



Navegación electrónica de los aviones

Miguel del Cura Manso

El mundo de la aviación es muy complejo y a veces, eso hace que mucha gente no entienda por qué los aviones pueden volar de día, de noche, entre nubes sin visibilidad, etc. , sin que se choquen y sobre todo, que lleguen al lugar de destino donde tenían previsto llegar, aunque éste sea el aeropuerto más remoto de la Tierra.

Uno de los factores más importantes, para que los aviones sean seguros (de hecho hoy es el medio de transporte más seguro) es la coordinación que existe entre los aeropuertos, notificando siempre las entradas y salidas de las aeronaves de su zona de control, así como las horas a las que realizan todas las maniobras. El espacio aéreo se divide en zonas de control que unen varios aeropuertos, complementándolo con las zonas de vigilancia y control por radares de tierra que tienen a todas las aeronaves controladas.

Otro factor importante son las ayudas de navegación que existen por los distintos puntos de la geografía universal y sobre todo la gran ayuda que prestan los satélites instalados con el fin de hacer funcionar perfectamente a esos receptores tan pequeños, que nos informan entre otras cosas de dónde estamos y dónde vamos, llamados G.P.S. y que por supuesto, la aviación los utiliza desde el principio de su existencia.

Y por último, los equipos tan sofisticados que se instalan en los aviones para que el piloto pueda compren-

der toda la información que los servicios existentes en las estaciones de tierra y aire mandan, para que la integridad de la aeronave y su vuelo sean seguros.

La coordinación existente entre las estaciones de tierra o aire y la tripulación del avión se efectúa mediante equipos electrónicos que detallaré a continuación, sin especificar características especiales de cada uno, pues en el mercado existen varios fabricantes y cada uno emplea un mismo equipo para varias funciones o un equipo para cada función específica, así que me referiré a equipos generales proporcionando información básica para poder entender mejor cómo navegan los aviones. Las figuras de los instrumentos son orientativas ya que al avanzar tanto la electrónica en todos los campos, los aviones nuevos disponen de otros sistemas para indicar al piloto toda la información: computador de vuelo, pantallas gráficas donde aparecen los instrumentos, los datos, las barras de navegación, los rumbos, etc.

EL DESPEGUE

Antes de despegar todos los aviones cumplimentan el PLAN DE VUELO y todos los trámites legales para efectuar el vuelo. Uno de los datos importantes que anota el piloto es un número de cuatro cifras que deberá poner



en el equipo transpondedor para ser localizado en las pantallas de los radares de tierra (SSR) una vez que haya despegado, con el fin de poder estar controlado en todo momento. Ese número es el que aparecerá en la pantalla del controlador de zona junto al punto móvil detectado por el radar, así sabrá qué avión es, modelo, características, etc. comprobando en todo momento que se cumple con el plan de vuelo previsto y avisando si se comete alguna infracción o simplemente se desvía de la ruta o nivel de vuelo previstos.

Antes de poner en marcha el avión, tanto los mecánicos como los pilotos efectúan lo que se llama la PRE-VUELO, comprobando el estado general de la aeronave, así como el perfecto funcionamiento de todos los equipos de a bordo según un manual y paso a paso, con el fin de no dejar nada sin revisar. Cuando todo está listo el piloto llama a la torre de control para comunicárselo. Desde ese momento el avión no está solo, tiene muchas personas y equipos que están trabajando para que el vuelo sea seguro y llegue al destino previsto.

LAS COMUNICACIONES

Las comunicaciones verbales entre las tripulaciones de los aviones, los operadores de tierra, los controladores, etc. se efectúan con tres equipos básicos: VHF (Very High Frequency), UHF (Ultrahigh Frequency) y HF (High Frequency).

El transceptor o transmisor-receptor de VHF es el más usado, ya que todas las torres de control de los aeropuertos o aeródromos disponen de uno o varios canales en esta banda de frecuencias para control, despegue, aterrizaje, rodaje o aparcamiento de los aviones. Trabaja dentro del margen de frecuencias de 118 a 135,975 Mc/s para los aviones civiles y 116 a 149,975 Mc/s para los aviones militares, moduladas en amplitud (AM) (A3).

