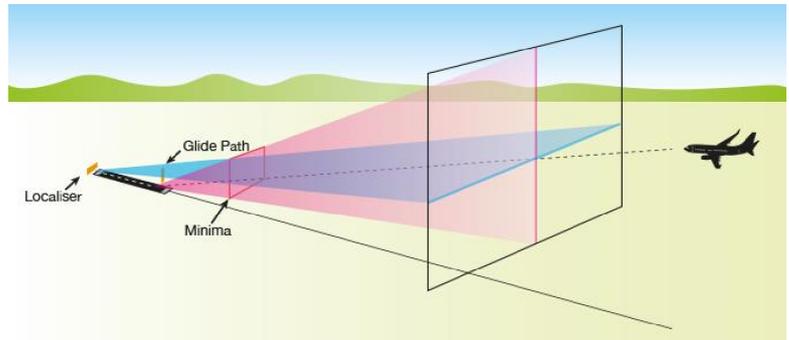


8.1- ILS

El sistema de aterrizaje instrumental (o **ILS**, del inglés: Instrument Landing System) es el sistema de ayuda a la aproximación y el aterrizaje establecido por OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) como sistema normalizado en todo el mundo. Este sistema de control permite que un avión sea guiado con precisión durante la aproximación a la pista de aterrizaje y, en algunos casos, a lo largo de la misma.



- Instrumental Landing System (Sistema de Aterrizaje Instrumental).
- Sistema más preciso para aproximación y aterrizaje utilizado en la actualidad.
- Guía en los planos horizontal y vertical.
- Permite aterrizajes automáticos.
- Muestra Senda de Descenso **Glidepath** y Centro de Pista Extendido **Localiser** hasta una determinada Altura de Decisión DH **Decision Height** o Altitud de Decisión DA **Decision Altitude**.
- En la DH el piloto decide aterrizar o frustrar **go around** y realizar el procedimiento de frustrada publicado.
- Puede estar apoyado por otros sistemas: NDB, VOR, DME o TACAN.

FUNCIONAMIENTO

Un ILS consiste de dos subsistemas independientes: Uno sirve para proporcionar guía lateral y el otro para proporcionar guía vertical.

Una serie de antenas localizadoras (**LOC o localizer**), que están situadas normalmente a unos 1 000 pies (305 m) del final de la pista y suelen estar formadas por 8, 14 o 24 antenas direccionales logo-periódicas (que son antenas cuyos parámetros de impedancia o radiación son una función periódica del logaritmo de la frecuencia nominal).

El equipo en tierra transmite una portadora comprendida entre los 108.1 MHz y 111.975 MHz, modulada al 20% por una señal resultante de sumar dos tonos de 90 Hz y 150 Hz (90+150 Hz). Esta señal se denomina **CSB (Carrier Side Band)**. A su vez, también se transmite una señal con bandas laterales y portadora suprimida modulada con una señal resultante de restar dos tonos de 90 Hz y 150 Hz (90-150 Hz). Esta señal se denomina **SBO (Side Band Only)**.

En la mayoría de los sistemas localizadores, existe una tercera señal denominada **Clearance o CLR**, que sirve de 'relleno' para evitar que las aeronaves intercepten falsos nulos y evitar así que se crea el estar interceptando el eje de pista cuando en realidad no se está haciendo. Dicha señal se transmite con 8 kHz de diferencia respecto a la frecuencia de trabajo del localizador.

Estas tres señales, CSB, SBO y CLR, se distribuyen a las antenas a través del sistema de distribución del localizador. Dicho sistema, meramente pasivo, se compone de atenuadores. Su objetivo es entregar a cada antena una proporción adecuada de las tres señales con su potencia y fase adecuada para conformar un diagrama polar.

Las señales una vez distribuidas y emitidas por las antenas, se suman en el espacio obteniendo una diferencia de modulación ó DDM diferente de las señales de navegación de 90 Hz y 150 Hz en cada punto del espacio. Es lo que se denomina modulación espacial

Esto produce el efecto que en el lado derecho, la DDM resultante tenga una predominancia de la señal de 150 Hz, en el izquierdo la predominancia de la DDM sea de 90 Hz, atendiendo al sentido de aproximación de la aeronave y en todo el eje de pista la DDM resultante tenga un valor nulo. Las aeronaves en aproximación, tratarán de buscar el nulo de la DDM lo que conlleva en la realidad a posicionarse en el eje de la pista.

ATPL (A)		RADIONAVEGACIÓN	
TEMA 8	ILS	01/01/2019	

El receptor embarcado en las aeronaves, suele ser un receptor de VHF superheterodino, el cual recibe y procesa la señal aplicándose la resultante a un medidor diferencial llamado **CDI**. Cuando la diferencia es cero, la aguja vertical del CDI se posiciona en el centro indicando que la aeronave está situada sobre el eje de la pista. Además el CDI dispone de un indicado adicional llamado bandera, el cual sólo se activa para avisar que el nivel de señal que se recibe es demasiado bajo y la medida mostrada en el CDI debe ser ignorada.

