serán tratados más adelante.

Instrumental

El instrumento encargado de señalar la radial en la que se vuela es el OBI (Omni Bearing Indicator) mostrado en la figura 3:



Figura 3: OBI

El elemento más notorio es el indicador de desviación de rumbo o CDI (Course Deviation Indicator), se trata de una aguja que se desvía según la ubicación de la radial seleccionada, es decir que si se desvía a izquierda la radial estará a la izquierda como en la figura, si lo hace a derecha la radial estará a la derecha siempre y cuando se esté volando hacia la estación VOR. Si el CDI se encuentra centrado se está volando sobre la radial seleccionada.

La bandera o indicador TO-FROM (Hacia-Desde) en FS se puede presentar de dos formas, una directamente con carteles de TO (hacia) y FROM (desde) según se vuele hacia el VOR o desde el mismo. La segunda forma es con flechas como en la figura, si esta está apuntando hacia arriba indica que se vuela hacia el VOR mientras que si lo hace hacia abajo se está volando desde la estación.

En ciertos momentos del vuelo, cuando no se recibe señal o cuando se pasa sobre la estación el instrumento no puede distinguir si se vuela hacia o desde la estación en ese caso la indicación es nula (OFF) presentándose con una banda blanca con rayas rojas en el indicador TO-FROM.

Dos indicadores de rumbo señalan, el superior la radial seleccionada y el inferior el rumbo de la radial opuesta a esa, El mando denominado OBS (Omni Bearing Selector) es el que permite seleccionar el rumbo, para ello en FS utilice el mouse de igual forma que en los casos anteriores o el menú mostrado en la figura 2.

Otra variante del mismo instrumento es el de la figura 4:



**Figura 4: otra variante de OBI
(principal)**

El OBI mostrado en la figura 3 es una variante, generalmente instalado como secundario (NAV 2), otra variante, el principal, posee una aguja extra en posición horizontal (fig 4), la que se utiliza en aproximaciones por el sistema ILS (Instrumental Landing System) destinada a indicar la desviación de la senda de planeo que serán tratadas más adelante.

Los instrumentos multifunción electrónicos también suelen tener incorporadas las funciones del OBI como se muestra en la figura 5, en el que la información se presenta de la misma forma.



Figura 5: función OBI del HSI

Algunas estaciones VOR tienen asociados diversos equipos que la dan funciones extras, uno de los más comunes son los DME (Distance Measuring Equipment), sistema que también tiene un equipo fijo en tierra y otro abordo, su función es la de medir la distancia entre el avión y la estación de tierra.

El equipo fijo está asociado a una estación VOR, y el receptor DME en el avión se sintoniza solo al sintonizar dicha estación.

Para medir la distancia el DME a bordo del avión emite una señal hacia el equipo de tierra, este le responde con un pulso, para luego por la duración que tuvo el ciclo puede calcularse la distancia, la velocidad respecto a tierra y el tiempo en alcanzar la estación.

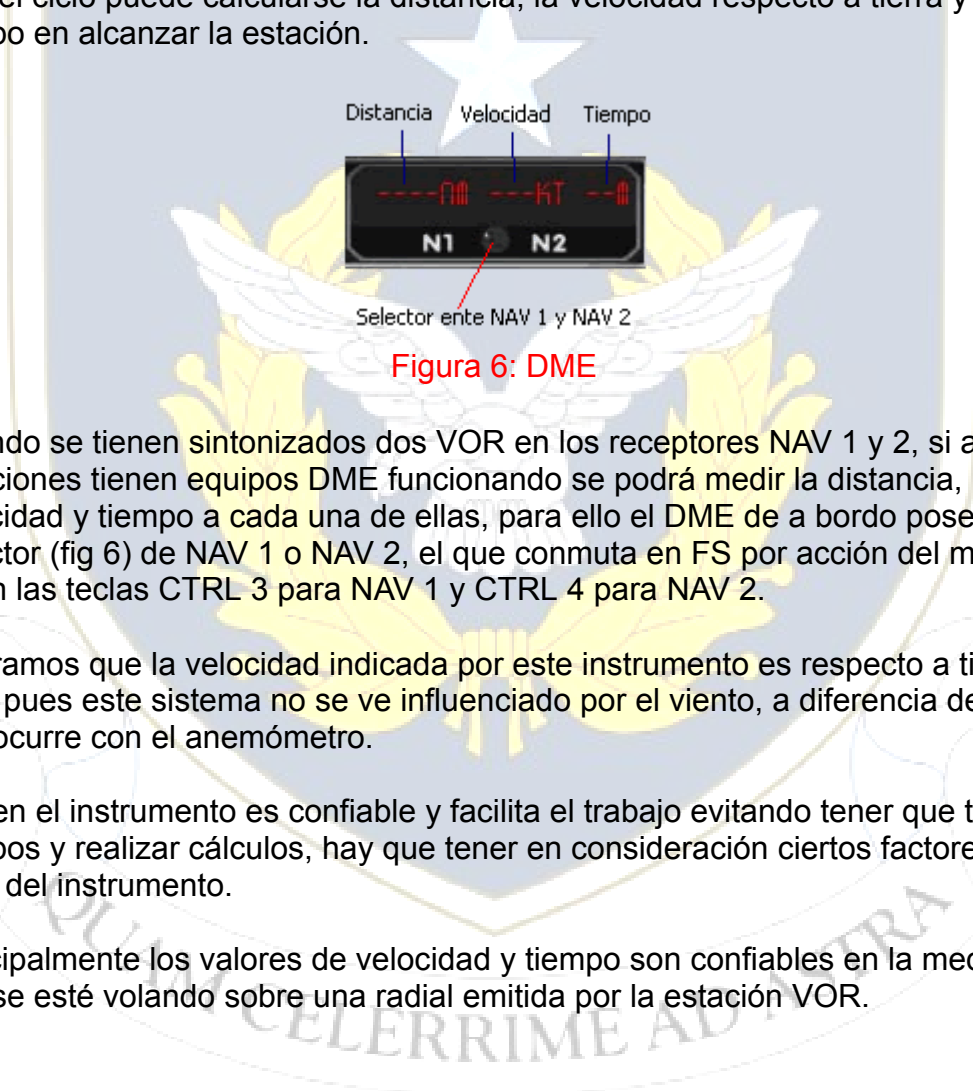


Figura 6: DME

Cuando se tienen sintonizados dos VOR en los receptores NAV 1 y 2, si ambas estaciones tienen equipos DME funcionando se podrá medir la distancia, velocidad y tiempo a cada una de ellas, para ello el DME de a bordo posee un selector (fig 6) de NAV 1 o NAV 2, el que conmuta en FS por acción del mouse o con las teclas CTRL 3 para NAV 1 y CTRL 4 para NAV 2.

Aclaremos que la velocidad indicada por este instrumento es respecto a tierra (GS) pues este sistema no se ve influenciado por el viento, a diferencia de lo que ocurre con el anemómetro.

Si bien el instrumento es confiable y facilita el trabajo evitando tener que tomar tiempos y realizar cálculos, hay que tener en consideración ciertos factores de error del instrumento.

Principalmente los valores de velocidad y tiempo son confiables en la medida que se esté volando sobre una radial emitida por la estación VOR.

En lo que respecta a la distancia, hay que considerar que el instrumento mide la distancia en línea recta entre el morro del avión y la estación de tierra por lo que se ve afectada por el nivel de vuelo o altitud como muestra la figura 2. Por ejemplo, en el momento en que se pasa sobre la estación se tiene una elevación sobre esta de 6000 ft, el DME indicará una distancia al vor de 1 nm.



Figura 7: medición de distancia por DME

Este es el motivo por el cual cerca de la estación el error es importante, mientras que lejos de la estación o volando a baja altitud el error disminuye. El error se hace despreciable si se está a más de 1 nm por cada 1000 ft de altura sobre la elevación de la estación VOR/DME.

Indicación de radiales.

Una vez sintonizado el equipo de recepción y volando dentro del alcance del VOR el OBI comenzará a señalarnos en que radial estamos volando o bien para donde se encuentra la radial buscada.

En las condiciones anteriores, si seleccionamos una radial determinada utilizando el selector OBS veremos que en el instrumento el CDI se desplaza hacia un lado, por ejemplo, si nos encontramos sobre la radial de 0° y deseamos volar en la radial de 350° que se encuentra a nuestra izquierda, veremos en el instrumento el CDI se desplaza a la izquierda indicándonos así que se debe virar a la izquierda para alcanzar dicha radial.

En cambio si queremos volar la radial de 10° , que queda a nuestra derecha, tras seleccionarla con el OBS veremos que el CDI se desplazará a la derecha, debiendo hacerse hacia ese lado el viraje para alcanzar la radial (fig 1).

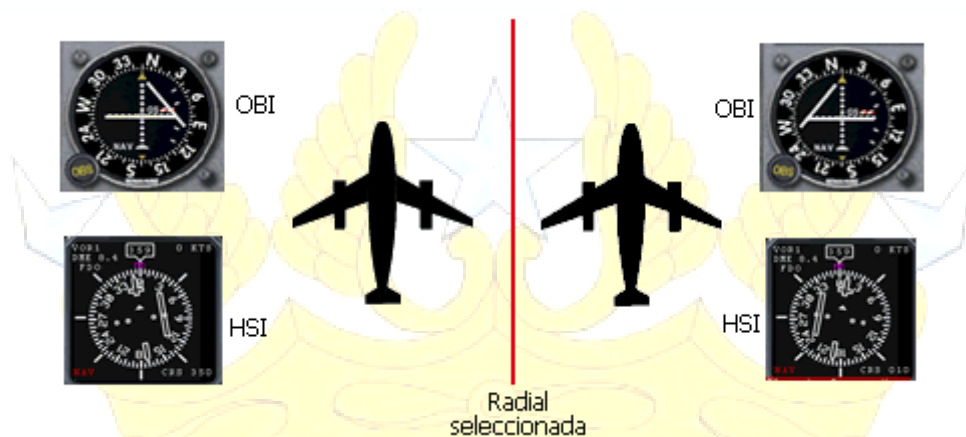


Figura 1: Señalización de radiales en curso directo.

