

# INSTRUMENTOS DE NAVEGACION

## ADF (Automatic Direction Finding)

Es el sistema de radionavegación más antiguo que aun esta en uso. El ADF es el instrumento instalado en la aeronave que utiliza estaciones en tierra (NDB: Non-Directional Beacon) que son simples antenas de radio que transmiten en AM (Amplitud Modulada) en frecuencias bajas (LF) y medias (MF) que generalmente se encuentran en la banda de 190 a 450 KHz.



El ADF se compone de dos antenas, ambas de recepción. La antena "sensible" (no direccional) recibe señales de radio con casi la misma intensidad de todas las direcciones. La antena "cíclica" recibe señales de radio con más potencia de solo dos direcciones (bidireccional). Cuando las señales de ambas antenas son procesadas, se tiene la posibilidad de recibir señal de radio en todas las direcciones menos una, resolviendo así la ambigüedad.

Frecuencias y tipos de NDB:

- Locator (L): Se trata de un NDB de baja potencia, empleados en procedimientos de aproximación o acompañan, y suplementan, los marcadores externos y medios (Outer and middle markers) del ILS. Tienen un rango de entre 10 y 25 nm.

Figura 1: Antena NDB

- NDBs de Ruta: Tienen un rango de más de 50 nm y aquellos sirviendo en zonas oceánicas pueden llegar a tener un rango de cientos de millas náuticas. Son utilizados para posicionar circuitos de espera, o como puntos de aerovía. Cabe señalar que su utilización en ruta está desapareciendo quedando solamente el tipo Locator (L).

La presentación de la información en el instrumento puede ser de dos tipos:



### 1.- ADF a cartilla fija

También llamado como RBI (Radio Bearing Indicator). Este tipo de instrumento de ADF indica siempre cero (Rumbo Norte) arriba de la cartilla con el compás de tipo rosa, con la aguja indicando siempre hacia la estación.

En la Figura 2 se muestra un radio bearing a la estación de 210°. Si el rumbo de la aeronave fuese 30° entonces el rumbo magnético a volar para dirigirse directo a la estación es 240° (QDM).

Figura 2: ADF Cartilla fija

$$\text{Heading} + \text{Radio bearing} = \text{Rumbo a la estación}$$

Recuerde que en este tipo de instrumento la cartilla del compás en modo rosa es fija, es decir siempre va a indicar 360° o norte.

En el caso de que la aeronave lleve rumbo 360, entonces el rumbo magnético para volar hacia la estación (o hacer “homming”) sería 210°.



Figura 3: ADF Cartilla fija

La figura 3 Muestra otro ejemplo, un bearing de 145°. Si el rumbo del avión fuese 300°, entonces el rumbo magnético a la estación sería:

$$300 + 135 - 360 = 075^\circ$$

## 2. ADF a cartilla rotatoria



Figura 4: ADF Cartilla Rotatoria

La cartilla rotatoria fue un paso adelante sobre el instrumento a cartilla fija. El piloto puede ahora rotar la cartilla del compás mediante una perilla con la inscripción HDG (heading). Con esto se logra alinear manualmente la cartilla del instrumento con el rumbo que lleva el avión. Entonces la aguja del ADF indicara directamente el rumbo magnético hacia la estación.

Figura 4 muestra que la cartilla ha sido rotada al rumbo que lleva el avión, rumbo 300°, el rumbo magnético hacia la estación ahora se muestra correctamente a rumbo 085° (QDM). Entonces para volar hacia la estación basta virar el avión al rumbo 085°. Recuerde que primero se alinea la cartilla con el heading del avión y luego se procede con el viraje.

Figura 4 además de mostrar el rumbo hacia la estación, también muestra el rumbo de alejamiento de la estación, es lo que indica la “cola” de la aguja. En este ejemplo el rumbo de alejamiento es 265° (QDR).

## RMI (Radio Magnetic Indicator)

El RMI (Radio Magnetic Indicator), es un instrumento que puede ir instalado en el panel ya sea sustituyendo al ADF o como instrumento independiente además del ADF.

El RMI puede ser de 2 tipos: con una sola aguja o con 2 agujas indicadoras.