Una antena transmisora de la senda de planeo (**G/S**, del inglés: **Glide Slope o GP: Glide Path**) se sitúa a un lado de la zona de la pista donde se produce la toma. La señal G/S se transmite a una frecuencia de entre 328.6 MHz y 335.4 MHz, usando una técnica similar a la del localizador; la señal está situada para marcar una senda de planeo de aproximadamente 3° sobre la horizontal.



Las frecuencias del localizador y la senda de planeo están emparejadas de manera que sólo se requiere seleccionar una frecuencia para sintonizar ambos receptores. El localizador proporciona una señal de código morse transmitida a 1 020 Hz para permitir la identificación. Por ejemplo, en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, se transmitiría MEX para la pista 5L. Esto permite saber si el ILS está operando con normalidad o si está correctamente sintonizado. La señal de senda de planeo no transmite ninguna señal de identificación, por lo que se depende del localizador.

Las señales del localizador y la senda de planeo se muestran en un instrumento de la cabina, llamado Indicador de Desviación de Curso (**CDI**, del inglés: **Course Deviation Indicator**), como agujas horizontales y verticales (o un instrumento electrónico que las simule). El piloto controla el avión de manera que las agujas permanezcan centradas en la pole, pues es entonces cuando el avión sigue la senda de planeo y la dirección correctas. Las señales también pueden pasarse a los sistemas de piloto automático para permitir que éste vuele la aproximación.

CATEGORIAS

Categoría I

Un ILS estándar se considera de Categoría I, lo que permite aterrizajes con una visibilidad mínima de 2.400 pies (732 m) o 1.800 pies (549 m) en caso de que haya iluminación de la línea central y zonas de toma de la pista y un mínimo de techo de nubes de 200 pies (60 m).

Categoría II

Los sistemas más avanzados de Categoría II y Categoría III permiten operaciones en visibilidad de casi cero (sin posibilidad de visión), pero requieren una certificación adicional del avión y la tripulación.

Las aproximaciones de Categoría II permiten aterrizar con una altura de decisión de 100 pies y una visibilidad de tan solo 1.200 pies (350m).

Categoría III

La Categoría III la vuela el sistema de aterrizaje automático del aparato y permite operaciones incluso sin altitudes de decisión:

- **CAT IIIa** con visibilidad mejor que 700 pies (213 m)
- **CAT IIIb** con visibilidad entre 150 pies (46 m) y 700 pies (213 m)
- **CAT IIIc** sin rango visual de la pista de aterrizaje (hasta el 2012 no se tenía ningún aeropuerto con esta certificación)

Cada aparato certificado para operaciones CAT III tiene una altitud de decisión y mínimos de visibilidad establecidos, únicos para cada certificación. Las instalaciones CAT II/III incluyen iluminación de la línea central de la pista y zona de contacto, así como otras ayudas y mejoras.

COMPONENTES

Radiobalizas



Las radiobalizas son un tipo de radioayudas VHF (75MHz), que ofrece al aviador la posibilidad de determinar su posición a lo largo de una ruta aérea establecida, en el caso del ILS, alineada con la pista de aterrizaje. Existen tres tipos distintos de radiobalizas de ayuda al aterrizaje, que dependen de su posición:

La radiobaliza exterior (OM, del inglés: outer marker), normalmente identifica el inicio de la senda de aproximación final. Se encuentra situada entre 4 y 7 millas náuticas del umbral de la pista de aterrizaje. Emite dos rayas (en código morse) por segundo, a un tono de 400 Hz, y una señal luminosa de color azul. Se utiliza esta radiobaliza para ayudar a los chequeos de altura, distancia y funcionamiento del equipamiento. Se puede combinar con un NDB para crear una Radiobaliza Exterior de Localizador (LOM, del inglés: Locator Outer Marker).



La radiobaliza intermedia (MM, del inglés: middle marker), informa al aviador que se encuentra en la senda de aproximación final de que el contacto con la pista es inminente, buscando que coincida con la altura de decisión de la CATI (unos 200 ft - 60 m). Es por tanto que a menudo se encuentra situada entre las 0,5 y 0,8 millas náuticas, dependiendo de la senda de planeo establecida en el aeropuerto. Está modulada con un tono de 1300 Hz y emite puntos y rayas (morse) alternativos. Su señal luminosa es de color ámbar.



La radiobaliza interior (IM, del inglés: inner marker), se instala en la senda de aproximación final para las categorías CATII y CATIII en la vertical del punto de corte de la misma con el plano de Altitud/Altura de Decisión (DA/H, del inglés: Decision Altitude/Height) mínima de CATII (30m), a una distancia de entre 75 y 450 metros del umbral de pista. Indica al piloto que se está a punto de cruzar el umbral de la pista y si no es capaz de visualizar ninguna referencia de la misma, deberá frustrar el aterrizaje. Produce un sonido, con una modulación de puntos a 3000 Hz, 6 por segundo. También se enciende una luz blanca. El motivo de que no se use en CATI es que la DA/H en esta categoría es de 60 metros y el piloto debe encontrarse en Condiciones Visuales (VMC, del inglés: Visual Meteorologic Conditions) antes de la "MM", con lo cual, quedaría sin función alguna.



