

Directores de vuelo

Ing. Jorge Garcia (jgarcia@efn.uncor.edu)

30 de julio de 2016

Índice

1. Finalidad y operación

Estos sistemas tienen como finalidad dirigir al piloto para que este efectúe en forma correcta las maniobras de vuelo según el modo de operación elegido, además cumple las funciones básicas de indicación de actitud y rumbo.

Existen diferentes tipos de directores de vuelo en cuanto a la forma de indicación y selección de modos pero cumplen la misma función.

2. Componentes de cabina

2.1. Indicador y Director de Actitud

El ADI (Attitude Director Indicator) posee una esfera indicadora de actitud y punteros de mando (lateral y vertical), que dan al piloto la información requerida para interceptar y mantener una determinada senda de vuelo que, junto con sus demás componentes, son:

- **Esfera de actitud:** parte móvil donde está simbolizado el horizonte terrestre, sus movimientos con respecto a un avión simbólico fijo, indican la actitud en alabeo y cabeceo de la aeronave.
- **Avión simbólico en miniatura:** símbolo fijo al centro del instrumento y con respecto a su centro dan su indicación las barras de mando, además de cumplir la función indicada en el punto anterior.
- **Índice de actitud en alabeo:** se mueve con la esfera indicando exactamente las gradas en esta actitud.
- **Barras de mando:** su función es dirigir al piloto para interceptar y mantener una predeterminada senda de vuelo con la condición de “volar” el pequeño avión simbólico hacia las barras de comando y tratar de mantener el centro de este en la intersección de las barras. La barra de mando vertical comanda las actitudes a tomar en alabeo y la horizontal en cabeceo. Dado que el “avión” es fijo, al tomar la actitud correcta las barras que son móviles se posicionarán en el centro de este símbolo.

imagenes/adi.png

Figura 1: Imagen de ADI (gentileza Sperry)

- **Escala de senda de planeo:** el índice muestra la desviación del avión del centro del haz de senda de planeo (Glide Slope) cuando es sintonizada la frecuencia del ILS y la señal recibida es válida. Si el avión está volando por debajo del haz, el índice se ubicará en la parte de arriba de la escala. Una indicación al punto del índice representa, aproximadamente, una desviación de $0,4^\circ$ respecto de la línea de control del haz.
- **Barra de radio altura:** con el sistema de radioaltímetro en funcionamiento, esta barra aparece a la vista a los 61 m de altura respecto al terreno, moviéndose hacia el avión en miniatura según se desciende

- **Localizador expandido:** provee de una muy sensible indicación de la posición del avión respecto a la línea central del localizador, siendo utilizado en la aproximación final, dada su sensibilidad.
- **Inclinómetro:** suministra al piloto una indicación convencional de los deslizamientos y derrapes del avión. Al mantener la esfera indicadora centrada, se aseguran maniobras coordinadas.
- **Perilla de ajuste de actitud de cabeceo:** permite posicionar la barra horizontal para que esta comande una determinada actitud de cabeceo durante una picada o trepada.
- **Pulsador de prueba de actitud:** opera como una autoprueba del indicador de actitud. Cuando es pulsada la esfera se posiciona arrastrando un alabeo de 20° a la derecha y un cabeceo de 10° en trepada, apareciendo en este caso una bandera de advertencia de actitud errónea.
- **Llave de erección rápida del giróscopo:** no se encuentra sobre el instrumento, ubicándose en el tablero. Cuando esta, que es cargada a resorte, es pulsada y mantenida, permite la erección del giróscopo a una velocidad, aproximada, de $2^\circ/\text{minuto}$, cuando este gire a su máxima velocidad. Esta llave debe ser accionada cuando el avión se encuentra nivelado, y se utiliza en caso de que el giróscopo haya salido de su plano de referencia, como puede ocurrir por haberse tomado actitudes que superan las posibilidades del sistema.

2.2. Indicador de Situación Horizontal

El HSI (Horizontal Situation Indicator) provee además de la indicación de rumbo del avión una indicación pictográfica que representa la posición del avión respecto a un localizador VOR, y una indicación de la posición del avión respecto a la senda de planeo.