Este instrumento combina información de señales de radio y señales magnéticas para proveer información continua de rumbo (heading), curso y radial.

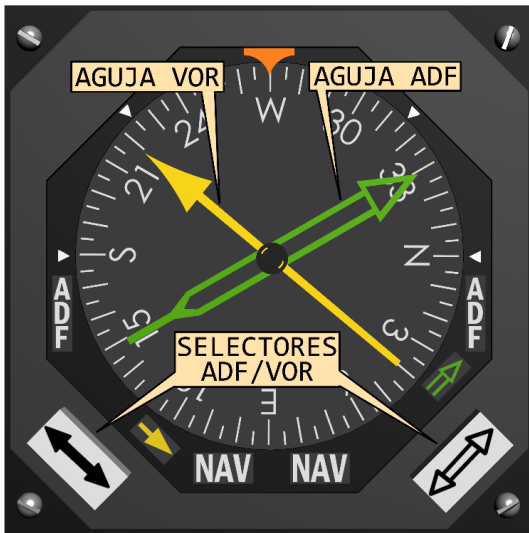


Figura 5: RMI analógico

La cartilla es un giróscopo direccional, por esto rota automáticamente con los virajes del avión. Entonces este instrumento proporciona información adecuada y precisa del rumbo que lleva el avión y de rumbo magnético a la estación instante por instante.

El RMI difiere del ADF a cartilla rotatoria en que no es necesario actualizar el rumbo del avión manualmente. Figura 5 muestra un RMI de dos agujas que es capaz de recibir información sea de ADF o de VOR desde la estación. Cuando la aguja está seleccionada para trabajar con los receptores VOR, la cabeza de la aguja indica el radial de la aeronave respecto a la estación VOR, la cabeza de la aguja indica el rumbo hacia la estación y la cola indica el radial que la aeronave está establecida o cruzando.

Existen instrumentos RMI que permiten de elegir con que antenas receptoras trabaje cada aguja. En la parte inferior del instrumento existen pulsantes para cambiar la indicación de las agujas, sea ADF o VOR.

## VOR/ILS

La estación VOR transmite dos señales, una constante en todas las direcciones y otra señal que varía en fase en contraste con la primera señal. La antena receptora VOR instalada en la aeronave calcula la diferencia entre estas dos frecuencias y por diferencia identifica 360 diferentes direcciones o "radiales" desde la estación.

La aeronave identifica su posición en un, y solo un, radial de la estación. El sistema VOR no provee información de distancia desde la estación. La banda de frecuencias asignadas para la operación VOR va desde 108.0 a 117.95 MHz

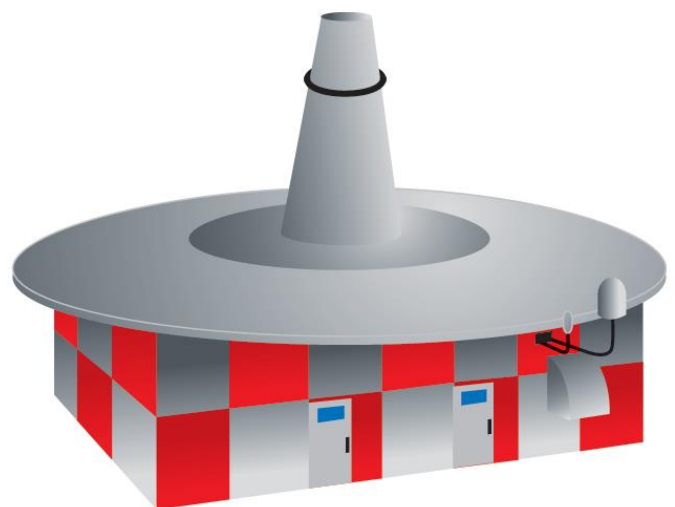


Figura 6: Estación VOR  
(FAA Instrument handbook)

Cuando la frecuencia del VOR viene ingresada en el panel de radios del avión (NAV1 o NAV2), La aguja vertical llamada CDI (Course Deviation Indicator) en el instrumento indica si la aeronave se encuentra a la izquierda o derecha de la estación según el curso elegido. El indicador "To/From" muestra si la aeronave se encuentra en lado "to" o "from". Cuando la aeronave se encuentra "a la cuadra de la estación" (abeam) el indicador To/From desaparece o muestra la indicación "Off".

