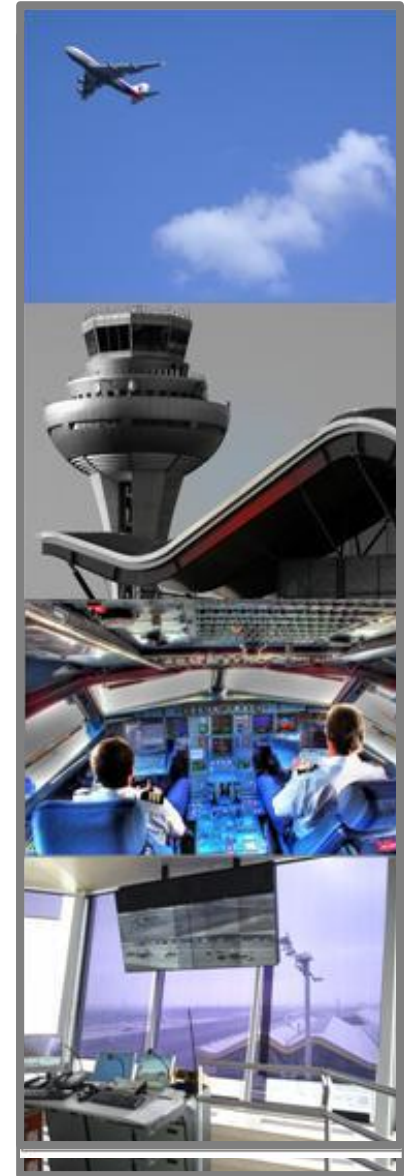


Navegación NDB/ADF



Radiogoniometría

Para la aplicación de esta técnica se requiere una fuente de ondas electromagnéticas (transmisor) y un receptor. El receptor debe tener un conjunto de antenas capaz de captar, con el proceso que sea preciso, el sentido de procedencia de la energía electromagnética EEM emitida.

Dependiendo de la posición del transmisor y receptor los equipos reciben las siguientes denominaciones:

- ❑ TX en tierra NDB (Non Directional Beacon) y RX en la aeronave ADF (Automatic Directional Finder). En este caso se utiliza EEM de baja y media frecuencia.
- ❑ TX en la aeronave (equipo comunicaciones VHF) y RX en tierra VDF (VHF Directional Finder). En este caso se utiliza EEM en la banda VHF con longitudes de onda en el entorno de los metros.

Características NDB

- Cobertura: Intensidad de campo mínimo $70 \mu\text{V/m}$.
- Radiofrecuencia: 190 – 1750 KHz.
- Identificación: Mínimo 1 vez/30s (ruta). 3 veces/30s (Aproximación).
- Moduladora para Identificación: 1.020 Hz