El CDI se irá acercando al centro en la medida que nos acerquemos a la radial seleccionada por el OBS, llegando al centro cuando se intercepte la radial.

Pero no basta con poder encontrar una radial para saber donde estamos, hacen falta mas datos, como ser donde se encuentra la estación de tierra, aquí es donde empieza a jugar otro elemento del OBI, denominado bandera o indicador TO-FROM, que nos indica si volamos hacia la estación VOR o si la pasamos y nos estamos alejando de ella (fig 2).

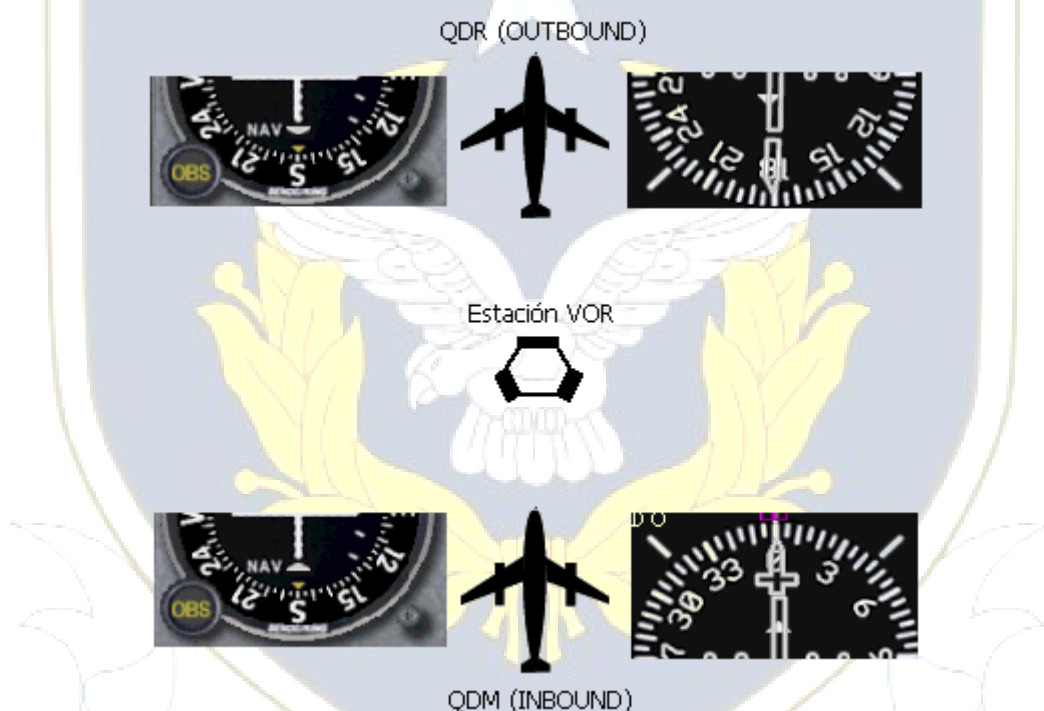


Figura 2: Posición respecto de la estación, QDM o INBOUND (hacia) o QDR o OUTBOUND (desde).

Este indicador es una punta de flecha que apunta hacia arriba (o adelante en realidad) o hacia abajo (hacia atrás), en caso de no haber recepción dicha flecha pasa a ser un rectángulo de color blanco con rayas oblicuas rojas.

Indicación similar ocurre en los HSI con la salvedad que si no hay recepción el instrumento no marcará nada ni aparecerá el CDI.

Cuando la flecha apunta hacia arriba indica que el VOR está por delante nuestro, pues está señalando el rumbo que estamos llevando, siendo este el caso, es decir, volar hacia el VOR se dice que se vuela QDM según el código Q de radiocomunicaciones, o también el término INBOUND es utilizado.

Por el contrario si la flecha señala hacia abajo indica que la estación está por detrás nuestro, es decir que volamos desde el VOR en ese caso se dice que se vuela QDR según el código Q de radiocomunicaciones, o también OUTBOUND.

Una forma simple de saber en qué radial se está volando es la de accionar el OBS hasta que el CDI quede centrado en el cuadrante, en esa situación la indicación de rumbo del instrumento corresponde a la radial que se vuela en ese momento. Ahora bien, desde ese punto sigamos girando el OBS 180 o más y veremos que el CDI vuelve a centrarse, siendo esto el rumbo inverso o back course.

Esto se debe a que dos radiales opuestas 180° entre sí tienen el mismo "camino", lo que cambia es el sentido en el que "corren", si se me permiten los términos.

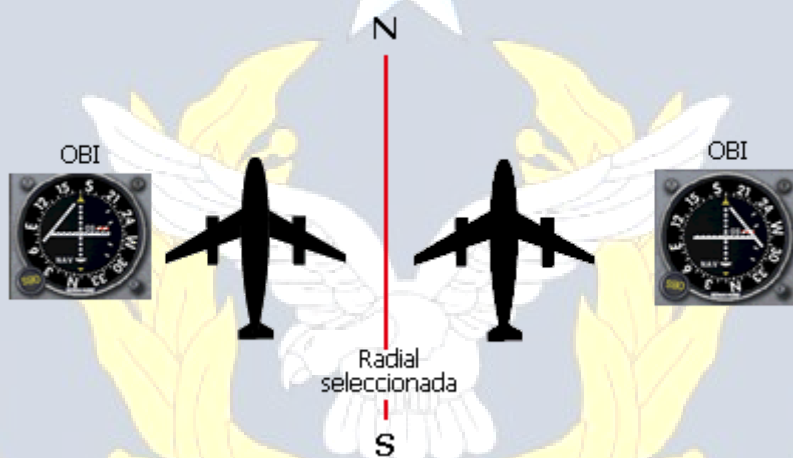


Figura 3: Señalización de radiales en back course.

Cuando se vuela por curso inverso, el instrumento tendrá sus indicaciones invertidas, es decir que si el indicador TO-FROM señala que volamos hacia el VOR en realidad estamos volando desde la estación y viceversa.

Algo similar ocurre con el CDI, si este se desplaza a la derecha, para interceptar la radial deseada debemos virar a izquierda y si se desplaza hacia la izquierda se deberá girar a derecha (fig 3).

Para tener una idea más clara digamos que sería en caso de rumbo directo, la posición centrada es la radial en la que se vuela y el CDI señala dónde está la radial deseada, mientras que por curso inverso la radial buscada se encuentra

señalada en la posición centrada mientras que el CDI señalaría la radial en la que se está volando en ese momento.

La forma de corroborar si el OBS esta seccionado en rumbo inverso es corroborando la indicación de rumbo entre el OBI, la brújula y el giroscopio direccional, deben tener los 3 una indicación similar si el rumbo es directo, si el OBI presenta una diferencia aproximada al los 180° está seleccionado en rumbo inverso (fig 4).



En realidad salvo escasas excepciones como en algunas aproximaciones por back course específicas, no tiene mucho sentido volar por rumbo inverso, puede resultar muy confuso si no se tiene práctica y cuidado, además no afecta en nada al vuelo en condiciones normales girar el OBS 180° y tener una lectura directa.