Otros Componentes

- **Localizador (LLZ):**

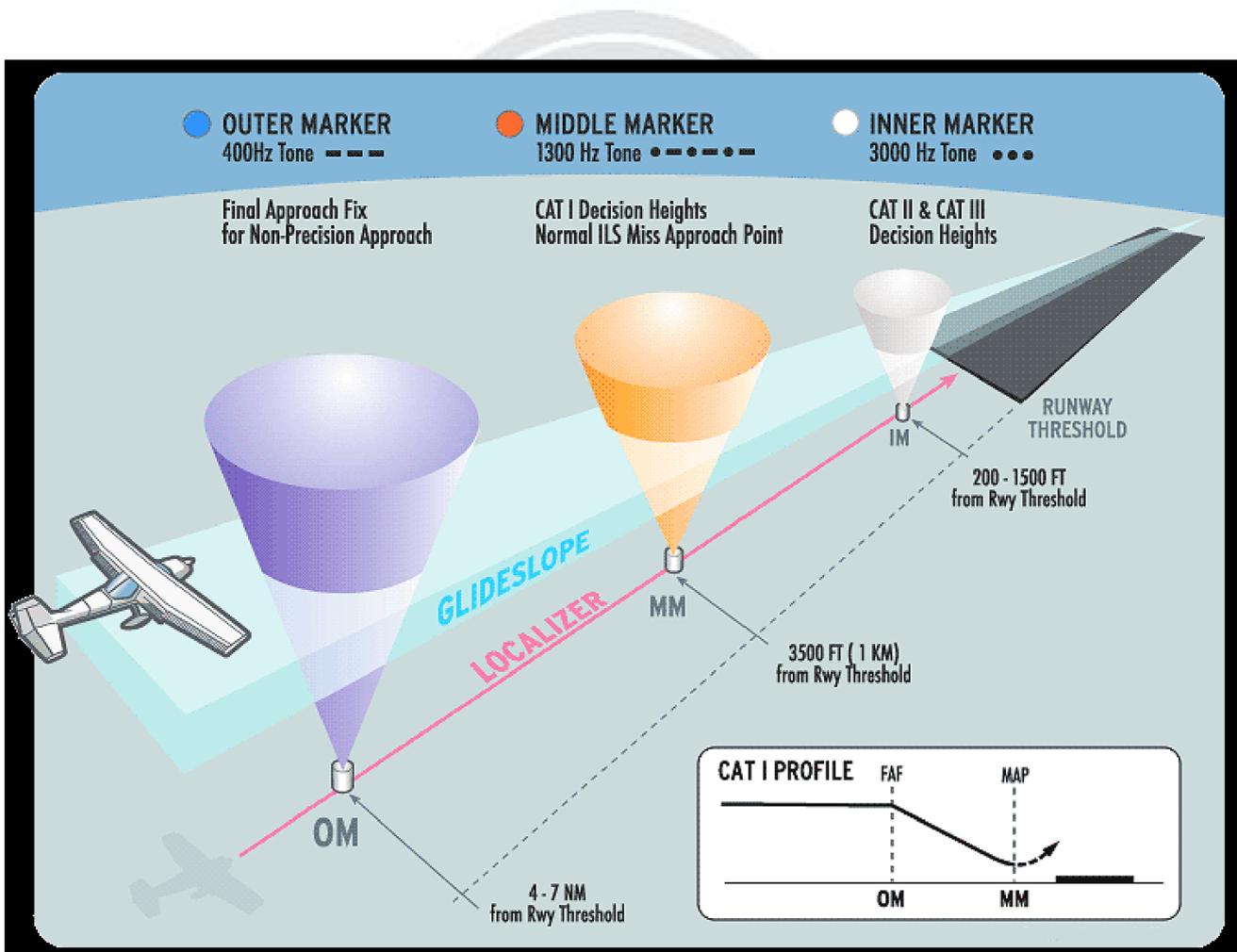
- Transmite en VHF.
- Antena aérea al final de pista.

- **Glide Path (GP):**

- Transmite en UHF.
- Frecuencia pareada con el localizador.
- Antena aérea a 300 desde el umbral y 200 del eje de pista. Abeamtouchdown point.

Marker	Code	Light
OM	- - -	BLUE
MM	• - • -	AMBER
IM	• • • •	WHITE
BC	• • • •	WHITE

- **Back Course (BC):**
 - Permitido en algunos países
 - Permite hacer aproximaciones de no precisión en la pista contraria.
- **Locator (L):**
 - Algunas instalaciones tienen un NDB de baja potencia (locator) en la OM.
- **Distance Measuring Equipment (DME):**
 - Pareado a la frecuencia del ILS
 - Suministra distancias hasta el umbral
 - Está suprimiendo a las balizas. Pueden convivir juntos.