La descripción de cada uno de sus componentes:

- **Símbolo del avión:** se encuentra fijo e indica la posición de la aeronave respecto a un curso de radio y a un cuadrante móvil indicador del rumbo. Esta fijado al vidrio del instrumento.
- **Cuadrante rotante de rumbo:** provee una información de un compás magnético giroscópico, girando según los rumbos tomados por la aeronave a través de los 360° .
- **Índice principal de rumbo:** es fijo y marca sobre el cuadrante el rumbo del avión.
- **Marcas de azimut:** se encuentran fijas a una diferencia de 45° a través de los 360°
- **Índice y perilla de rumbo selectado:** por medio de la perilla se posiciona el índice en la carta al rumbo deseado. La diferencia angular entre el rumbo del avión y el preseleccionado
- **Puntero y perilla de curso:** este se posiciona en el cuadrante de rumbo por medio de la perilla de curso de manera que coincida con el radial de VOR o curso de localizador deseado. Igual que el índice de rumbo selectado, el puntero de curso es posicionado sin afectar la indicación del cuadrante de rumbo, pero al girar este lo hace de igual forma. El puntero provee en forma continua la información del error de curso al piloto y a la computadora del sistema, de manera que cuando es selectado un modo de radio, la barra vertical en el ADI dirige al piloto para que controle los comandos y asuma las actitudes de alabeo que lo llevarán a interceptar y mantener el curso de radio selectado, todo esto con la condición de mantener la barra vertical en el ADI centralizada.

imagenes/hsi.png

Figura 2: Imagen HSI (gentileza Sperry)

- **Barra de desviación de curso:** representa la línea central del curso selectado de VOR o localizador, el símbolo del avión muestra la posición relativa del mismo respecto al curso selectado. Esta barra se mueve paralelamente al puntero de curso según la señal de radio recibida.
- **Puntos de desviación de curso:** en la operación de VOR, cada punto representa 5° de desviación de la línea central y en ILS, es 1° .
- **Indicador de “*hacia-de*”:** son dos banderas que aparecen, una por vez e indicando si se está alejando de la estación “*de*” o si se va hacia ella “*hacia*”.

- **Disco móvil de curso:** es el sostén físico del puntero de curso, barra de desviación de curso, indicador de “*hacia-de*”, y puntos de desviación de curso. Este disco gira por medio de la perilla de curso, arrastrando los elementos sostenidos en él. Está pintado de manera que se confunde con el cuadrante de rumbo, dado que no es un elemento indicador.
- **Índice y puntos de desviación de senda de planeo:** repite la información de desviación de senda de planeo dada por el ADI. El índice se muestra al sintonizar una frecuencia de localizador. Cuando el avión se encuentra por debajo de la senda de planeo, el índice se encuentra en la parte de arriba de la escala. Cada punto representa 0,4° de desplazamiento.
- **Anunciador de sincronismo:** es una marca de punto (.) o cruz (x) que aparece en una pequeña ventanilla indicando el sentido del error del rumbo indicado por el cuadrante de rumbo respecto al verdadero rumbo magnético del avión. Cuando el rumbo indicado es el verdadero las marcas de punto y cruz aparecerán alternativamente en la ventanilla indicando el sincronismo entre el cuadrante de rumbo y el sistema giroscópico autocorregido.
- **Llave de “esclavo - libre”:** no se encuentra en el HSI, siendo ubicada en un lugar conveniente en el tablero y se selecta por medio de ella el modo de trabajo del compás giroscópico (libre o esclavizado según el rumbo magnético).
- **Llave de incremento (INC) - decremento (DEC):** no se encuentra en el HSI, ubicándose cerca de la llave de “esclavo - libre”. Con esta se posiciona el cuadrante de rumbo para obtener la sincronización del sistema en el modo “esclavo” y para modificar el rumbo indicado en el modo “libre”.

2.3. Control - Computador

Este elemento combina los datos de rumbo, actitud, altitud y receptor de navegación en señales computadas que comandarán las barras directoras del ADI. Contiene en su frente los botones por medio de los cuales se seleccionan el o los modos de operación deseados.

Los modos que se encuentran en operación son enunciados al iluminarse el botón correspondiente.