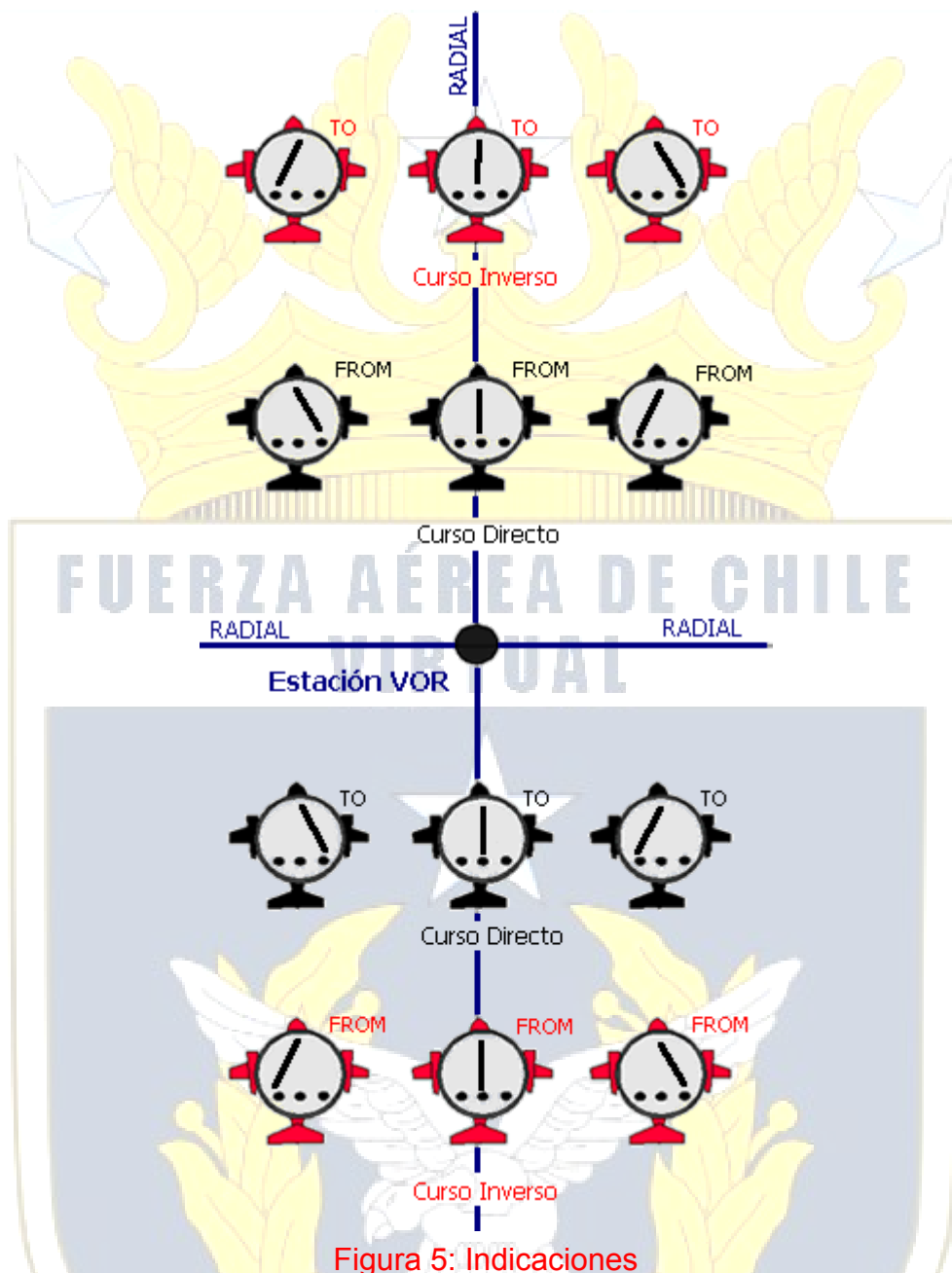


Figura 5: Indicaciones

La figura 5 muestra en forma general las indicaciones que dará el OBI según sus posiciones respecto de la radial.

Sobre el cuadrante tanto del OBI como del HSI pueden verse una serie de puntos de disposición horizontal, estos indican los grados de separación con la radial, dando una diferencia de 2° aproximadamente, es decir que si el CDI se encuentra sobre el primer punto mas cercano al centro nos encontramos a 2° de la radial seleccionada en el OBS.

La forma más simple de comprobar esta diferencia es sintonizando un VOR y luego accionar el OBS hasta que el CDI se desplace entre dos puntos contiguos y ver en cuánto varió la selección.

En algunos casos pueden verse también puntos dispuestos verticalmente, en ese caso estos indican la desviación de la senda de planeo y es de utilización en aproximaciones por ILS que se verán en otro momento.

Determinación de la posición.

Una de las funciones que nos permite el VOR es la de encontrar nuestra posición con relativa facilidad, aunque en realidad muchos al leerlo dirán que es cierto pero previamente deberemos conocer la posición exacta de la estación, es aquí donde empiezan a tener sentido las cartas de navegación aérea, sobre las que por ahora les pido tengan paciencia pues más adelante serán tratadas.

El primer paso es empezar ubicándonos respecto de la estación VOR, para esto primero debemos conocer la radial en la que se vuela, esto lo conseguimos girando el OBS hasta que el CDI quede centrado y observando su indicación, siempre teniendo cuidado de no poner una indicación inversa (back course).

Una vez conocida la radial vemos la indicación TO-FROM para saber si volamos inbound (to) u outbound (from) sabiendo así en forma relativa, aunque poco exacta, nuestra posición.



Figura 1: Indicación en un HSI y GPS, en este caso al ESTE de la estación VOR.

Por ejemplo, si volamos en la zona del Río de la Plata (Argentina - Uruguay) y tenemos sintonizado el VOR de San Fernando (FDO 114,40) mientras volamos su radial 90 con una indicación FROM (QDR u outbound), estaremos al Este de la estación y alejándonos de la estación (fig 1), en cambio si volamos la radial 90 pero con indicación TO (QDM o inbound) estaremos al Oeste y acercándonos a la estación (fig 2).

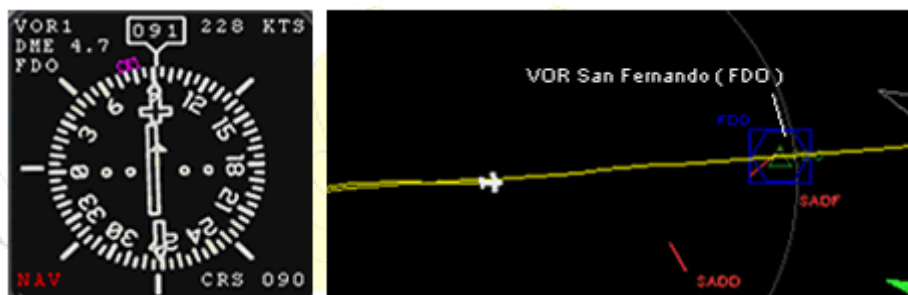


Figura 2: Indicación en un HSI y GPS, en este caso al OESTE de la estación VOR.

Si volamos la radial 270 con una indicación QDM (to) estaríamos al Este de la estación pero acercándonos a ella (fig 3), mientras que si la indicación es QDR estaríamos al Oeste y alejándonos (fig 4), de igual forma deducimos las posiciones Norte o Sur.



Figura 3: Indicación en un HSI y GPS, en este caso al ESTE de la estación VOR.

Esto nos permite encontrar el rumbo si por algún motivo nos despertamos, así podremos volar hacia un punto conocido y establecido en las cartas.

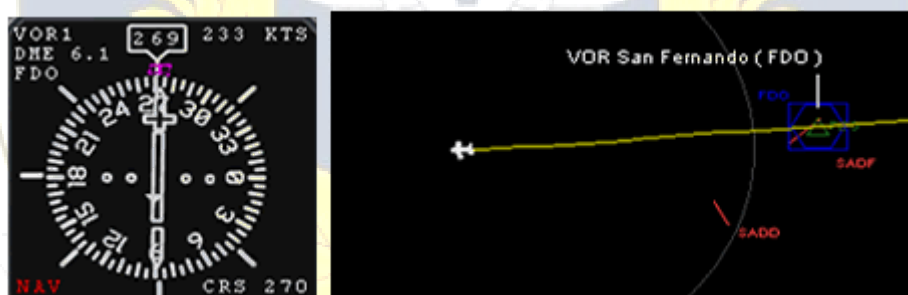


Figura 4: Indicación en un HSI y GPS, en este caso al OESTE de la estación VOR.

Pero si queremos conocer con más exactitud nuestra posición debemos tener más datos, uno puede ser la distancia al VOR lo que resulta fácil si la estación sintonizada posee instalado en sistema DME podremos tener la distancia a la estación, teniendo en cuenta el error que posee este sistema de medición.

-remitirse al tutorial de instrumentación haciendo click [aquí](#)

Por ejemplo, volamos QDR (from) en la radial del VOR de San Fernando y el DME nos indica una distancia de 30 NM, si transportamos estas indicaciones a un mapa veremos que nos encontramos cerca de la costa de Uruguay (fig 5) y la indicación de from en el OBI nos dice que nos acercamos a esta última.



Figura 5: El HSI mostrando la radial y la distancia por DME, a la derecha la vista de mapa de la zona en que volamos

Hasta aquí todo bien, pero ¿qué pasa si el VOR no tiene un DME ?

En ese caso debemos recurrir al segundo equipo VOR instalado en el avión para sintonizar otra estación, de esta forma tendremos en los dos OBI sintonizadas estaciones VOR diferentes para luego determinar en qué radial de cada VOR nos encontramos, nuestra posición será la intersección de ambas radiales.



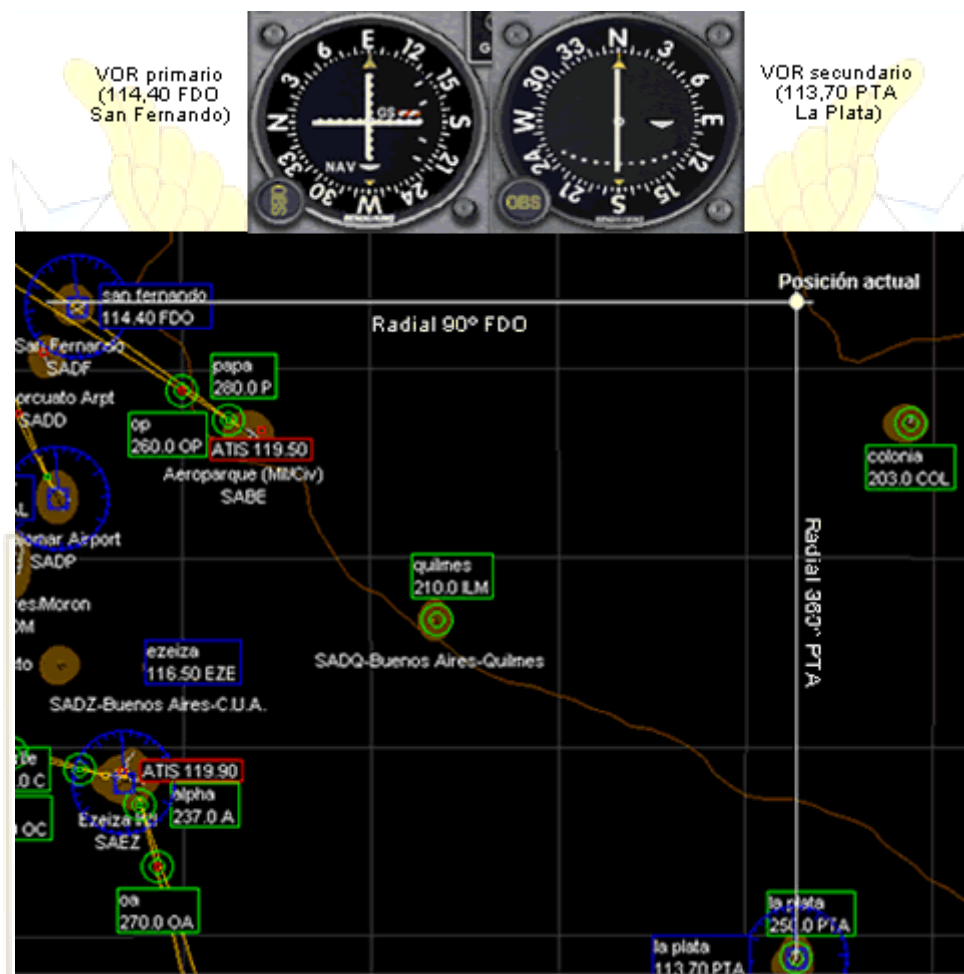


Figura 6: Determinación de la posición por intersección de dos radiales de dos VOR diferentes.