Para volar directamente a la estación, se debe rotar la perilla selectora - Omni Bearing Selector (OBS) - hasta que el CDI queda centrado, y con la indicación "to". Entonces el piloto vuela ese rumbo. Para conocer el radial del VOR que cruza la aeronave basta centrar el CDI con la indicación "from". Si un radial específico es selectado en el instrumento, el CDI estará a derecha o izquierda sea con indicación "to" o "from". El rumbo que lleva la aeronave no afecta esta selección.

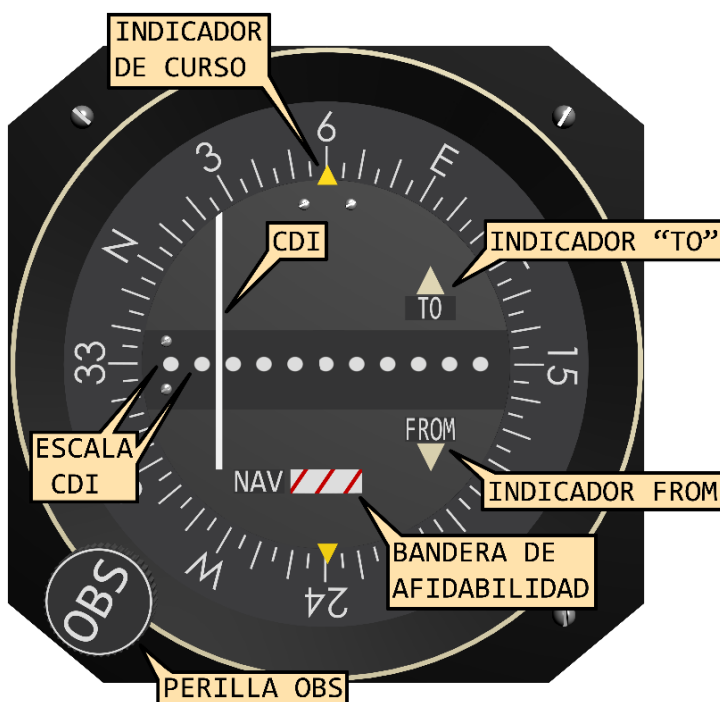


Figura 7. Instrumento VOR

El instrumento VOR debe tener por lo menos los componentes esenciales mostrados en figura 7.

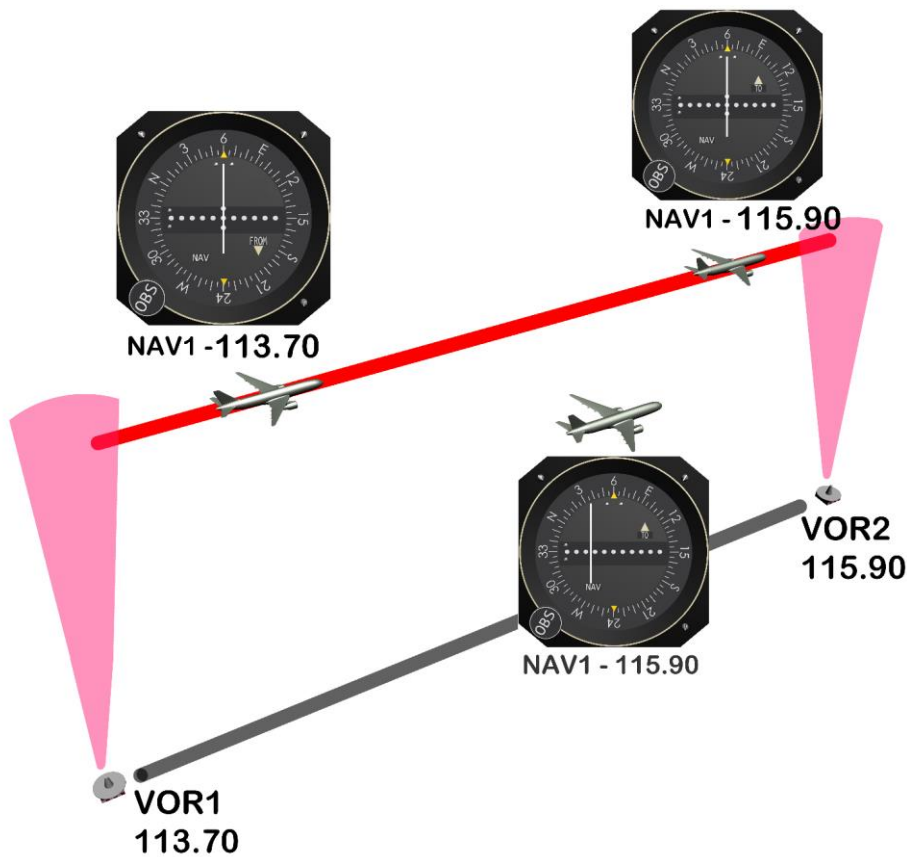
Omibearing Selector (OBS): El curso deseado se selecciona girando la perilla omnibearing selector (OBS) hasta que el curso requerido quede alineado con el indicador de curso.