ATPL (A)		RADIONAVEGACIÓN	
TEMA 8	ILS	01/01/2019	

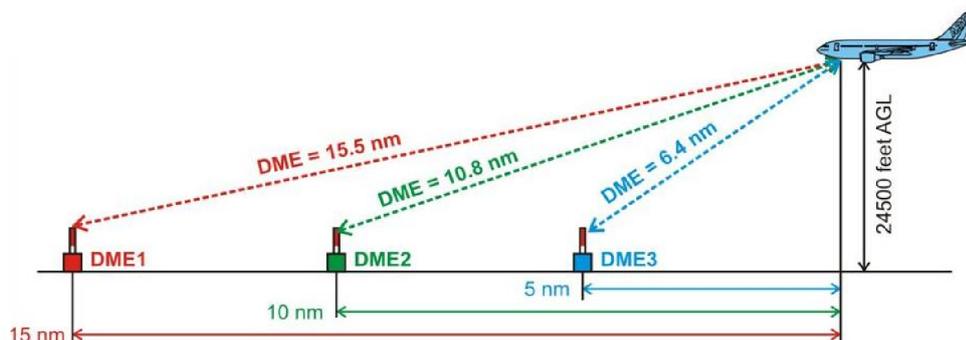
FRECUENCIAS ILS

- **Localizador (LLZ):**
 - Transmite en VHF entre 108 y 111,975 MHz decimales impares.
 - Proporciona 40 canales (Ej. 108,1 108,15 108,3 108,35 108,5 ...)
- **Glide Path (GP):**
 - Transmite en UHF entre 329,15 y 335 MHz.
 - Proporciona 40 canales (Ej. 329,15 329,30 329,45 329,6 ...)
- **Marker Beacons (radiobalizas):**
 - Transmite a 75MHz en VHF.
- **Pareado de frecuencias:**
 - Tanto el localizador como la senda se selecciona con frecuencia VHF.
 - Reduce el trabajo del piloto.
 - Reduce el error.
 - Sólo se necesita un identificador



DME EN ILS

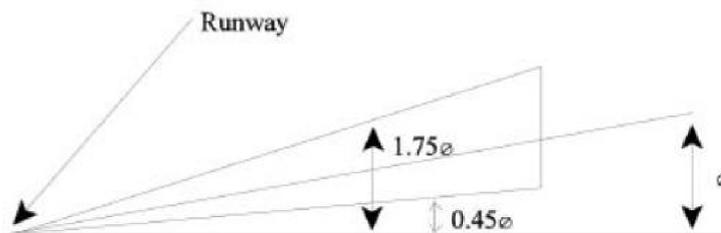
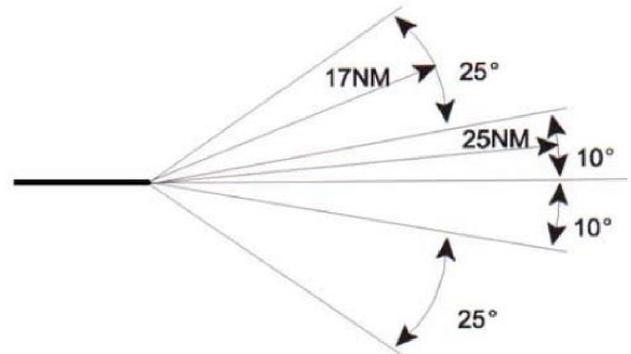
- Pareado con la frecuencia del localizador (VHF).
- Suplementa o reemplaza a radiobalizas (OM, MM, IM).
- Está referenciado a cero en el umbral de pista:
 - Técnica de corrección ya que la antena no está situada en el umbral.
 - Modificación de los 50µs.
- Sólo funciona hasta 25.000ft.
- Apto para SIDs o STARs (mayor cobertura y alcance).



COBERTURA DEL ILS

Localizador

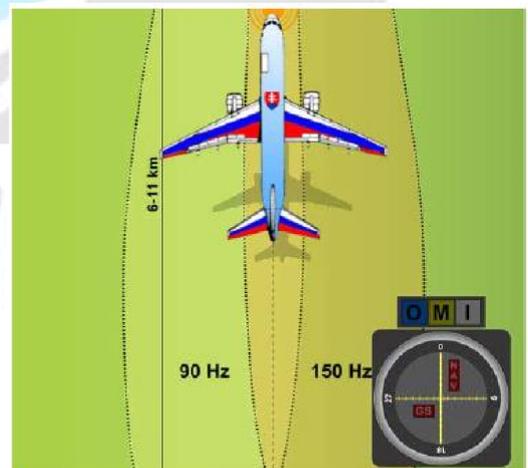
- 25 NM entre +/-10° centro de pista.
- 17 NM entre 10° y 35° centro de pista.
- A veces 10 NM fuera del sector de +/-35°.
- Estos límites pueden ser 18 NM en +/-10° y 10 NM. hasta 180° si otras ayudas nos dan cobertura segura en el área de aproximación.



(Or to such lower angle, down to 0.30φ, as required to safeguard the promulgated Glide Path Procedure).