Veámoslo con un ejemplo, en el VOR principal sintonizamos San Fernando (FDO - 114,40) y en el secundario sintonizamos otro que puede ser cualquiera dentro del alcance, nosotros optamos por La Plata (PTA - 113,70). Giramos ambos OBS hasta centrar las agujas, que para el caso indican para FDO la radial de 90° y para PTA 360°.

Si sobre un mapa ubicamos ambas estaciones VOR y dibujamos las rectas coincidentes con cada radial indicada por los instrumentos, la intersección de ambas rectas será la posición en ese momento como muestra la figura 6, esto se corrobora fácilmente con el GPS (fig 7), noten la coincidencia (salvo error de software que en este caso se traduce con un error en la posición del NDB de Colonia (Uruguay).

QUAM CELERRIME AD ASTRA

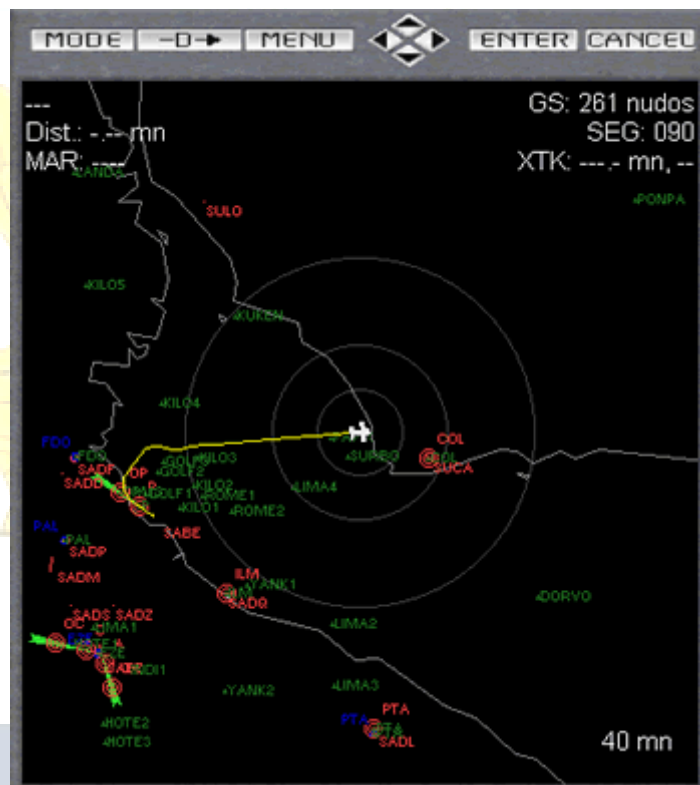


Figura 7: Indicación de la posición en el GPS.

Además de determinar nuestra posición, este método al igual que como si hubiera un DME podemos seguir la evolución del vuelo, vigilando como cambian las radiales en el VOR sintonizado en el segundo OBI.

Este método que al principio puedes parecerles correcto pero impreciso e impracticable considerando las dimensiones, funciones y comodidades de la cabina, en realidad se utiliza mucho aunque los pilotos no están dibujando líneas en los mapas.

El punto donde se cortan dos radiales se lo denomina intersección y no son determinadas por los pilotos dibujando las líneas correspondientes a las radiales, lo que sería muy impreciso, sino pues vienen ya predefinidas en las cartas, desde luego que prácticamente las intersecciones posibles son infinitas, solo se marcan las convenientes para llegar a los aeropuertos.

Aclaremoslo mas, existen las rutas de navegación aérea de diversos tipos, estas están dibujadas en las cartas. Las rutas no son más que radiales definidas de una estación VOR determinada, es decir que cuando volamos una ruta no hacemos más que seguir una radial de un VOR definida previamente por una autoridad aeronáutica.

Estas rutas suelen cortarse entre sí definiendo una intersección que estará marcada en la carta, el piloto en general lo que hace es sintonizar los dos VOR y volando sobre por una de las rutas busca dicha intersección mientras vigila la evolución del vuelo.

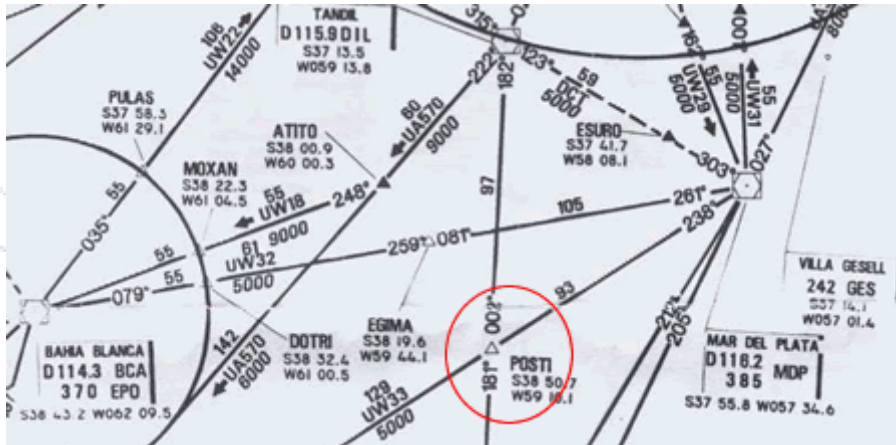


Figura 8: Porción de una carta de rutas.

[Click en la imagen para ampliar.](#)

Veamos la porción de carta de la figura 8, dentro de un círculo rojo marcado adrede se ve un pequeño triángulo justo en el lugar de cruce de dos líneas con la denominación POSTI, debajo de dicha inscripción se muestran las coordenadas de su posición.

Este triángulo es en realidad un punto de reporte, en este caso no obligatorio, es decir que el piloto tiene la opción de reportar el alcanzarlo o no al controlador de turno. Si observan también verán otro triángulo completamente negro, a diferencia del anterior, este es un punto de reporte obligatorio e identificado como ATITO. Agreguemos que a estos puntos se los denomina con nombres de 5 letras.

Estos triángulos estrictamente no son intersecciones, sino puntos de reporte, que generalmente se ubican en las intersecciones, por ejemplo si tenemos en un VOR el de Mar del Plata (MDP), en el secundario Tandil (DIL) y los instrumentos muestra que nos alejamos del VALOR de MDP en la radial 238° y la indicación del secundario dice que nos acercamos a la radial 182°, pues estaremos llegando a POSTI.

De Forma similar podemos determinar la zona en la que volamos con las indicaciones de los instrumentos y la carta correspondiente en la mano. De todas formas incursionamos en el tema de cartas más adelante, aunque para aquellos que quieran adelantarse hay varios sitios que explican el tema muy bien, en la sección de links encontrarán las direcciones.

Existen otros equipos que permiten conocer la posición tanto en la aviación real como ser el INS y GPS como en Flight Simulator, me refiero al GPS que apareciera a partir de la versión 2000, si les resulta confuso al principio pueden recurrir a la vista de mapa o visión aérea que con un zoom alejado verán la zona en la que vuelan.

Interceptación y mantenimiento del vuelo en la radial.

Para volar a lo largo de una radial, es necesario primero interceptarla, para luego, corrigiendo el rumbo mantenerse volando sobre ella; realmente sobre

esto no hay muchos secretos siendo el principal y único diría, la práctica y experiencia.

Antes de intentar interceptar cualquier radial es necesario que sepamos nuestra posición en referencia a la estación VOR originadora de la radial, hecho fácil con los instrumentos y cartas que ya fuera explicado, conocido esto y determinada la radial en la que nos encontramos sabemos hacia que lado girar, para interceptar la radial buscada, más fácil aún, el OBI directamente nos indicará hacia que lado girar como se muestra en la figura 1 y se explicó anteriormente ([hacer click aquí para releer el texto](#)), siendo el problema ¿cuanto virar?.

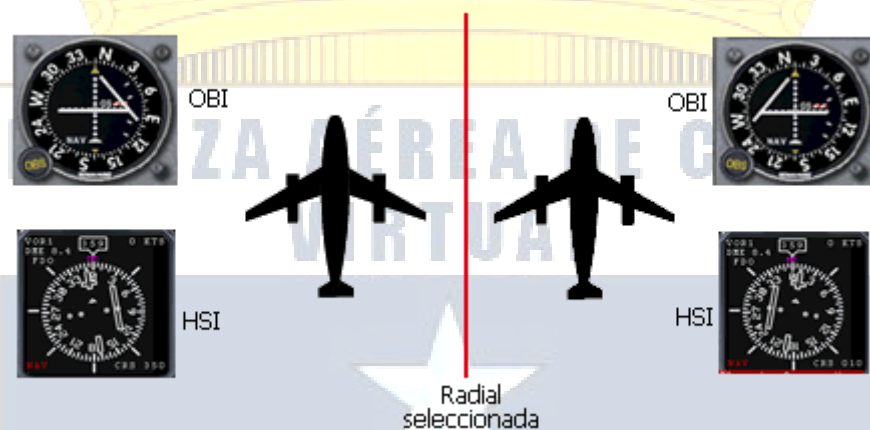


Figura 1: Indicación de la posición de la radial.