Course Deviation Indicator (CDI): El indicador de desviación de curso (CDI) se compone de una aguja que se mueve lateralmente a través de del instrumento. La aguja queda centrada cuando la aeronave está establecida en el radial seleccionado o su recíproco. La desviación total de la aguja desde la posición central a ambos lados de la línea que la aeronave esta por lo menos 12° o más de su curso.

Cada punto que representa una desviación de 2°.

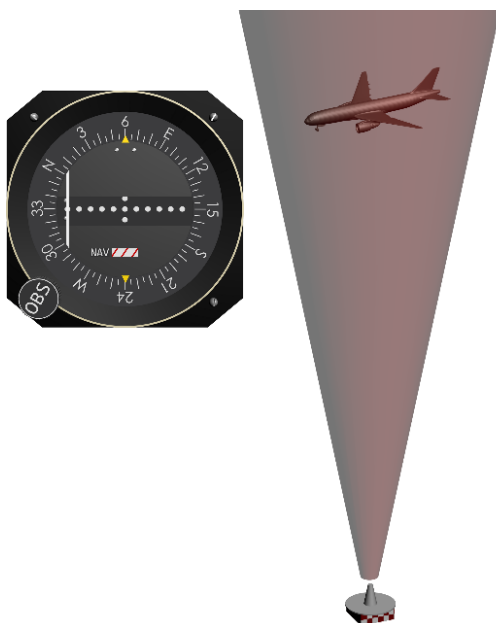
TO/FROM Indicator: El indicador "TO/FROM" muestra si el curso seleccionado, interceptado y volado, lleva la aeronave hacia o desde la estación. En caso de no tener el radial interceptado no indica necesariamente si la aeronave se dirige hacia o desde la estación.

Banderas o indicadores pérdida de potencia de señal: El dispositivo que indica si la señal es la correcta o poco fiables es la llamada bandera de "OFF". Se retrae de la vista del instrumento cuando la fuerza de la señal es suficiente para proveer indicaciones fiables en el instrumento. Alternativamente, Una intensidad de la señal insuficiente es indicada por un espacio en blanco o una bandera en el instrumento.



Para volar directamente a la estación, se debe rotar la perilla selectora - Omni Bearing Selector (OBS) - hasta que el CDI queda centrado con la indicación "to". Entonces el piloto vuela ese rumbo. Para conocer el radial del VOR que cruza la aeronave basta centrar el CDI con la indicación "from". Si un radial específico es seleccionado en el instrumento, el CDI estará a derecha o izquierda sea con indicación "to" o "from". El rumbo que lleva la aeronave no afecta esta selección.

Figura 8: Representación del instrumento VOR en referencia del radial seleccionado y la situación espacial de la aeronave.



Cono de silencio: Figura 9 muestra el "cono de silencio" de una estación VOR, y la indicación del instrumento en la aeronave. El cono de silencio se eleva en la vertical de la estación incrementando el velo de silencio en el que el receptor no recoge información de la señal del VOR a medida que aumenta la altitud en que se cruza sobre la vertical del VOR.