3. Modos de operación

Este sistema utiliza los datos de VOR-Localizadores y de Senda de Planeo, proporcionados por los receptores de navegación corrientes. Utiliza también datos de altitud de un sensor de altura barométrico propio (además del de sistema de radio-altímetro), datos de rumbo desde un giróscopo direccional y de actitud desde un giróscopo vertical, elementos estos que pertenecen al mismo sistema. Todas estas informaciones son computadas siendo finalmente enviado su resultado a comandar las barras directoras del sistema para guiar al piloto en las maniobras que debe efectuar, para mantener o tomar la senda de vuelo selectada, tanto para la navegación como para la aproximación de aterrizaje. Los modos de operación que puede seleccionar el piloto son los siguientes:

SBY	Preparado	GO AROUND	Escape
ALT	Mantenimiento de altura	PAT	Ajuste de actitud en cabeceo
HDB	Rumbo selectado	V/L	VOR - Localizador
GS ARM	Armado Pendiente de Planeo	GS	Pendiente de Planeo
GS EXT		REV	Curso opuesto



Figura 3: Imagen Control-computador (gentileza Sperry)

3.1. Modo Preparado (SBY)

Mediante el mismo el sistema es puesto en condiciones de operar cuando sea requerido y encontrándose las barras del ADI fuera de la vista, operando éste como un indicador de referencia de actitud. Este sistema está energizado si lo está el sistema de corriente alterna del avión, por lo tanto permite la selección de cualquier modo siempre que las banderas de precaución respectivas se encuentren fuera de la vista.

Se selecciona el moto SBY presionando la tecla correspondiente en tablero, al seleccionarla se iluminan los demás modos como prueba de lámparas y al soltarlo solo SBY queda iluminado.

Al seleccionarse otro modo las barras directoras responden a las salidas de la computadora, luego el piloto debe “volar” el avión en miniatura del ADI hacia las barras directoras e interceptarlas. Al mantener esta condición serán efectuadas las maniobras necesarias para interceptar y/o mantener un curso deseado.

3.2. Modo Ajuste Actitud de Cabeceo (Pitch Attitude Trim, PAT)

Permite seleccionar un ángulo de trepada o descenso por medio de la perilla de ajuste de ajuste de actitud de cabeceo, que se encuentra en el frente y en el extremo inferior izquierdo del ADI (Figura ??, Pitch attitude trim knob).

Al presionar PAT, debe mantenerse encendida la luz de dicho modo para que se confirme el mismo, la barra de comando de cabeceo del ADI se ubica de manera que el piloto tome la actitud de cabeceo deseada.

El modo PAT puede ser utilizado con cualquier otro modo de control de alabeo (p.e. el HDG) pero

resulta incompatible con otros modos de cabeceo (p.e. GO AROUND, ALT).

Si la señal de cabeceo se torna inválida, la barra de comando saldrá de vista y el botón del modo permanecerá iluminado.

3.3. Modo Rumbo Selectado (Heading HDG)

Se utiliza para interceptar y mantener un rumbo de vuelo deseado. Al presionar HDG se debe iluminar el botón, confirmando la operación del mismo. Si el modo resultara no válido, la barra de comando de alabeo saldrá de vista pero el botón continuará iluminado.

Utilizando la perilla de rumbo selectado ubicada en el HSI (Figura ??, Heading knob), se posiciona el índice de rumbo selectado en el rumbo deseado (Figura ??, Heading bug). Este debe ser menor a 170° respecto al rumbo actual de la aeronave.

La computadora controlará los movimientos de la barra de alabeo en el ADI a fin de dirigir al piloto para corregir el alabeo del avión de forma de interceptar el curso elegido sin sobrepasamiento.

Para prevenir actitudes extremas, la computadora limita los ángulos de alabeo a un máximo de 30° . Si el modo HDG es selectado desde el modo SBY, en el ADI sólo aparecerá la barra de alabeo. Si el modo es selectado con el modo PAT o ALT, aparecerá además la barra de cabeceo.

3.4. Modo mantenimiento de altura (ALT)

Brinda la posibilidad de mantener una altura barométrica deseada, la cual será la presente al momento de seleccionar este modo.