Para interceptarla, haremos un viraje y pondremos rumbo que será, el rumbo de la radial al que se le sumará o restará el ángulo con que haremos la interceptación.

Pongamos un ejemplo: Volamos inbound al NorOeste de una estación VOR y queremos volar inbound por la radial de 90°, si ponemos un rumbo de 90° magnéticos volaremos paralelos a la radial, para interceptarla pondremos un rumbo de 120° y alcanzaremos la R 90° con un ángulo de 30°, el cálculo es simple $90^\circ + 30^\circ = 120^\circ$ como se ve en la figura 2.

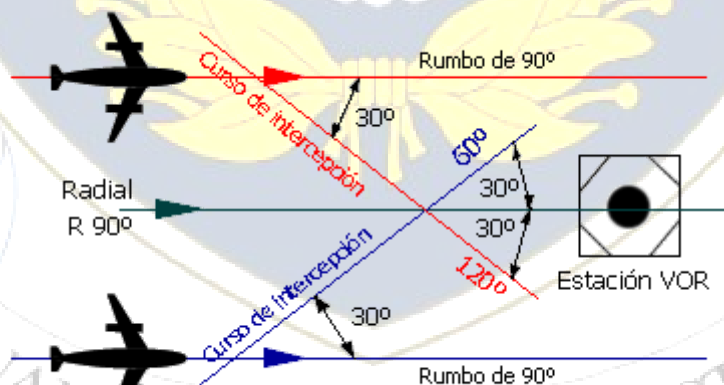


Figura 2: Curso de interceptación

Si nos encontramos al Sudeste también inbound giraremos a la izquierda y para llegar a la radial con un ángulo de 30° debemos poner rumbo de 60° resultante de $90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$.

En pocas palabras, cuando el viraje es hacia la izquierda el ángulo de intersección se resta mientras que si el viraje es a la derecha se suma.

Respecto a este ángulo muchas opiniones existen, hay quienes dicen que el mejor ángulo es de 15° , otros de 20° y otros 30° . La realidad es que esto es muy variable, tomen en cuenta que la distancia en millas náuticas de separación entre dos radiales consecutivas aumenta en la medida que nos alejamos del VOR, pero sobre esto volveremos más adelante.

Es decir que si estamos cerca del VOR un ángulo de 15° puede ser excesivo, al virar para volar sobre la radial lo más probable es que nos pasemos de largo de dicha radial y debemos virar más para corregir el problema, si estamos muy cerca del VOR y no tenemos cuidado comenzaremos a zigzaguear, pasaremos haciendo S sobre el VOR y seguiremos serpenteando hasta que nos alejemos de la estación.

Por el contrario un ángulo de 30° puede ser demasiado poco si nos encontramos lejos de la estación y prácticamente nos llevará todo el día el alcanzar la radial, incluso si estamos muy lejos podemos llegar a poner un ángulo de 90° sin problemas, eso sí, siempre a medida que nos acercamos a la radial es mejor reducir el ángulo proporcionalmente a valores más convenientes para no pasarnos y comenzar a vivorear.

Una vez alcanzada la radial, lo que se sabrá por la posición centrada del CDI del OBI solo hay que girar hasta alcanzar el rumbo de la radial buscada.

Aquí es fácil pensar e imaginar que con mantener el rumbo magnético permaneceremos sobre la radial, lo que sería cierto salvo por un pequeño detalle, el viento. Lo dicho anteriormente sería cierto si el viento fuera nulo o perfectamente longitudinal al avión, es decir, de frente o cola.

Si se mantiene el rumbo magnético y se observa el CDI se verá que este se desplazará hacia uno u otro lado de la posición central, esto se debe al desplazamiento lateral que le causa el viento a la nave y no es indicado por los instrumento de medición de rumbo magnético, es así donde surge el concepto de "DERROTA" la que deberemos compensar.

Derrota y deriva.

La derrota es la verdadera trayectoria del avión, mejor dicho es la trayectoria descrita por la proyección sobre el suelo de la trayectoria de vuelo del avión.

Vamos a suponer que nos dirigimos a un punto ubicado al Este de nuestra posición, justo a los 90° , ponemos ese rumbo en el DF o en la brújula y después de recorrer la distancia no nos encontraremos sobre el punto, sino que estaremos al Norte de dicho punto.

Aquí surge la diferencia entre el rumbo seguido y la derrota del avión, el rumbo seguido es el correspondiente al que "apunta" la proa del avión y que es indicado por la brújula que en el ejemplo es siempre hacia el Este, pero si vemos la trayectoria del avión se verá que no es tan así, en realidad la trayectoria fue Noreste para el ejemplo. ¿Qué es lo que pasó para que exista esta diferencia?.

Varios factores intervienen en este error, para empezar, mientras el avión se está moviendo en el aire la tierra también se mueve, de esta forma la trayectoria seguida resulta de la composición de ambos movimientos. Este fenómeno se nota principalmente en los vuelos de largo alcance, notándose en muchos casos importantes diferencias no solo en la derrota, también en el tiempo de duración del vuelo.

Como se dijo este efecto es más notorio en los vuelos de largo alcance variando su interferencia según el rumbo que se siga mientras que en los de corto alcance casi no se notan.

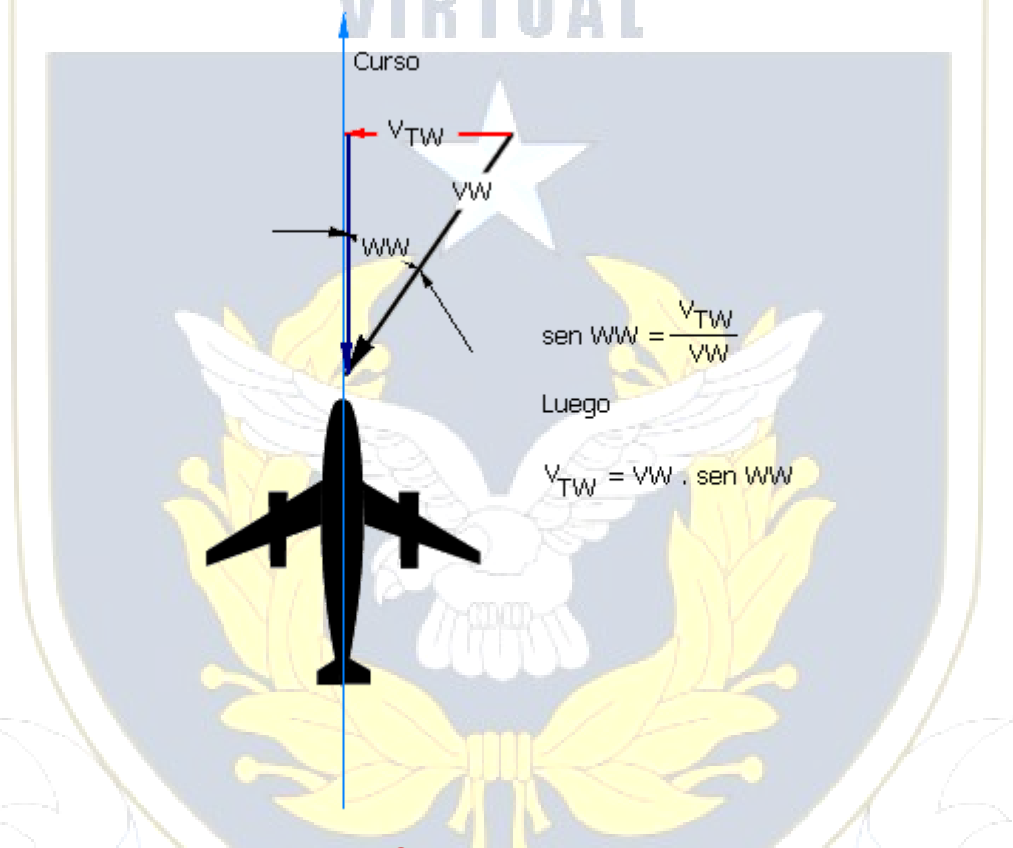


Figura 1: Componentes del viento.

La causa principal tanto en vuelos de largo alcance como en los de corto alcance del desvío está dado por el viento, mejor dicho por la componente del viento transversal al eje longitudinal del avión como muestra la figura 1, pongamos un ejemplo:

Un avión se desplaza a MÁS de 250 kts mientras el viento sopla desde un rumbo a 30° del eje longitudinal del avión con una velocidad de 20 kts

Para calcular la velocidad de la componente transversal del viento utilizamos la función seno, recordemos que algo similar se había hecho con la velocidad en el capítulo de instrumental y aviónica, [clic aquí para recordarlo](#) , pero sigamos con lo nuestro:

$$\text{sen } W = V_{TW} / VW$$

donde: W ángulo entre el eje longitudinal del avión y la dirección del viento

V_{TW} : velocidad de la componente transversal del viento

VW: velocidad del viento

de donde se deduce :

$$V_{TW} = VW \cdot \text{sen } W$$
$$V_{TW} = 20 \cdot 0,5 = 10 \text{ kts}$$

Esto nos dice que el avión se desplaza a una velocidad en dirección a su eje longitudinal coincidente con el rumbo de la nave junto con un desplazamiento transversal a una velocidad similar a la del viento, pues el avión se desplaza dentro del aire en movimiento, a este desplazamiento lateral se lo denomina "DERIVA".