Figura 9: Cono de silencio VOR

## ILS

Muchas veces en el instrumento VOR tiene instalada también la función ILS, es decir el CDI con el que normalmente se intercepta radiales pasa a trabajar como Localizador y además el instrumento dispone de una barra horizontal que funciona como glideslope.

Cuando en el panel de radios viene sintonizada la frecuencia de un ILS, el instrumento siempre va a marcar la dirección "TO".

En el caso de usar el instrumento para un procedimiento ILS, la diferencia entre cada punto de la escala del LOC es de  $\frac{1}{2}^\circ$ , es decir la escala completa es de  $\pm 2,5^\circ$ .

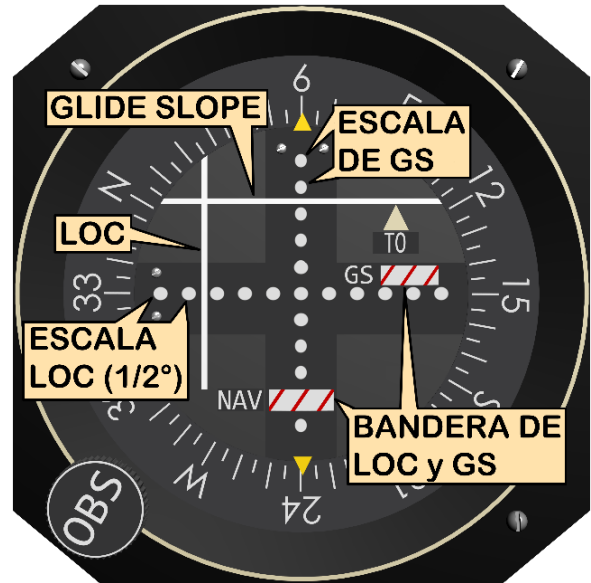


Figura 10: Instrumento VOR/ILS

La bandera de GS y LOC, indica que la estación de tierra no está funcionando correctamente o el receptor de la aeronave no está trabajando