La frecuencia de emergencia en esta banda aérea para todas las aeronaves es de 121.5 Mc/s. Todas las torres de control, operadores, Servicio Aéreo de Rescate (SAR), satélites, etc. tienen un receptor con escucha permanente en esta frecuencia. Algunos aviones también disponen de una radiobaliza de emergencia, que en caso de impacto del avión se activa automáticamente transmitiendo en esta frecuencia.

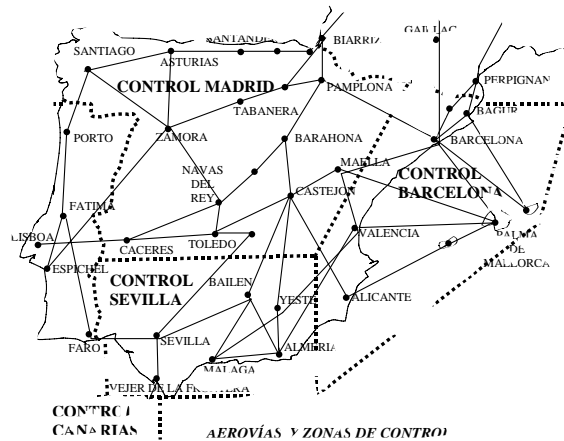
El transceptor de UHF trabaja en el margen de frecuencias de 225 a 399,975 Mc/s. La frecuencia de emer-

gencia en esta banda aérea es el doble que en la de VHF, 243.0 Mc/s. Las radiobalizas de impacto también transmiten en esta frecuencia. Esta banda de frecuencias es menos utilizada por la aviación comercial, ya que no está disponible en todos los aeropuertos y aeródromos. Para comunicaciones a larga distancia, sin obstáculos y a gran altura es más efectiva que la de VHF, por eso los aviones de caza militares la utilizan para comunicarse entre ellos y para conversaciones con la torre de control.

Las comunicaciones en HF se efectúan dentro del campo de frecuencias de 2 a 29.999 Mc/s. Los diferentes modos operativos de la señal moduladora son: USB (Banda Superior), LSB (Banda Inferior), AM (Modulación de Amplitud) y CW (Onda continua). Esta banda de frecuencias se utiliza para comunicaciones aire-tierra, tierra-tierra o aire-aire cuando existen obstáculos, por ejemplo montañas entre la aeronave y la estación de tierra, utilizándose con más frecuencia para comunicaciones de largo alcance. Está muy limitada por las condiciones atmosféricas.

LAS AEROVÍAS

Así como los coches van por carreteras o autopistas y los trenes por ferrocarriles o vías férreas, los aviones utilizan las llamadas vías aéreas o aerovías, que son como autopistas descritas en el espacio aéreo y que unen distintos puntos de la superficie terrestre. Estos puntos tienen unos equipos que están transmitiendo continuamente señales de rumbos, dándole al piloto una referencia del radial o camino por el que se encuentra en todo momento. Estos equipos se denominan Radiofaros Omnidireccionales de VHF (VOR).





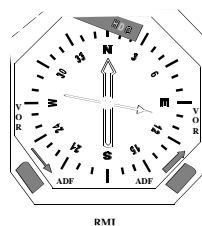
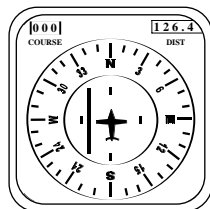
Con el fin de que varios aviones utilicen la misma aerovía, al hacer el plan de vuelo se les asigna una altura sobre el nivel del mar o nivel de vuelo que debe llevar cada uno, dando a cada avión una altura diferente. El instrumento mecánico que mide la altura por diferencia de presiones, se denomina altímetro. El controlador es quien le dice al piloto la presión existente en cada zona con el fin de comprobar que la altura de vuelo es la correcta. En la figura aerovías y zonas de control señalo un trazado de ellas con algunas de las estaciones de VOR de España, así como las cuatro zonas de control más importantes: Madrid, Barcelona, Sevilla y Canarias. Cada estación de VOR tiene una frecuencia distinta de transmisión y su propia señal de identificación en código morse, el piloto al sintonizar cada una de ellas sabe si es la estación deseada, ya que en su cartilla de vuelo tiene anotado sus indicativos y sus códigos.

EL VUELO

Un avión está diseñado para volar y por tanto los equipos de a bordo deben estar capacitados para facilitar esa misión. Algunos de ellos son: VOR-ILS, ADF, GPS, DME, Piloto Automático, Giróscopos, Radio-altímetro, Radiobaliza, etc.