La derrota del avión será la resultante de la acción entre el rumbo y velocidad del avión y el rumbo y la deriva a causa del viento.

Esto se traduce en un desvío en grados del rumbo del avión apreciable en la figura 2, para calcular el ángulo (WCA)de deriva usaremos la función TAN (tangente) y su inversa la arcotangente (atan).



Figura 2: Ángulo de deriva.

La tangente (tan) se define como:

$$\tan WCA = V_{TW} / TAS$$

Luego

$$WCA = \text{atan} (V_{TW} / TAS)$$

donde: WCA ángulo de deriva

V_{TW} : velocidad de la componente transversal del viento

TAS: velocidad aerodinámica real

Quedando la expresión anterior:

$$WCA = \text{atan} (10 \text{ kts} / 250 \text{ kts}) = 2,29^\circ$$

Es decir que para el ejemplo el avión vuela con una diferencia en su curso de $2,29^\circ$ respecto al sentido que lleva y dependiendo del caso este ángulo de deriva (WCA) se deberá sumar o restar al curso.

Si para el caso estudiado el avión indicará un curso de 0° y el viento soplara desde los 30° en realidad está volando con un rumbo de poco menos que 358° .

Este es el motivo del desvío que ocurre en el CDI comentado anteriormente, por ello es que se debe compensar para mantenerse en la radial. Para saber cuánto hay que compensar se puede recurrir al análisis anterior si se quiere, pero a no asustarse, no es la única forma, hay trucos que facilitan dicha estimación.

Corrección del ángulo de deriva (WCA).

Para corregir el ángulo de deriva hay varios métodos posibles, uno de ellos es por prueba y error.

Debemos observar para qué lado se desvía el CDI y en base a eso sabremos desde donde sopla el viento, por ejemplo si llevamos un curso volando QDR la radial 360 de una estación cualquiera, el viento sopla desde el Este lo que causa que el avión se desplace hacia el Oeste. Si mantenemos sintonizado el OBI en la radial veremos que el CDI se desplaza hacia la derecha indicando la posición de la radial.

En principio para volver a la radial corregiremos con 15° o 20° hacia el viento, es decir tendremos un curso de 15° , al llegar a la radial reduciremos a 10° por ejemplo, y observaremos el comportamiento del CDI.

Si se desvía hacia el lado opuesto nos indica que la corrección es excesiva, si es así reducimos en 5° , por el contrario si se sigue desviando como lo hacía en un principio, quiere decir que el viento es más fuerte de lo esperado, entonces

aumentaremos en 5° , si cambia la desviación reducimos en 2° o 3° y así sucesivamente. De esta forma aumentando o reduciendo por mitades encontraremos el punto donde quedará corregido el ángulo de deriva.

Si bien este método funciona, ¿qué ocurre cuando tenemos que hacer correcciones en maniobras que duran poco y requieren precisión?, la respuesta es anticiparse a la corrección, para ello hay que calcularla.

Uno de los métodos para hacerlo es por medio del análisis detallado en el texto anterior que sin duda es tedioso, puede resultar confuso y requiere prácticamente recordar los valores de funciones trigonométricas de memoria, esto es casi imposible en situaciones de gran carga de trabajo como en aproximaciones.

Para no sufrir esto se recurre a una fórmula rápida en la que se aplica un coeficiente correspondiente con un ordenamiento del viento lateral por zonas según desde donde sople con referencia al rumbo del avión, tal como muestra la figura 1.

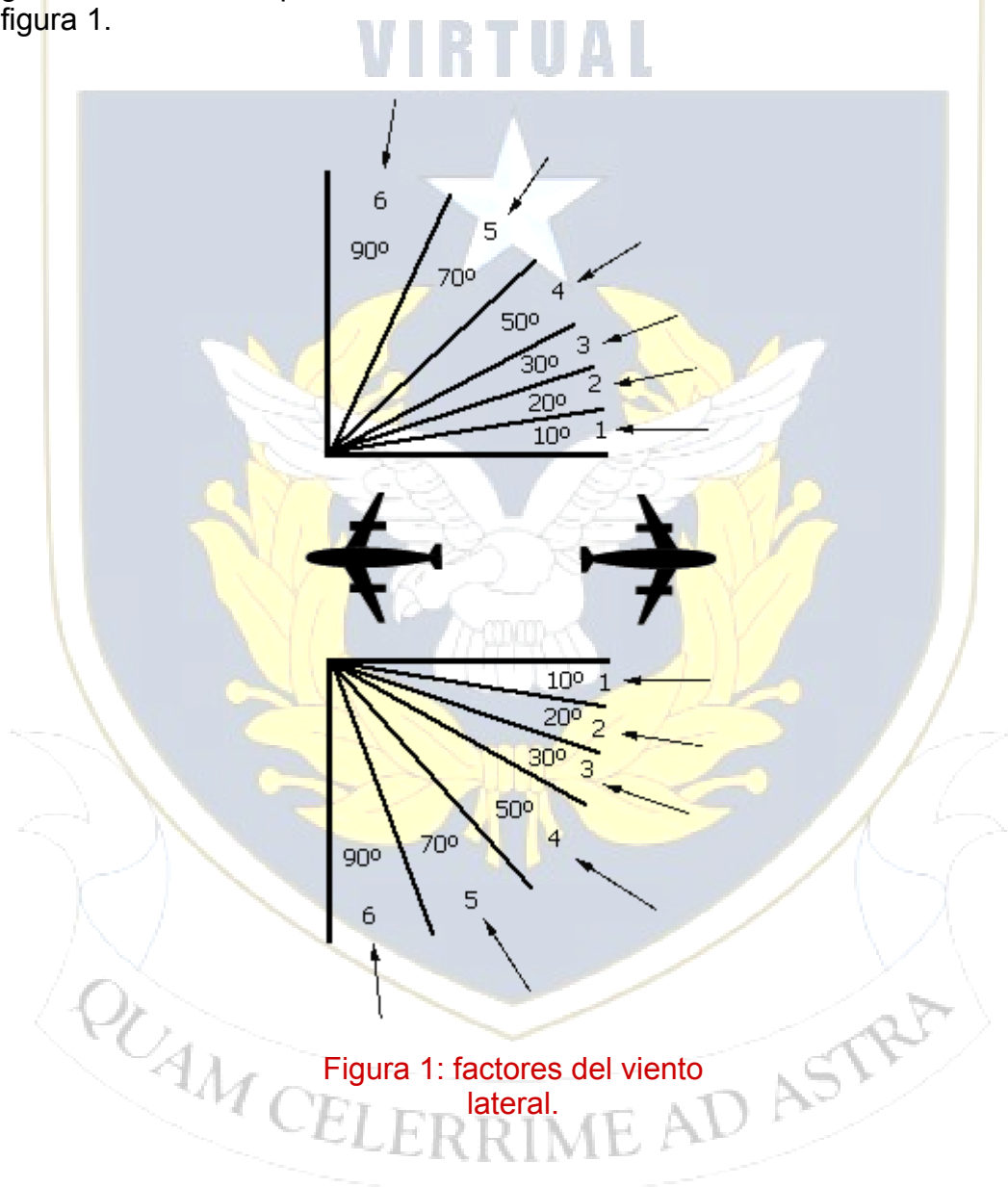


Figura 1: factores del viento lateral.

Los coeficientes mostrados en la figura 1 se aplican según desde donde sopla el viento en la fórmula:

$$\text{Fórmula rápida} \quad \text{WCA} = \frac{\text{VW} \cdot \text{Factor (de 1 a 6)}}{0,1 \cdot \text{TAS}}$$

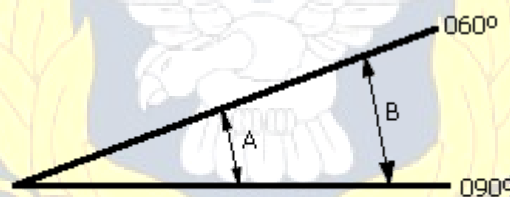
donde: VW velocidad del viento
Factor, factor del viento lateral
TAS velocidad aerodinámica real

Para verlo analicemos el mismo ejemplo puesto en el apunte de "Derrota y deriva" en la que un avión a 250 kts se ve sometido a un viento lateral que sopla a 20 kts con un ángulo de 30° en relación al rumbo del avión. Recordemos que el análisis de ese ejemplo nos dio un resultado de 2,29° y en un momento supusimos que el avión tenía rumbo QDR 360°, entonces la aplicación de la fórmula queda:

$$\text{Fórmula rápida} \quad \text{WCA} = \frac{20 \text{ kts} \cdot 60}{0,1 \cdot \frac{3}{250}} = 2,4$$

El resultado es que nos da un desvío de 2,4° mientras que en el caso anterior nos había dado 2,29°, si bien no es del todo exacto, es lo suficiente para saber cuánto debemos corregir con eficacia.

Como ya se comentó la deriva respecto de una radial señalada será indicada en el OBI por medio del desplazamiento del CDI que se alejará del centro cuanto más nos alejemos de la radial.



donde: $A < B$

Figura 2: variación de la separación según la distancia.

Es importante entender que la señalización del instrumento es en grados, por lo tanto cuanto más nos alejemos de la estación, aunque la diferencia en grados se mantenga, la distancia longitudinal entre la posición y la radial será mayor, es decir que mayor será el desvío en millas de la radial como se ve en la figura 2.