Senda de aproximación:

- 10 NM a 8° en azimut a cada lado del eje de pista.
- Existe un mínimo de 0,3φ en casos excepcionales



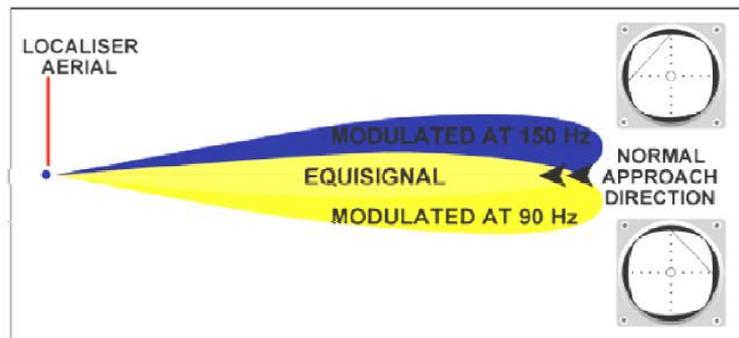
PRINCIPIO DE OPERACIÓN ILS

Localizador:

- La antena del localizador produce 2 lóbulos superpuestos sobre el eje de aproximación.
- Los lóbulos se transmiten a una única frecuencia VHF del ILS.
- Para que el receptor pueda distinguir los dos lóbulos:
 - El lóbulo derecho (sector azul) está modulado en amplitud a 150 Hz.
 - El lóbulo izquierdo (sector amarillo) está modulado en amplitud a 90 Hz.
- La profundidad de modulación aumenta contra más alejados de la línea central.

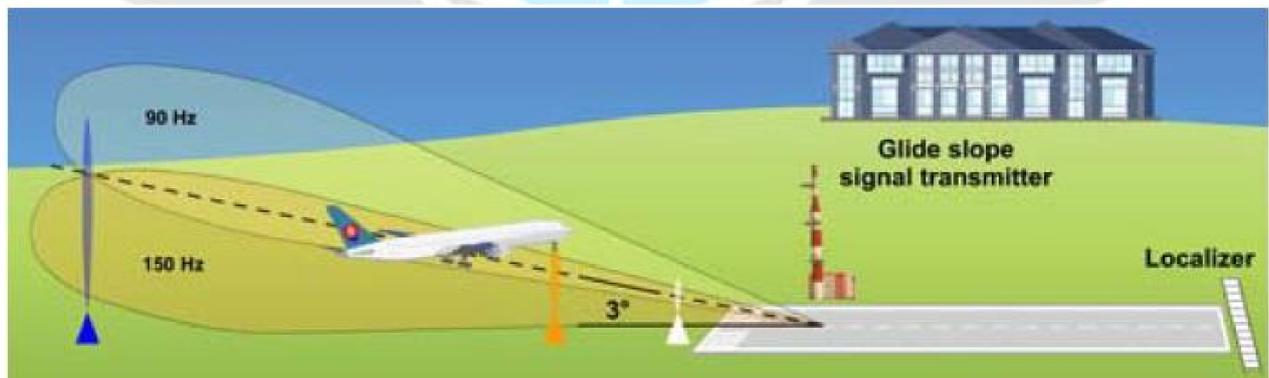
ATPL (A)		RADIONAVEGACIÓN	
TEMA 8	ILS	01/01/2019	

- Al acercarnos por la derecha recibiremos más la señal de 150 Hz que la de 90 Hz.
- La diferencia de profundidad de modulación DDM muestra el desplazamiento angular respecto a la línea central.
- DDM a cero indica equilibrio entre las dos modulaciones.
- La aguja se moverá respecto al DDM.

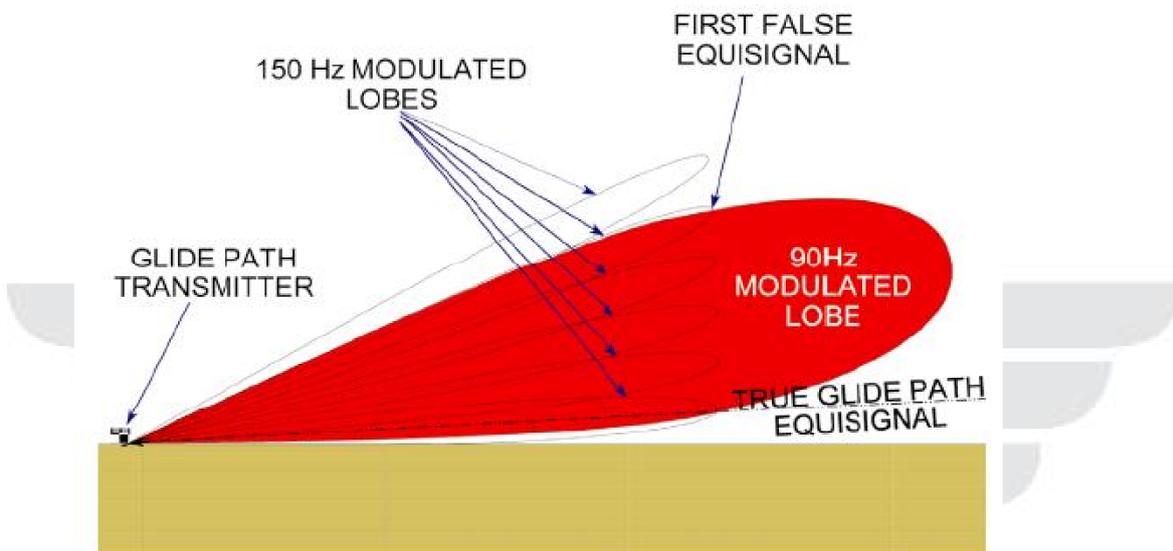
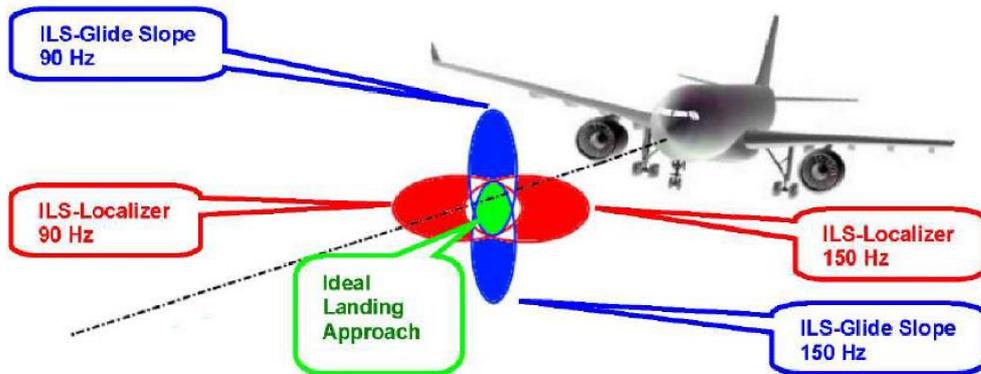