Entonces, se nivela la aeronave a la altura deseada y se oprime el modo ALT, confirmándose su operación por permanecer el botón iluminado.

La computadora brindará la información necesaria para posicionar la barra de cabeceo en el ADI, de forma de que el piloto tome las actitudes necesarias para mantener la altitud barométrica deseada.

Para prevenir acciones extremas, el comando del ángulo de cabeceo está limitado a $\mp 10^\circ$.

En caso de algún mal funcionamiento, la barra directora de cabeceo en el ADI saldrá de vista y la luz de ALT se apagará en el teclado.

Además, a los efectos de proteger el elemento sensor de altura, el modo se cancelará al producirse un cambio sustancial respecto a la altura selectada, desapareciendo la barra de control de cabeceo. Por ejemplo, al desviarse a nivel del mar en ∓ 400 pies (120 m) o en ∓ 1200 pies (360 m) a 40000 pies (12000 m) de altura.

3.5. Modo Escape (GO AROUND)

Este modo cancela todos los otros modos y provee un comando de trepada prefijado, juntamente con un comando de nivelación de las alas.

El modo GO AROUND se selecta presionando el botón correspondiente sobre el teclado de la computadora o mediante un botón en el volante de mando.

En ocasión de una aproximación fallida, se selecta este modo indicando las barras del ADI la actitud a tomar.

Si el giróscopo vertical asociado al sistema entrega datos incorrectos o no válidos, las barras en el ADI salen de la vista mientras que el botón GO AROUND permanecerá iluminado.

3.6. Modo VOR - Localizador (V/L)

Permite mediante la barra de alabeo del ADI, interceptar y mantener un rumbo deseado, operación que se efectuará suavemente limitando la computadora los ángulos de alabeo a $\mp 30^\circ$.

3.7. Armado Pendiente de Planeo

Por medio de este modo se prepara al sistema para la captura automática del haz de pendiente de planeo cuando el avión se aproxime al centro del haz de pendiente de planeo desde abajo de éste, si el avión se encuentra por arriba la luz del botón GS-ARM se apagará y la computadora activará automáticamente el modo GS.

3.8. Pendiente de Planeo

Permite al piloto efectuar la captura de la pendiente de planeo desde arriba o abajo del haz. La barra de mando de cabeceo mostrará la actitud a tomar, se encuentre el avión arriba o abajo de la pendiente de planeo. La computadora limita los ángulos de cabeceo a $\mp 10^\circ$ aproximadamente. La barra de mando de alabeo permitirá mantener la línea central del localizador.

3.9. Modo anunciador ampliación de indicación en pendiente de planeo (GS EXT)

Provee un ajuste automático de ganancia para compensar el estrechamiento del haz de pendiente de planeo, éste modo es enganchado automáticamente al detectarse el marcador medio o a los 250 pies (76,2 m) de altura.

3.10. Modo Curso Opuesto (REV)

Este modo da la posibilidad de volar el curso de localizador opuesto.

4. Incorporación del sistema de radioaltímetro

El radioaltímetro provee una indicación de altura absoluta en un indicador, pero además se interconecta con el director de vuelo a los fines de manejar la barra de radioaltura en el ADI.

Cuando el sistema de radioaltímetro funciona, la barra de radioaltura aparece a la vista en la parte inferior del instrumento a los 61 (sesenta y un) metros y, a medida que el avión se acerca a tierra, esta barra sube simulando el acercamiento de la aeronave a tierra mediante el acercamiento relativo del avión miniatura del ADI a la barra en miniatura que simula el terreno.

Al tocar tierra la aeronave, la barra de altura del instrumento toca la parte inferior del avión simbólico del ADI.

El sistema de radioaltímetro está compuesto por dos (2) antenas, una transmisora y otra receptora, un transceptor y un indicador. Su principio de funcionamiento se basa en la emisión de ondas de UHF, moduladas en frecuencia, por la antena transmisora, las cuales son reflejadas por la superficie terrestre y receptadas por la segunda antena. La diferencia de frecuencia entre las ondas emitidas y las reflejadas es representativa de la altura a la cual se encuentra la aeronave del suelo, y es indicada en el instrumento.

En otros sistemas se utiliza la modulación de pulsos.