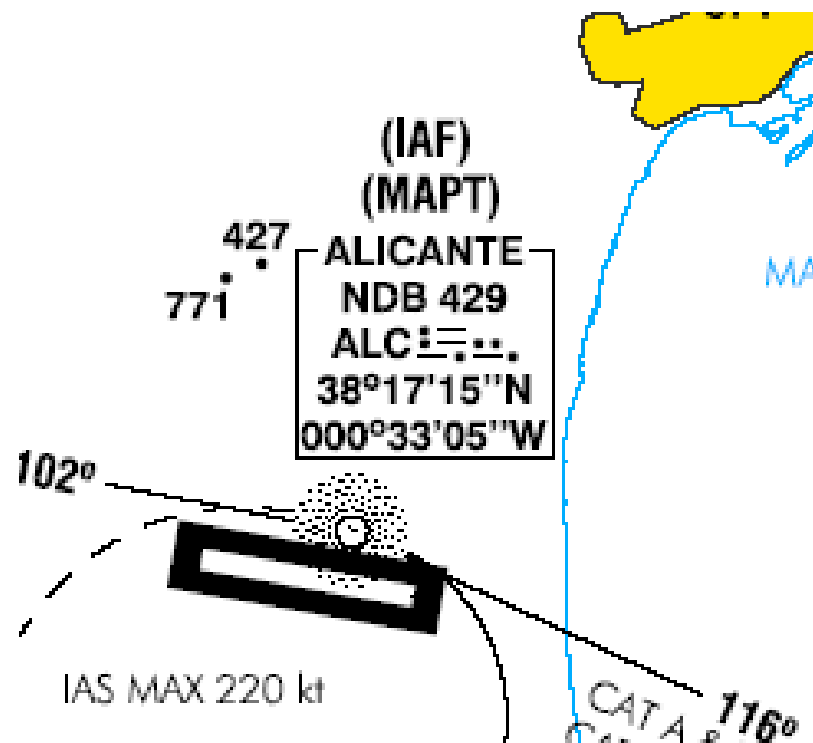
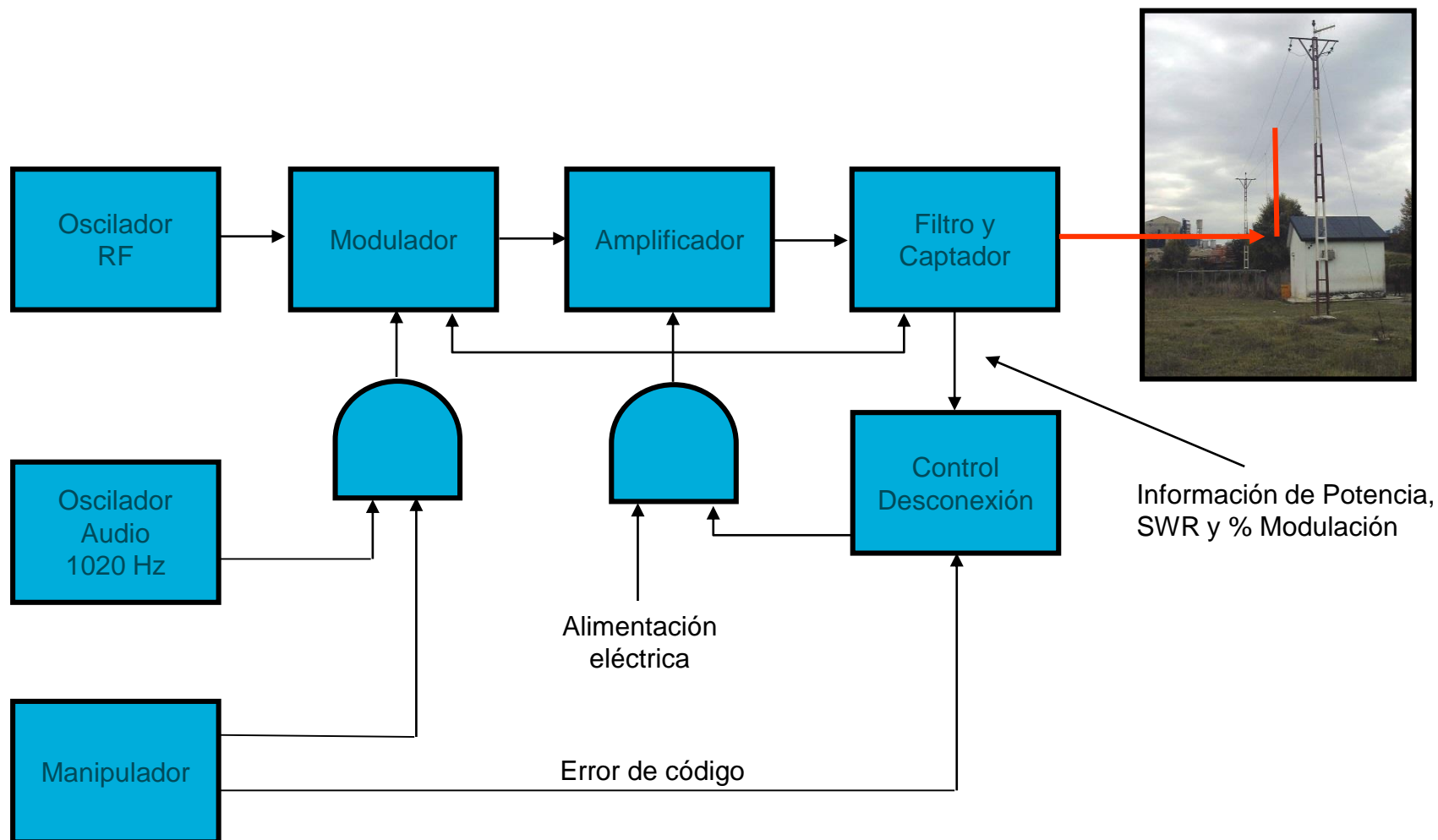