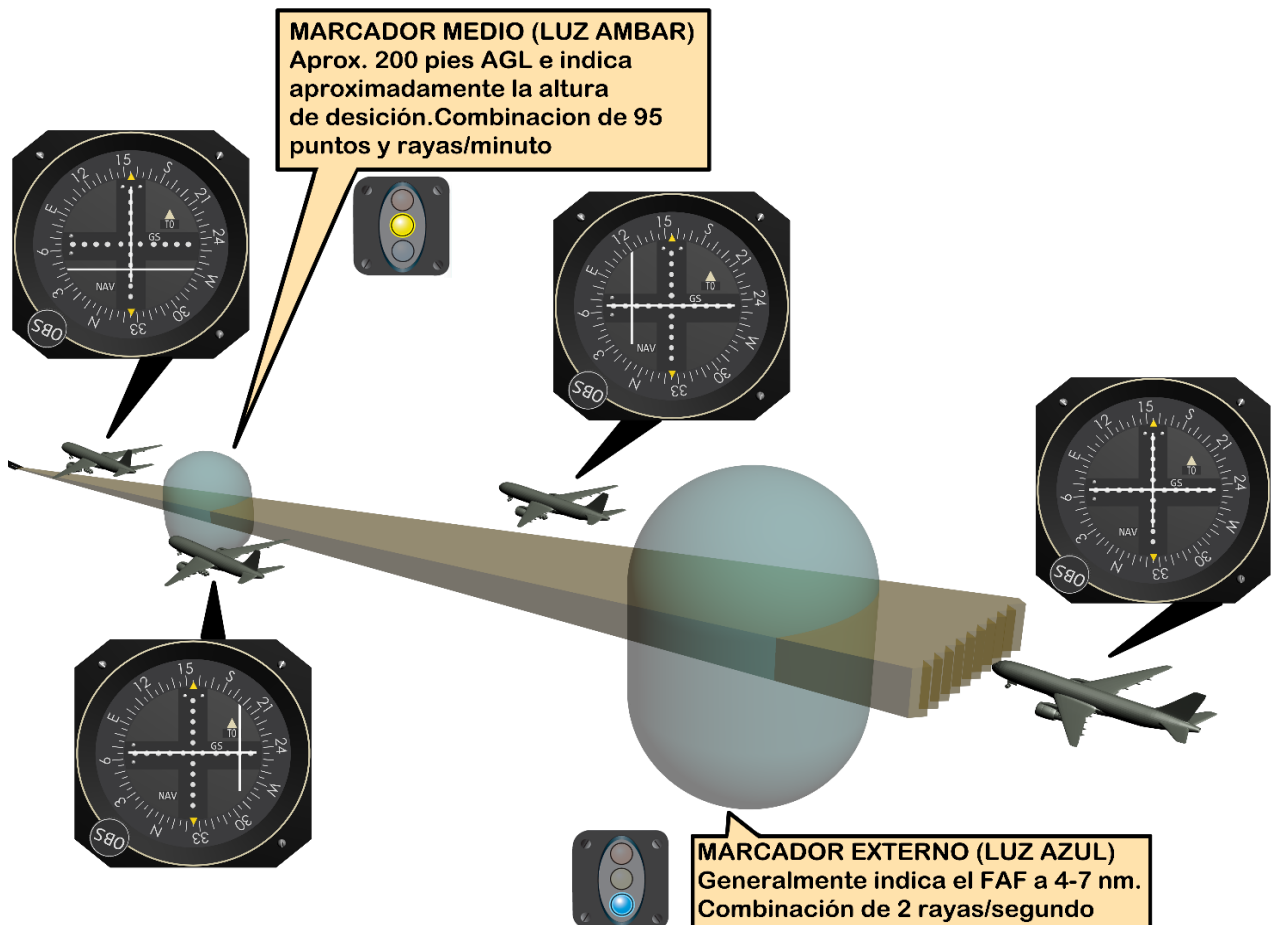


Figura 9: Representación del instrumento VOR/ILS en referencia a la posición de la aeronave respecto al equipo ILS de tierra.

## Horizontal Situation Indicator (HSI)

El HSI es un indicador de dirección giroscópico. Este instrumento, que se muestra en la figura 10, combina el compás magnético con señales de navegación (VOR/LOC) y senda de planeo.

Esto le da al piloto una indicación de la ubicación de la aeronave con relación al curso seleccionado. En la figura 10, el rumbo de la aeronave está indicado en la cartilla rotatoria la "lubber line", en figura el rumbo es 290°.

La punta de flecha que indica curso está seleccionada en 340°; la cola de esta aguja indica el radial recíproco, 160°. La barra de desviación de curso (CDI) opera con un receptor VOR/localizador (VOR/LOC) para indicar desviaciones de izquierda o derecha del curso seleccionado.

El curso deseado se selecciona girando la perilla de selección de curso. Esto le da al piloto una presentación pictórica:

la visualización del avión simbólico y la barra del CDI ilustra la desviación de la aeronave con respecto al curso seleccionado, como si el piloto fuera por encima de la aeronave mirando hacia abajo. El indicador "TO/FROM" es un puntero triangular. Cuando el indicador apunta a la cabeza de la flecha del curso, se muestra que el curso seleccionado, si se tiene el CDI centrado, lleva la aeronave hacia la estación sintonizada.

Cuando el indicador apunta a la cola de la flecha, muestra que el curso seleccionado, si interceptado correctamente, lleva la aeronave en dirección opuesta a la estación seleccionada.

El puntero de glideslope indica la relación de la aeronave a la senda de planeo. Cuando el puntero está por debajo de la posición central, la aeronave está por encima de la senda de planeo, y un se requiere una mayor velocidad vertical de descenso.