Si observamos el cuadrante del OBI veremos unos puntos, diez en total, cinco a izquierda y cinco a derecha. Cada uno de ellos indica en realidad cuántos grados existen de desvío de la radial, siendo a razón de 2° por cada punto.



Figura 3: Puntos indicadores de desvío.

En base a esto sabremos que si el CDI está en el 3^{er} punto desde el centro nos dice que estamos a 6° de la radial seleccionada. Con este dato podemos saber cuanto es la distancia de separación con la radial si tomamos en cuenta que cada punto son aproximadamente 100 pies por cada milla de distancia a la estación.

Si nos encontráramos a 1 milla de la estación y el CDI señala un desvío de 3 puntos estaríamos a una distancia de 300 pies de la radial, mientras que si estuviéramos a 20 millas la separación sería de 6000 pies, dato importante a la hora de realizar intercepciones y correcciones.

Método de intercepción (interception methode).

Ya hemos comentado que si bien el ángulo de intersección de la radial será relativamente pequeño, pero en su comienzo, cuando se hace el primer viraje podrá ser mucho mayor según qué tan lejos nos encontremos de la radial buscada y de la estación, caso contrario nos podría llevar todo el día alcanzarla.

Esto dicho de esta forma da la impresión de realizarse a ojo en base a la experiencia, sin embargo hay métodos muy útiles para tal fin, definidos por las combinaciones de los ángulos siendo 180°/90°/45°, 90°/45°, 45°, 30°, basados en la diferencia angular existente entre la actual posición y la radial buscada, siendo lo recomendado:

Para una diferencia angular	Interceptions
Mayor a 70°	180°/90°/45°
Entre 20° y 70°	90°/45°
Hasta 20°	45°
A menos de un minuto para el descenso	Máximo 30°

Tabla 1: Métodos de intercepción.

Para entender esto pongamos como ejemplo una intercepción de 180°/90°/45°, no dice que debemos acercarnos a la situación requerida de la siguiente forma:

En principio tomamos un rumbo a 180° hasta estar a unos dos minutos de vuelo, en dirección paralela y sentido contrario al QDM requerido, luego se vuela a 90° con respecto a la misma, hasta que se alcance una marcación diferencial de 15° en donde se vira a 45° respecto de la radial. Con una marcación diferencial de 3° aproximadamente se corrige de nuevo el rumbo alcanzando así la radial.

Los valores de las marcaciones se emplean para hacer los virajes, y dependen de la distancia al emisor, a una distancia mayor de 5 minutos al emisor es apenas necesario virar en la marcación.

Habrán notado que se nombro QDM y además que algo que parecía hacerse a ojo está tabulado y ya estarán empezando a sospechar que debe haber un método para realizar una intercepción, la respuesta es sí, como todo en aviación, hay que ser metódico si se quiere conservar la licencia...o mas aun.... la vida de nuestros pasajeros y la nuestra propia.

En principio hagamos diferencia entre las clases de intercepciones las que llamaremos QDM- interceptions y QDR-interceptions en las que son aplicables diversos métodos de intercepción, pero el método de 6 pasos es siempre válido, comencemos con una QDM-interception, el método dice:

1. Actual QDM
2. QDM requerido
3. Diferencia angular
4. Interception method
5. Interception-HDG (rumbo de intercepcion)
6. First Turn (primer viraje)

Para ponerlo en castellano diremos que los seis pasos son:

1. Actualmente QDM, que no es más que la radial sobre la que nos encontramos volando hacia el VOR, en otras palabras, es ¿donde me encuentro?.
2. QDM requerido , es la radial necesaria o buscada que queremos interceptar, siempre en QDM
3. Cálculo de la diferencia angular entre ambas radiales, lo que nos permite saber cuán lejos nos encontramos.
4. Con la diferencia angular determinamos el método de interceptación, mostrados en la tabla 1
5. Según el método a utilizar se calcula el nuevo rumbo a seguir.
6. Determinar para qué lado debe realizarse el viraje.

Para clarificar el tema pongamos un ejemplo:

Volamos con rumbo (Heading) de 90° encontrándonos sobre la radial de 110° QDM y queremos interceptar la QDM de 160° . Ahora veamos el análisis paso a paso:

Heading = 090°

1. actual QDM = 110°
2. requerido QDM = 160°
3. diferencia angular = $160^\circ - 110^\circ = 50^\circ$
4. Interception method = por lo explicado en la tabla 1 = $90^\circ/45^\circ$
5. Interception-HDG = $160^\circ - 90^\circ = 70^\circ$
6. First turn = Left (izquierda) resulta simple darse cuenta.

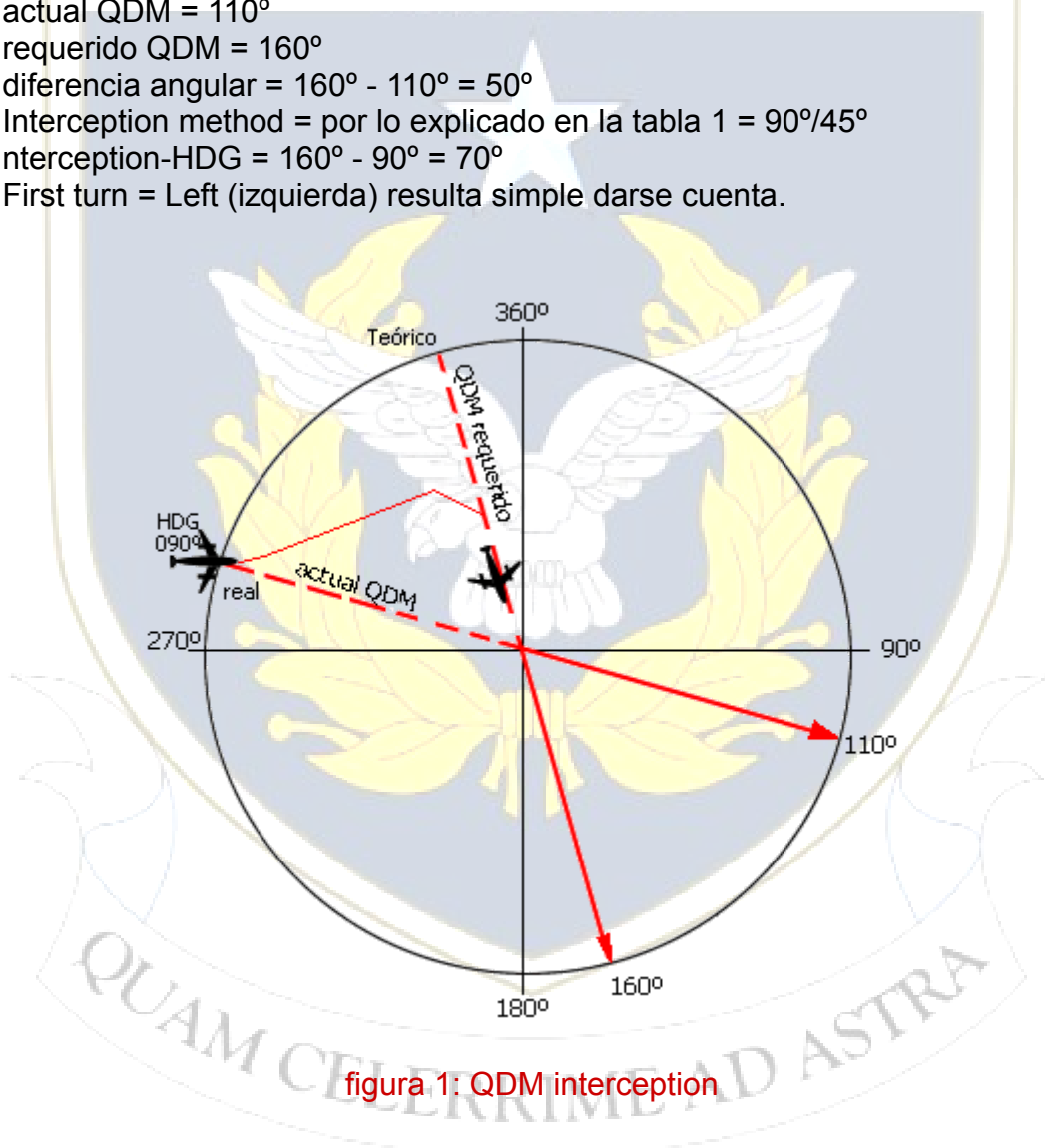


figura 1: QDM interception

Esta serie de cálculos, que parecen tediosos a la hora de realizar una interpretación, puede simplificarse mucho con un pequeño truco y un poco de imaginación.

La figura 1 muestra los rumbos a seguir para la intercepción del ejemplo, observe la indicación que tiene de los grados que van desde 0° hasta 360° (para ejemplo se indicaron 90° , 110° , 160° , 180° , 270° y 360°), es decir es una rosa de rumbos.

El giróscopo direccional tiene en su cuadrante una rosa de rumbos, si suponemos que la estación VOR está sobre el centro del cuadrante y transportamos los QDMs sobre el borde del instrumento resolveremos el problema con facilidad, desde luego esto requiere práctica, lo mejor es al comienzo dibujar sobre un papel diversas intersecciones hasta acostumbrarnos y luego saldrá automáticamente, además el instrumento nos estará señalando el HDG actual.