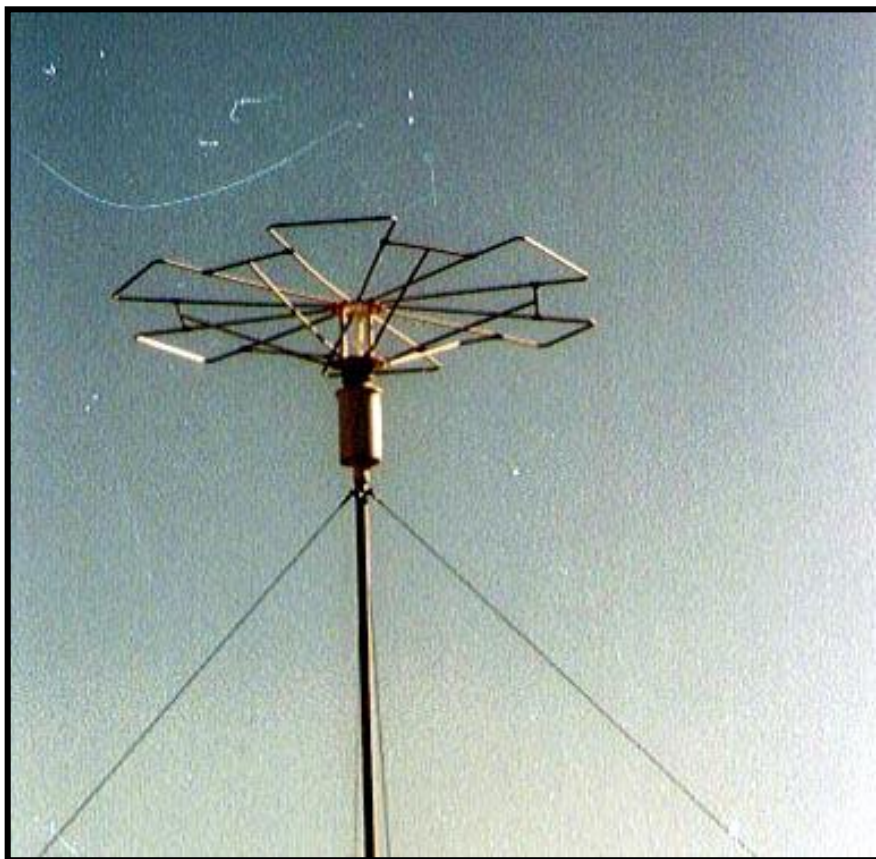