VOR (Receptor Omnidireccional de VHF): Recibe las señales de las estaciones VOR de tierra y da información de radiales. Con el selector de radial del Indicador de Situación Horizontal (HSI), se selecciona el radial correspondiente. La señal de desviación recibida, con respecto al radial seleccionado, se repite en la barra de Indicación de Desviación del Curso, (CDI) del HSI y se envía al sistema Director de Vuelo, (FD), para que también dé marcación en la barra CDI del Indicador de Agujas Cruzadas, (FPDI). Además recibe señales de ruta que son llevadas a las agujas de los Indicadores de Rumbos Magnéticos (RMI), indicando hacia dónde se encuentra la estación de tierra sintonizada. Este receptor trabaja en un margen de frecuencias que va desde 108 a 117.95 Mc/s.

ADF: (Automatic Direction Finder). Es un receptor de radio que procesa las señales de radiofrecuencia, moduladas en amplitud (AM), entre los márgenes de 190 a 1750 Kc/s. Consta de dos antenas, una de



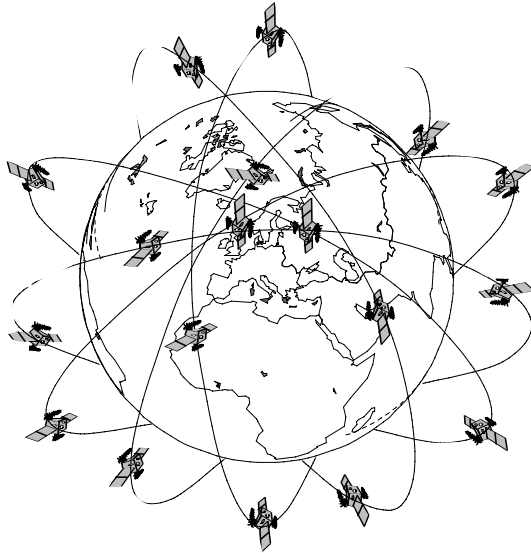
CUADRO y otra de SENTIDO. La antena de sentido recibe la señal omnidireccionalmente del equipo de tierra, denominado Radiofaro no direccional o NDB (Non Directional Beacon), así como el indicativo de la estación en código morse. También pueden recibir las emisoras de radio AM que estén dentro del mismo ancho de banda de trabajo. La antena de cuadro da una muestra angular entre la estación de radio y el avión. Con la mezcla de las dos señales y otra procedente del oscilador local del equipo se calcula la resultante de la dirección del avión hacia la estación. El indicador del avión que muestra al piloto la dirección hacia donde está la estación es el RMI.

DME: (Distance Measuring Equipment). Es un receptor-transmisor que proporciona la distancia que hay entre el avión y la estación de tierra sintonizada, dentro de un radio de acción de aproximadamente 450 Km. Además indica al piloto la velocidad del avión con respecto a tierra o el tiempo estimado a la estación (TTS) en minutos. Cada estación de DME transmite continuamente una señal de identificación en morse, recibida por este equipo en el avión y aplicada a su sistema de audio para que el piloto pueda identificarla.

GPS: (Global Position System). Es un sistema de navegación basado en la recepción de las señales de 24 satélites que giran alrededor de la Tierra dos veces al día, en seis órbitas diferentes cada uno a una altura de 20.000 km. El mantenimiento, control y estabilización de los satélites lo realiza el Departamento de Defensa de Estados Unidos. El receptor GPS realiza medidas tridimensionales con una precisión aproximada de 15 metros. Esta exactitud es debida a la alta tecnología empleada tanto en los satélites, como en el receptor, realizando un cálculo entre las señales recibidas de los distintos satélites en ese momento, las distancias entre ellos y a la que se encuentran de la tierra y un reloj atómico de alta precisión que tienen los satélites, capaz de trabajar con medidas de tiempo en nanosegundos, es decir, una millonésima parte del segundo. El receptor también está equipado con un reloj electrónico de alta precisión que se sincroniza con el de los satélites al recibir las señales. El cálculo de las distancias lo realiza mediante la fórmula: $Distancia = Velocidad \times Tiempo$. Si sabemos que la velocidad de la luz es de 300.000 Km/s, como los relojes están sincronizados, cuando los satélites mandan las señales de identificación, el receptor GPS calcula el retardo hasta que llegan a él, las compara con la de otros y calcula el punto exacto donde se encuentra. Para determinar las coordenadas de dicho punto el receptor tiene que recibir al menos las señales de tres satélites y



para saber su altura las de un mínimo de cuatro. Da marcaciones de velocidad en fracciones de segundo mediante cálculo de desplazamiento de puntos.