Figura 10: HSI analógico

## Distance Measuring Equipment (DME)

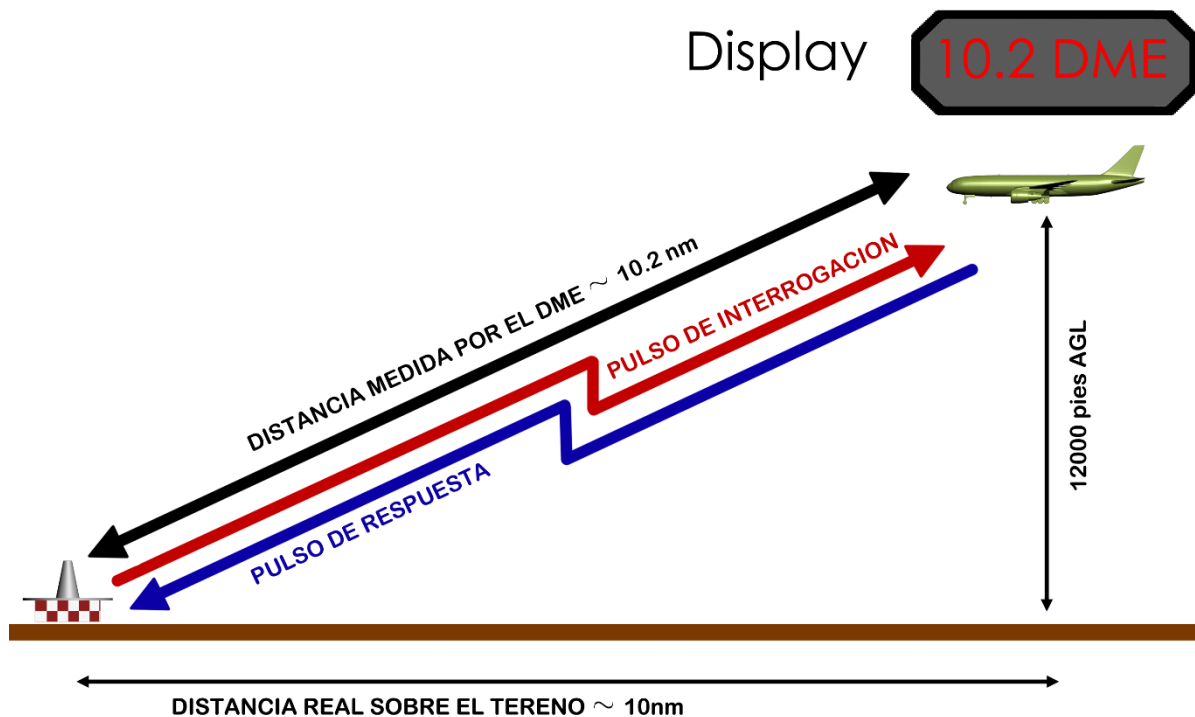


Figura 11: Distance Measuring Equipment

Cuando se utiliza en unión con el sistema VOR, el DME permite al piloto, para determinar una posición geográfica exacta de la aeronave, incluido el rumbo y la distancia hacia o desde la estación. El DME de la aeronave interroga mediante una señal de radio frecuencia, que son recibidas por la antena DME en las instalaciones de tierra. La estación en tierra responde con una señal de radio frecuencia. El equipo DME de la aeronave mide el tiempo transcurrido entre la señal de interrogación enviada por la aeronave y la recepción de la respuesta desde la estación de tierra. Esta medición del tiempo es convertida en la distancia en millas náuticas (NM) de la estación.

Cabe señalar que la distancia medida por el DME es la distancia inclinada, directamente desde la aeronave hasta la estación, la cual difiere de la distancia real sobre el terreno la que es generalmente menor a la distancia medida por el DME. Esta diferencia aumenta a medida que la aeronave se acerca a la estación.

Algunos receptores DME proporcionan una velocidad de tierra (Ground Speed, GS) en nudos mediante el movimiento relativo de la aeronave relativa a la estación de tierra. Estos valores de velocidad de tierra son precisos sólo cuando la aeronave se dirige directamente hacia o desde la estación.

VOR/DME, ILS/DME y LOC/DME son instrumentos de navegación que proporcionan curso e información de distancia. DME opera en las frecuencias en el espectro de UHF entre 962 MHz y 1213 MHz.

El identificador de DME se escucha como un identificador de código Morse con un tono algo más alto que la de la VOR o asociado



## Global Positioning System (GPS)

El GPS es un sistema de radionavegación por satélite que transmite una señal que viene utilizada por los receptores de la aeronave para determinar la posición exacta en cualquier lugar del mundo. El receptor sigue múltiples satélites y determina una medición que es luego utilizada para determinar la ubicación de la aeronave. El GPS es un instrumento utilizado para posicionamiento basado en el espacio, la velocidad, y el sistema de tiempo.