Senda:

- El transmisor de senda UHF está situado a uno de los lados de la pista aproximadamente a 200 m del eje de pista y a 300 m del umbral.
- Utiliza el mismo principio que el localizador, usando frecuencia portadora UHF.

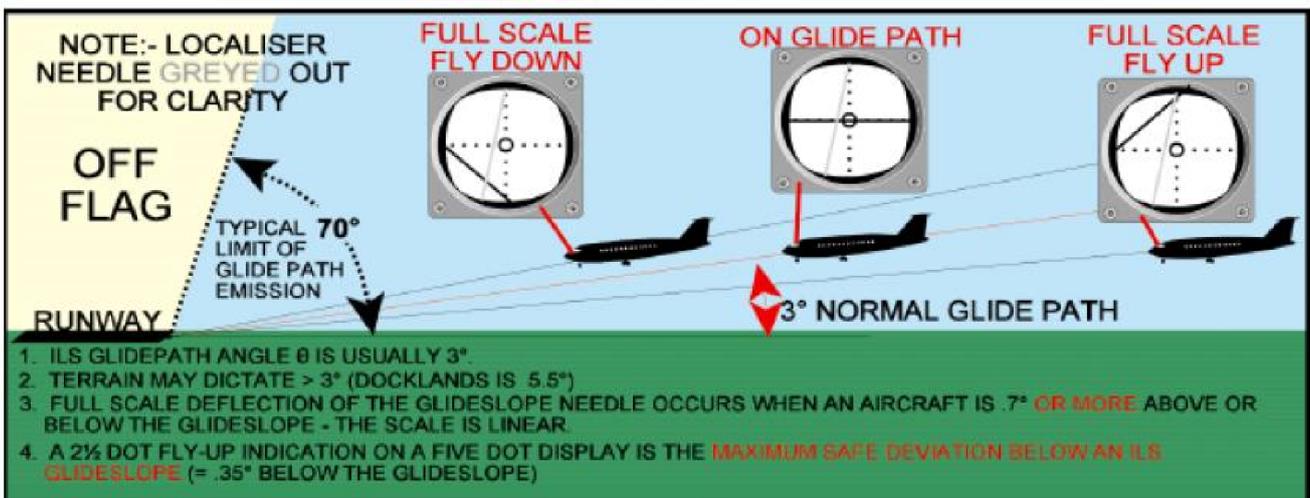
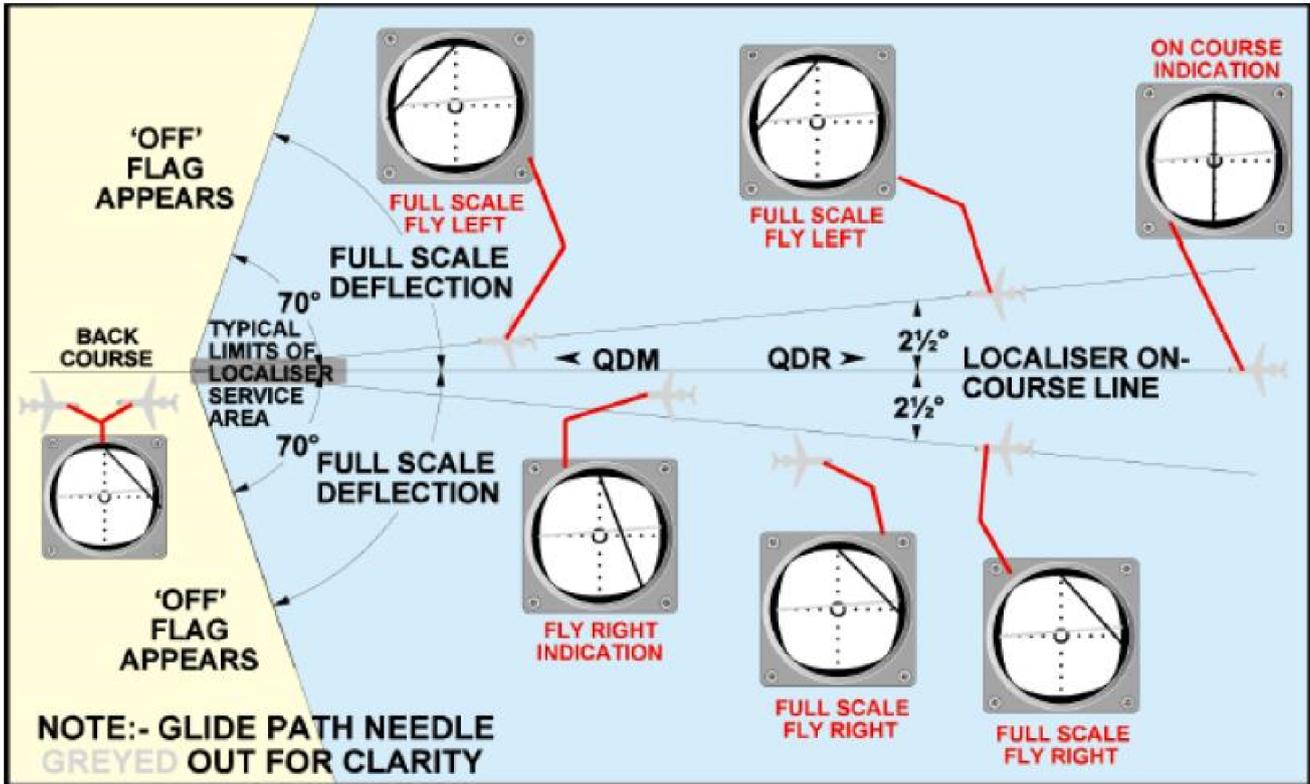