SATELITES DEL GPS

Utiliza una base de datos interna para dar la posición de miles de aeropuertos, NDBs, VORs, e intersecciones. Cada punto está almacenado con su propia latitud y longitud. Una vez seleccionado el aeropuerto, la base de datos interna ofrece información al piloto de la ciudad donde se encuentra, elevación del campo sobre el nivel del mar en pies o metros, longitud, superficie, orientación e iluminación de las pistas, aeropuertos más cercanos, frecuencias de radio disponibles y su utilización o restricción, lista de tipos de combustibles disponibles en el aeropuerto, mapas de la zona y áreas de pistas, mapa de aproximaciones, distancias a otros puntos o aeropuertos, etc. En esa base de datos se pueden introducir datos nuevos de distintos puntos, así como información adicional.

Otras funciones que realiza son:

Plan prevuelo.- Determina el rumbo y la distancia hasta el punto de destino, la distancia total del plan de vuelo y otras informaciones útiles antes de la partida.

Navegación Directa.- Sabiendo las coordenadas del punto de destino, realiza un vuelo directo a esa posición.

Navegación con Plan de Vuelo.- Define un plan de vuelo con más de cuarenta puntos determinados llevando el avión automáticamente por la ruta seleccionada.

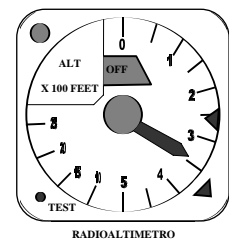
Consumo de combustible y tiempo estimado de llegada.- Monitoriza la progresión del vuelo y determina

con exactitud la hora de llegada y el consumo de combustible.

PILOTO AUTOMÁTICO: Este sistema controla los mandos de altura, alabeo, dirección y compensador de profundidad. Está formado por un computador y un sistema de tres servos. El computador procesa la información recibida del modo de operación seleccionado por el piloto. Un sensor de velocidad le da información para mantenerla cuando está operativo. A partir de los datos recibidos de los distintos equipos que miden altura, dirección y alabeo, el computador genera unas señales de control que envía a los tres servos. El de dirección actúa sobre el eje del timón de dirección, moviendo los pedales y manteniendo el rumbo. El de altura actúa sobre el timón de profundidad moviendo la palanca. El tercero se encarga de mover los alerones, sincronizados con el mismo movimiento que los cuernos de la palanca de profundidad.

RADIOALTÍMETRO:

Este equipo proporciona al piloto la altura sobre el terreno durante el vuelo y la aproximación para el aterrizaje. Consta de un transmisor que manda impulsos de radiofrecuencia hacia el suelo, estos impulsos se reflejan y son captados por el receptor, el tiempo transcurrido entre la emisión de un impulso y su recepción, es medido por el equipo y transformado a través del indicador en unidades de distancia.

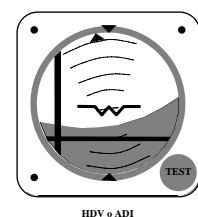


El indicador tiene un mando para seleccionar la altura de decisión, es decir, la altura mínima que el piloto desee, para que el indicador le avise. La luz de aviso se encenderá cuando el avión descienda por debajo de la altura de decisión seleccionada.

Como la gran mayoría de indicadores, también dispone de una bandera de fallo, que aparece si el equipo no transmite con la potencia suficiente o si el receptor falla.

La señal de altura también es enviada además de a los indicadores, a la barra de radioaltímetro de los horizontes directores de vuelo (HDV).

GIRÓSCOPO: Este equipo consta de un giróscopo horizontal y otro vertical. El giróscopo horizontal trabaja conjuntamente



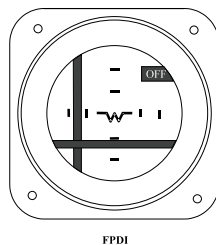


con unas válvulas de flujo que se encuentran en los extremos de las alas del avión y que detectan el flujo magnético terrestre, de modo que en todo momento el giróscopo horizontal indica, a través de la rosa de los rumbos de los distintos indicadores (HSI, RMI, etc.), el rumbo del avión.