Diagrama de bloques NDB



Instalación NDB



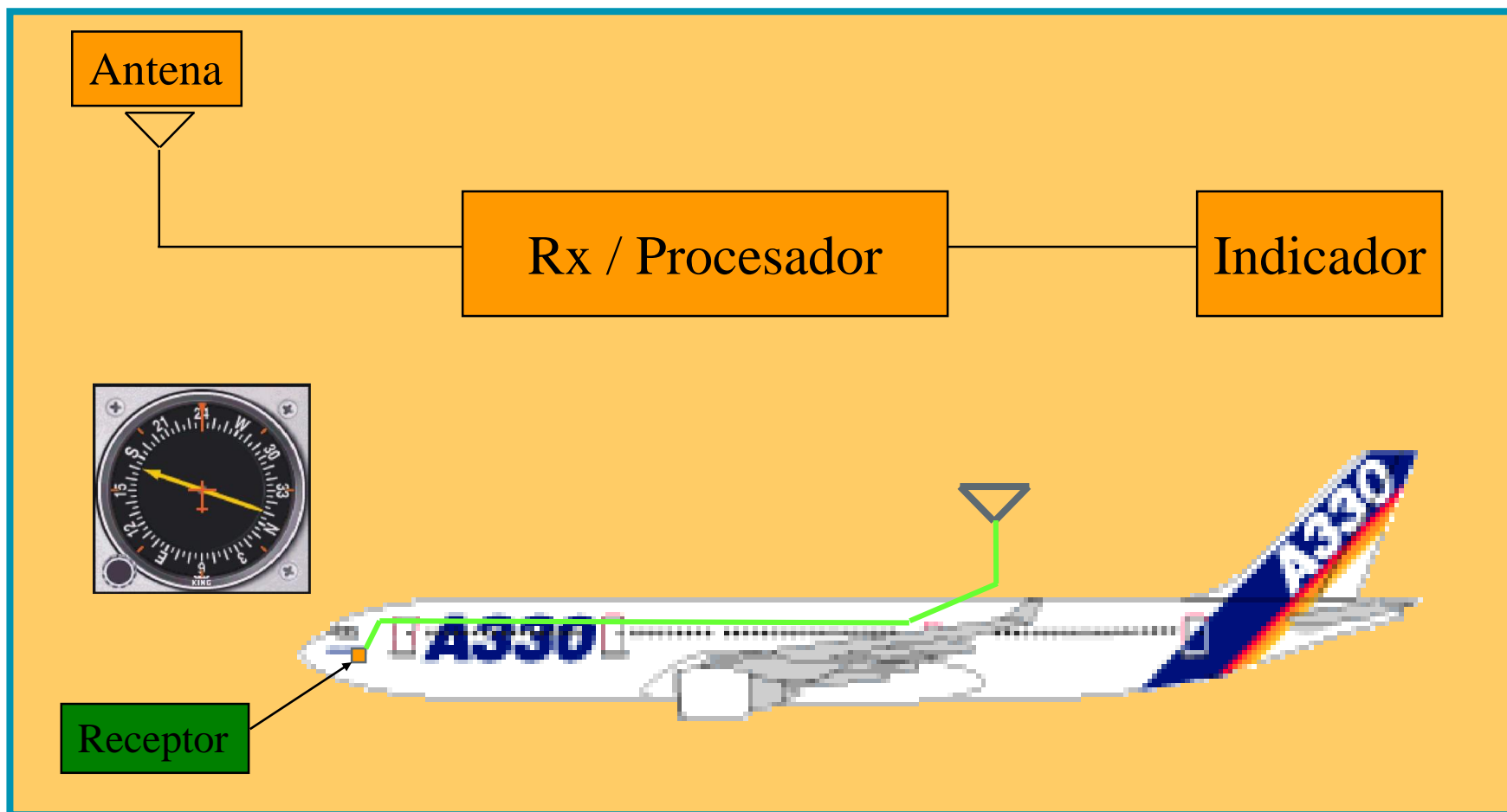
Elemento radiante



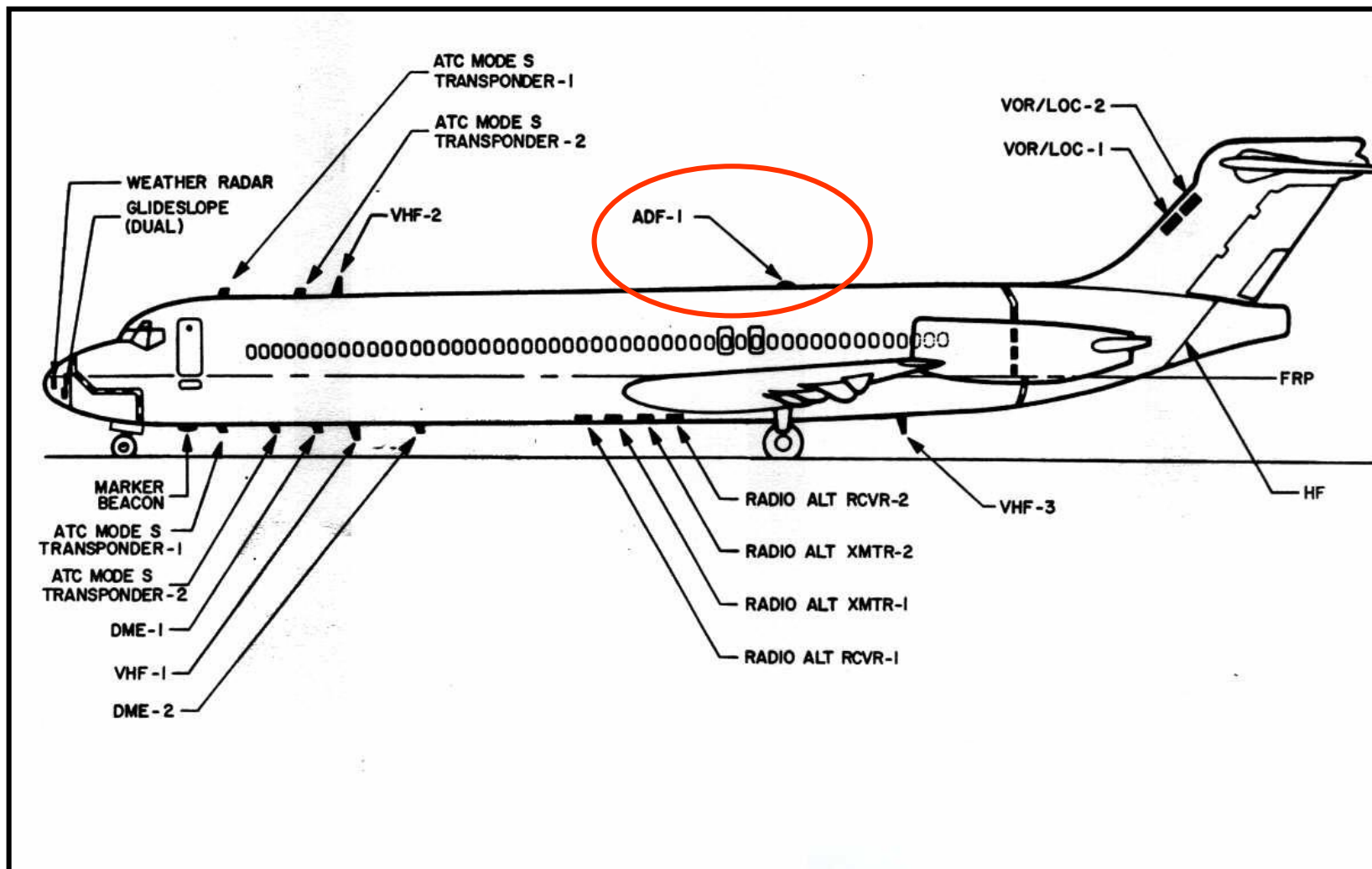