- El lóbulo superior (grande) modulado en amplitud a 90 Hz.
- El lóbulo inferior (pequeño) modulado en amplitud a 150 Hz.
- El ángulo de senda, generalmente 3° (OACI entre 2° y 4°).
- Cuando el DDM es cero, estamos en senda.



INDICACIÓN DEL ILS

- LOCALISER NEEDLE SENSE. FLYING QDM - OBEY THE NEEDLE. FLYING QDR - IGNORE THE NEEDLE
- LOCALISER NEEDLE SHOWS 1½ DOTS 'FLY LEFT'.
- LOCALISER NEEDLE 5 DOT DISPLAY. EACH DOT = ½° DISPLACEMENT FROM CENTRE LINE IN ILS MODE. (IN VOR MODE EACH DOT = 2° DISPLACEMENT)
- GLIDE PATH NEEDLE. A FULL SCALE DEFLECTION SHOWS THE AIRCRAFT .7° OR MORE ABOVE OR BELOW THE ILS GLIDE PATH. THE SCALE IS LINEAR
- GLIDE PATH NEEDLE. '2½ DOTS FLY UP' IS THE MAXIMUM SAFE DEVIATION BELOW THE GLIDESLOPE FOR A 5 DOT DISPLAY.
- THE INNER CIRCLE IS THE FIRST DOT.
- EITHER NEEDLE MOVES TO THE CENTRE AND ITS 'OFF' FLAG APPEARS WHEN:-
 a) THE AIRCRAFT IS OUTSIDE THE RADIATION PATTERN.
 b) THERE IS A TRANSMISSION FAULT.
 c) THE GROUND OR THE AIRBORNE EQUIPMENT IS SWITCHED OFF.
 d) THERE IS A FAILURE IN THE GROUND OR THE AIRBORNE EQUIPMENT.