El giróscopo vertical es el encargado de mandar señales a las esferas de los indicadores de actitud (HDV) o (ADI) de cada piloto, controlando así el alabeo y cabeceo del avión.

EL ATERRIZAJE

ILS: (Instrument Landing System) o Sistema de Aterrizaje por Instrumentos, forma parte del mismo equipo del VOR. Consta de dos partes fundamentales, el Localizador (LOC), que recibe entre 108.1 y 111.9 Mc/s y la Senda de Planeo (Glide Slope) o GS, que se sintoniza automáticamente entre 329.3 y 335.0 Mc/s cuando se selecciona en el equipo una frecuencia de Localizador. Dentro de este mismo sistema se engloban también las radiobalizas. La misión de este equipo es indicar al piloto cómo tiene que aproximar el avión hacia la pista de aterrizaje con una altura y una desviación correctas cuando se encuentra dentro del lóbulo de radiación del equipo de tierra.



FPDI

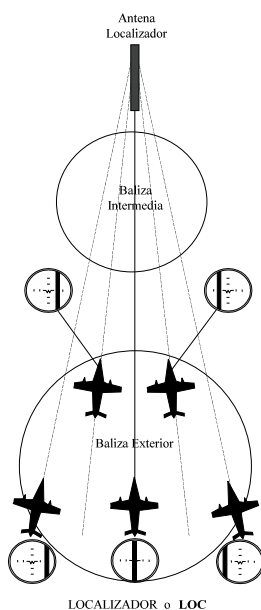
Los indicadores del avión que muestran estas marcas o desviaciones son: **HDV** o **ADI**, **HSI**, **FPDI**, etc. Todos los indicadores disponen de las correspondientes banderolas rojas de aviso de fallo.

Las figuras LOC y GS muestran la visión del piloto en un instrumento cuando el avión se encuentra en distintas posiciones del lóbulo de radiación, indicándole que debe centrar el avión si éste se encuentra desviado del rumbo y altura correcta hacia la pista.

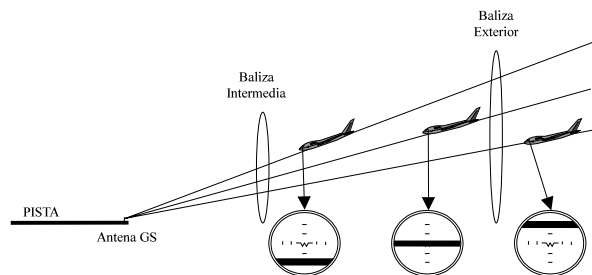
Los números pintados en el suelo de las cabeceras de las pistas, le indican al piloto el rumbo que está orientada; así si está en rumbo de 50 grados, el número será el 05, siendo el rumbo y cabecera opuesta 230° y número pintado el 23. Si el rumbo es de 240°, el número pintado será el 24 y así sucesivamente para las distintas pistas de los aeropuertos.



El controlador es quien decide que pista tienen que utilizar para aterrizar y despegar y siempre depende del viento reinante en la zona; aunque a los grandes reactores no les afecte mucho, también obedecen esta regla básica y fundamental de la aviación.



LOCALIZADOR o LOC



SENDA DE PLANEO o GS

RADIOBALIZA: Está asociada al VOR-ILS y recibe señales de portadora de 75 Mc/s., suministrando a los pilotos indicaciones visuales a través de tres lámparas (azul, ámbar y blanca), acompañadas de tonos audibles.

La lámpara azul se enciende cuando el avión pasa sobre la baliza exterior, dando un tono de 400 c/s en series de 2 rayas por segundo. (Fig. LOC y GS)



La ámbar se enciende cuando el avión pasa sobre la baliza intermedia, acompañada de un tono de 1.300 c/s en series de rayas y puntos alternativos.

La de color blanco se enciende cuando el avión pasa sobre una baliza de aerovía, acompañada por un tono de 3.000c/s.

Todos los equipos descritos anteriormente se caracterizan por trabajar dentro de márgenes de temperatura

muy superior a los utilizados comercialmente. Pasan unos controles técnicos muy especiales de efectividad y durabilidad. Se fabrican con materiales específicos que los hacen robustos, ligeros e ignífugos.

Si juntamos esta tecnología a las manos expertas de un piloto y al grupo de personal profesional que trabaja en tierra, seguiremos teniendo una buena seguridad en vuelo.