Instalación NDB



Instalación a Bordo



Situación Antena ADF



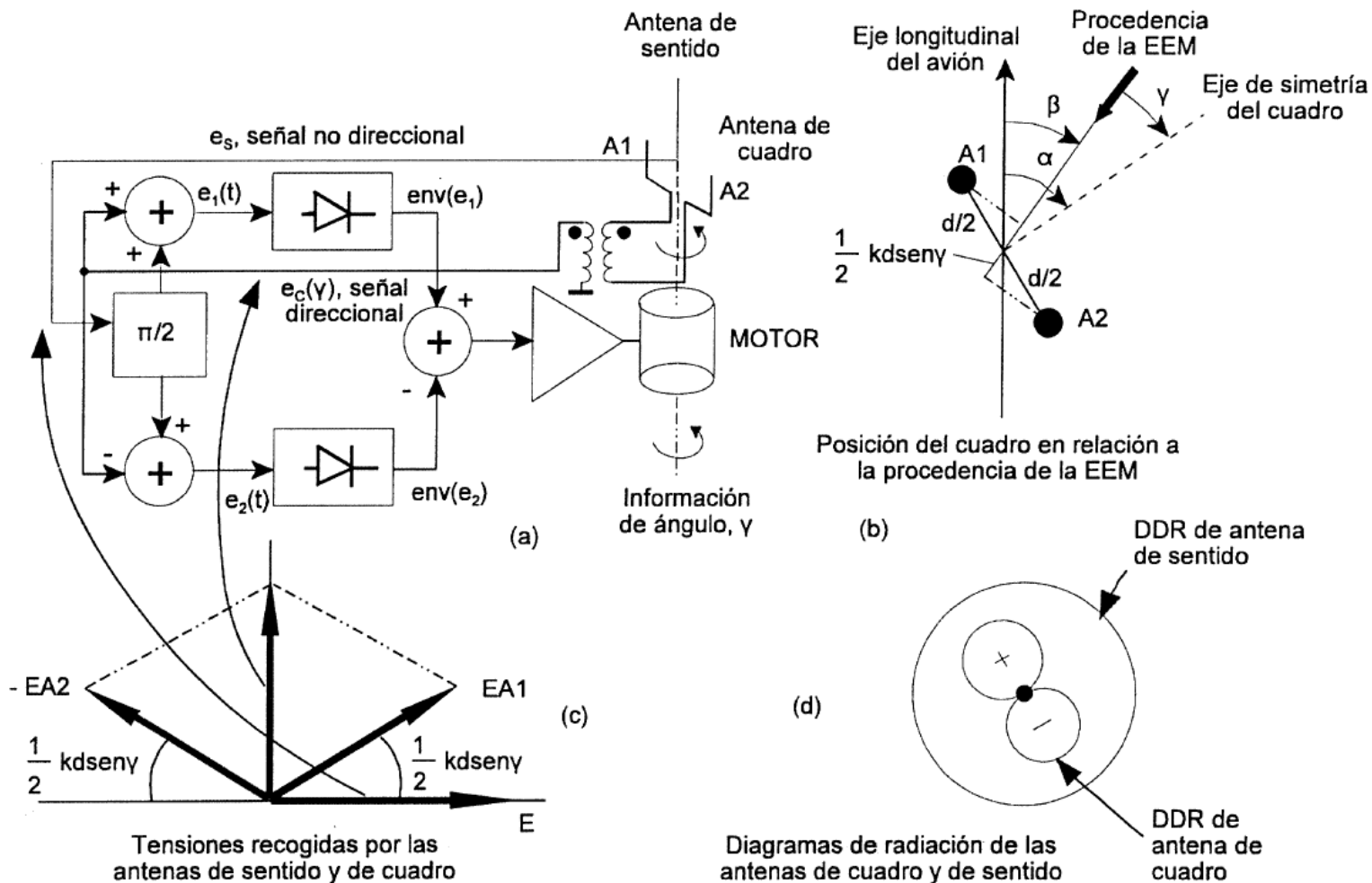
Técnicas de determinación del sentido de la EEM