Equipo GPS puede ser utilizado como unos medios complementarios de navegación IFR para rutas domésticas, operaciones en un área terminal y ciertas IAP. Valores de navegación, tales como la distancia y el rumbo a un waypoint y velocidad sobre el terreno, son calculados a partir de la posición actual de la aeronave (latitud y longitud) y la ubicación del siguiente waypoint. Viene también proporcionada información de curso así como también desviación lateral de la ruta deseada entre waypoints.



Figura 12: Distance Measuring Equipment  
(Garmin website)

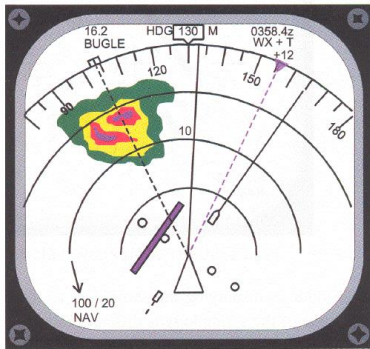
El equipo consiste en antenas y receptores/procesadores a bordo de la aeronave que proporciona posicionamiento, velocidad, y precisa sincronización.

La base de datos de navegación GPS aeronaves contiene los waypoints de áreas geográficas en las que la navegación GPS ha sido aprobada para operaciones IFR. El piloto selecciona los puntos de ruta deseados de la base de datos y puede añadir otros waypoints definidos por el piloto para el vuelo.

El receptor GPS calcula los valores de navegación (distancia y rumbo a un waypoint, a tierra, etc.) mediante el uso conocido de la aeronave latitud/longitud y hace referencia a ellos a una base de datos integrada en el receptor.

# Electronic Horizontal Situational Indicator (EHSI) – Navigation Display (ND)

El EHSI muestra información para la navegación, información de radar meteorológico e información del TCAS. Para la radio navegación es esencial una habilidad para interpretar la información sobre navegación.



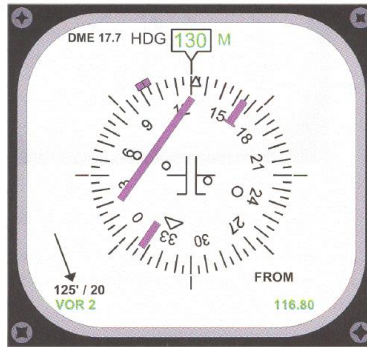
Expanded navigation mode



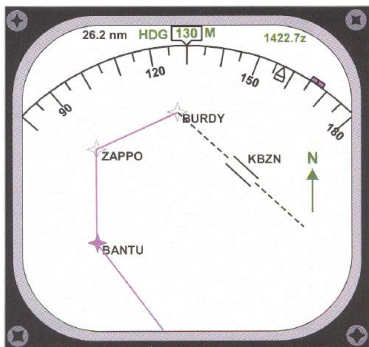
Full Navigation Mode



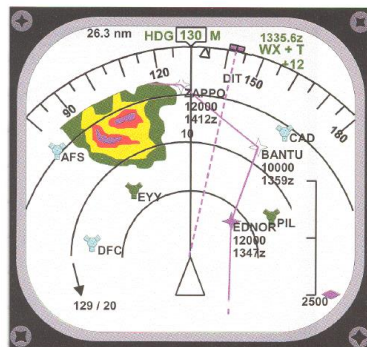
Full Rose ILS Mode



Full Rose Mode



Plan Mode



Map Mode

Los inputs para el EHSI vienen de:

- IRS
- FMC
- VOR, DME, ILS y ADF
- TCAS

Los principales modos de visualización disponibles son:

- Full rose navigation (FULL NAV)
- Full rose VOR/ILS
- MAP
- PLAN

La información que es posible visualizar es:

- Radiales VOR/ADF sintonizados
- Ayudas a la navegación
- Aeropuertos
- Waypoints
- Meteorología

Figura 13: Modos del EHSI y ND (JAA Handbook)