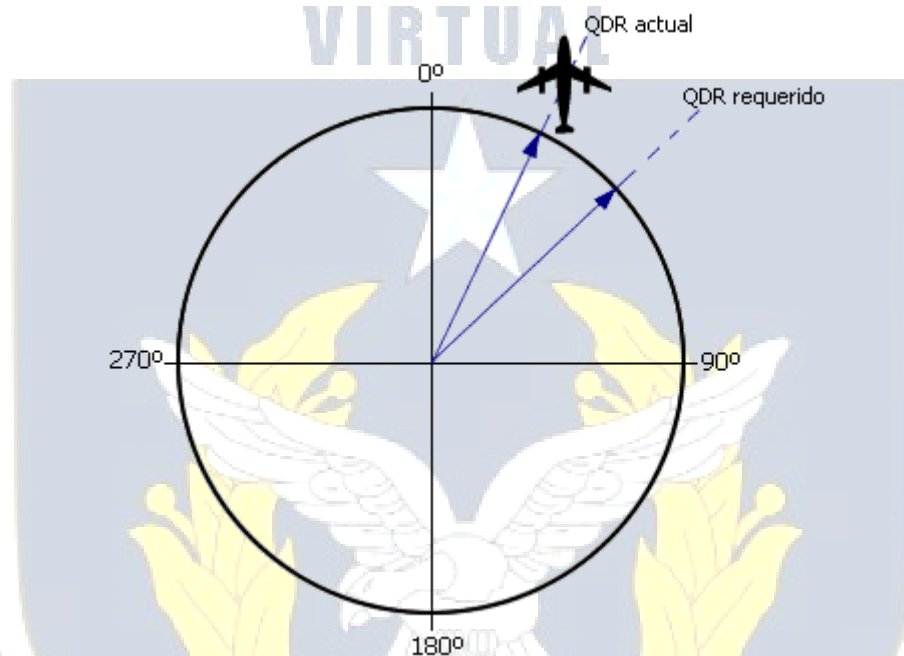


Figura 2: QDR interceptions

Lo mismo ocurre con las QDR interception, con la salvedad que lo representado y lo que se calcula es con los valores QDR actual y QDR requerido. En estos casos, luego de sobrevolar la estación lo conveniente es interceptar con 30° la QDR requerida, con ángulos grandes (más de 90°) con 90° / 45° y con muy pequeñas haciendo previamente un vuelo paralelo durante 30 segundos aproximadamente A una distancia de un minuto al primer fix (punto o marcación predeterminada para un cambio de rumbo.) lo mejor es interceptar con 45° .

Aunque a primera leída alguno de los métodos de intercepción parezca descabellado, cuando se lo piensa con más cuidado se llega a ese método por propia deducción, tal vez el caso más llamativo sea el procedimiento

180°/90°/45°, entonces pongamos como ejemplo una intercepción de ese tipo y de paso practiquemos la determinación de los valores de intercepción.

Supongamos que volamos con un heading de 0° y nos encontramos en QDR 030, queremos arribar a la estación con un QDM de 340°, tal como lo muestra la figura 3.

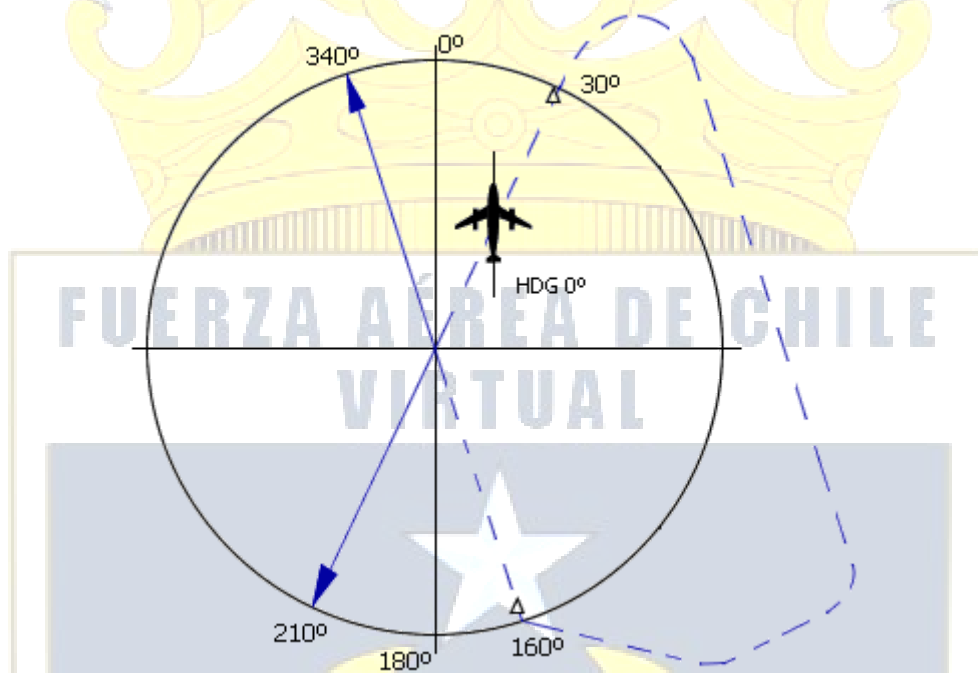


Figura 3: Representación gráfica del ejemplo planteado.

Aclaremos que una de las marcaciones es QDR, mientras que el método maneja QDM, así que para el cálculo utilizaremos el valor de la radial correspondiente en QDM.

Heading = 0°

1. actual QDM = 210°
2. requerido QDM = 340°
3. diferencia angular = $340 - 210 = 130°$
4. interception methode = $180° / 90° / 45°$ por diferencia angular mayor a 70°
5. primer interception-heading = 160°
6. First turn = right

Sugerimos ahora para ganar práctica plantearse diversas intercepciones y resolverlas tanto en forma de cálculo como con la representación gráfica de la situación en la rosa de rumbos.

Tiempo y distancia a una estación.

Como ya hemos comentado muchas estaciones VOR poseen asociado un equipo medidor de distancia, el que en conjunto con el equipo dentro de la

nave nos permite conocer la distancia a dicha estación, como ya saben este equipo es el DME.

Si bien la lectura es directa hay que tener en cuenta que el equipo mide la distancia entre el avión y la estación tal como muestra la figura 1.

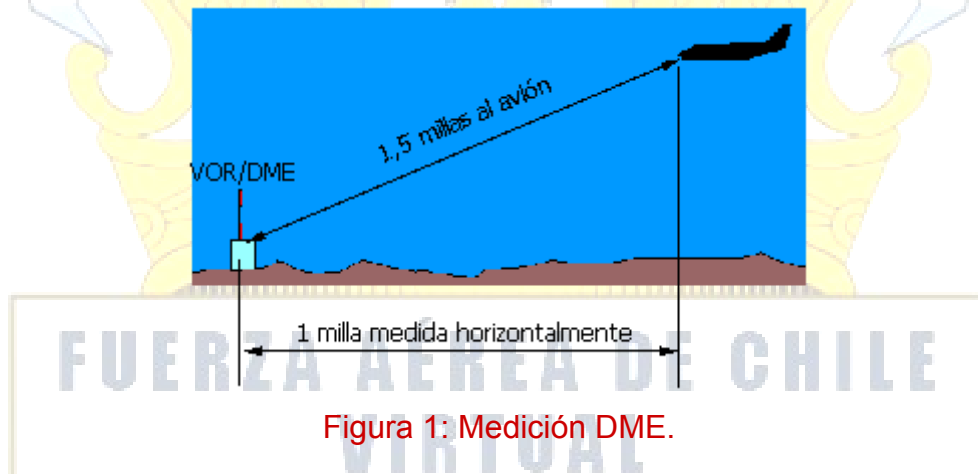


Figura 1: Medición DME.

Es decir que si el DME nos indica una distancia de una milla a la estación y volamos a por ejemplo 4000ft la distancia medida horizontalmente será menor a la milla.

Ahora como hacemos cuando la estación no tiene disponible un DME, en ese caso recurriremos a medir tiempo de vuelo entre radiales para luego calcular la distancia.

Sugiero ir empezando a acostumbrarse a la utilización del reloj para determinar distancias y posiciones y si se dispone de un cronómetro mejor, este debe formar parte del equipamiento y herramientas del piloto pues el control de tiempos es muy útil aunque al principio suene raro, incómodo e impreciso.

La idea consiste en tomar el tiempo de vuelo entre dos radiales para luego determinar la distancia a la estación mediante la fórmula:

$$\text{Minutos a la estación} = \text{segundos entre radiales} / \text{grados entre radiales}.$$

Para esto es necesario que la radial tomada para referencia sea perpendicular a nuestro curso y los instrumentos estén estabilizados, es decir que no es conveniente hacerlo inmediatamente después de salir de un viraje.

Una vez cumplida estas condiciones y seleccionada la radial, cuando esta se centre en el OBI comenzamos la medición de tiempo, luego seleccionamos una radial más adelante en nuestro curso y al volverse a centrar terminamos la medición del tiempo transcurrido para finalmente determinar el tiempo de vuelo a la estación por medio de la forma arriba expresada. Luego conociendo la velocidad y el tiempo de la estación conoceremos la distancia a ella.

Por ejemplo, midamos el tiempo entre dos radiales separadas 10° entre sí, para ello empezamos a cronometrar al centrarse la primer radial y finalizamos al

centrarse la segunda 10° delante nuestro, supongamos que pasaron 25 segundos hasta que se centraron ambas radiales, entonces:

Minutos a la estación = $25\text{seg} / 10^\circ = 2,5$ minutos.

Ahora conociendo la Ground Speed (GS - velocidad respecto a Tierra) y este tiempo podemos conocer la distancia a la estación (como obtenerla ya fuera explicado en el capítulo de Velocidades).

Supongamos que la GS es de 125 nudos, entonces la distancia es:

$125 \cdot 2,5 / 60 = 5,2$ millas

El 60 aparece para unificar las unidades de tiempo pasando los minutos a horas en la fórmula.