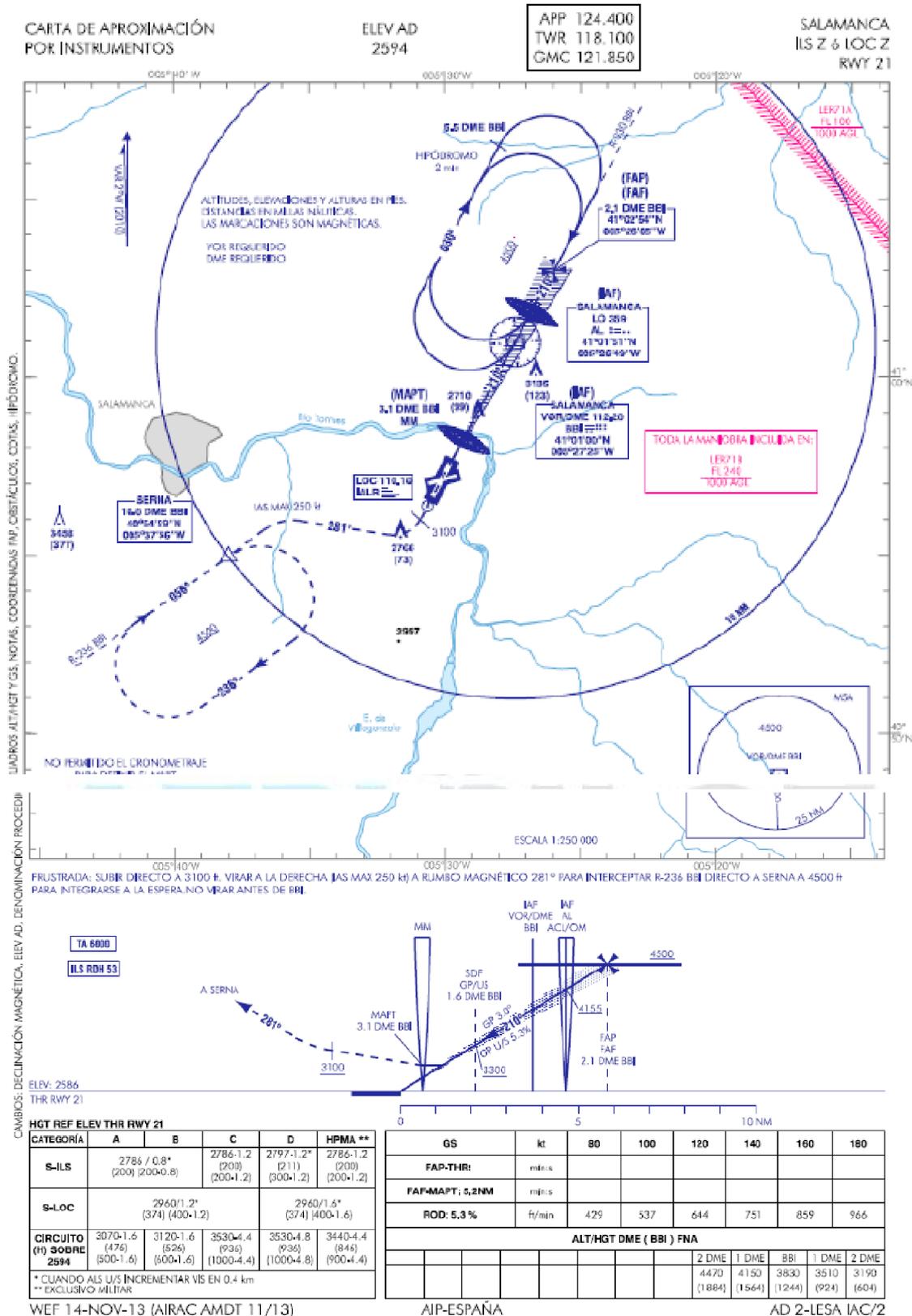
ATPL (A)		RADIONAVEGACIÓN	
TEMA 8	ILS	01/01/2019	

EXACTITUD Y ERRORES

- Categorías de Actuaciones Operacionales:
 - CATEGORÍA I
 - CATEGORÍA II
 - CATEGORÍA III A
 - DH inferior a 100' (30m) o sin DH (Altura de Decisión).
 - RVR no inferior a 200m.
 - CATEGORÍA III B
 - DH inferior a 50' (15m) o sin DH.
 - RVR inferior a 200m pero no inferior a 75m.
 - CATEGORÍA III C
 - No DH y No RVR.



FICHAS ILS



ATPL (A)		RADIONAVEGACIÓN	
TEMA 8	ILS	01/01/2019	

EJERCICIOS TIPO

- Para determinar a qué altura tendrá que iniciar un avión una senda requerida, se usa la regla del 1:60

Altura ft = ángulo de descenso x distancia NM x 6074 / 60

- Para determinar a qué régimen de descenso (ROD) utilizando la regla del 1:60

ROD = ángulo de descenso / 60 x 6074 x GS/60

- Como que el ángulo suele ser 3°, podríamos aplicar siempre esta regla.

ROD = 3 / 60 x 6074 x GS/60

The outer marker of an ILS with a 3° glide slope is situated 4,6 NM from the threshold. Assuming a glide slope height of 50 ft above the threshold, the approximate height of an aircraft passing the outer marker is:

- A) 1400 ft
- B) 1450 ft
- C) 1350 ft
- D) 1300 ft

1:60 method (approximation):

$Height = (glideslope\ in\ ^\circ \times 6080 \times distance\ in\ NM) \div 60$

$Height = (3^\circ \times 6080 \times 4,6\ NM) \div 60$

$Height = 1398\ ft$

The rate of descent required to maintain a 3,25° glide slope at a ground speed of 110 kts is approximately:

- A) 850 ft/min.
- B) 770 ft/min.
- C) 600 ft/min.
- D) 700 ft/min.

1:60 rule (approximation):

$ROD = (glideslope\ in\ ^\circ \times GS \times 100) \div 60$

$ROD = (3,25^\circ \times 110\ kts \times 100) \div 60$

$ROD = 596\ ft/min$