Dependiendo del tipo de antena empleada existen tres técnicas:

1. Antena de cuadro y antena de sentido.
2. Doble antena de cuadro ortogonal

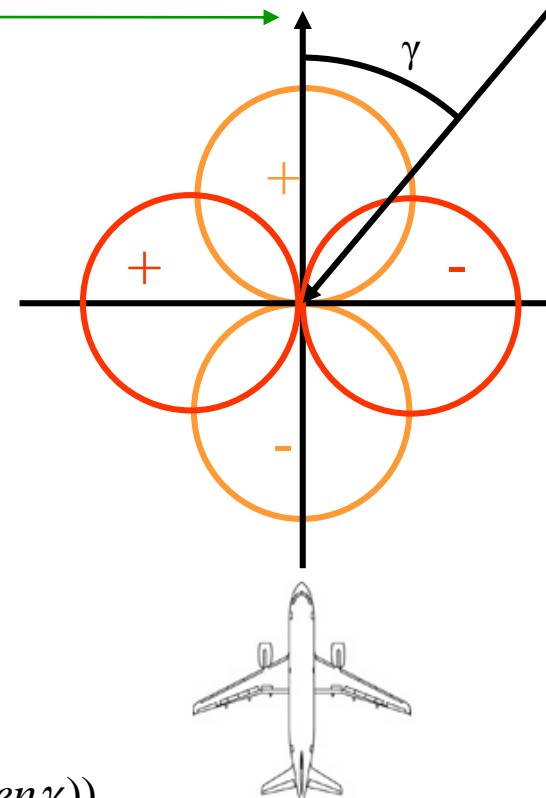
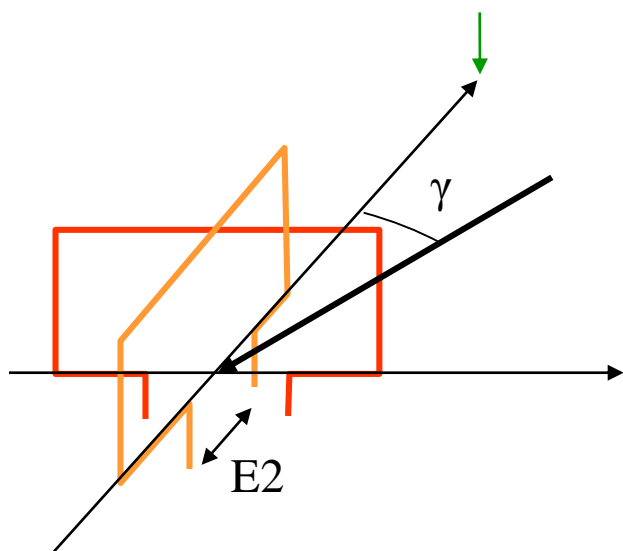
{	• Con giro del conjunto de antenas.
	• Utilizando un goniómetro mecánico y antenas fijas.
	• Electrónicamente.
3. Antena maestra y anillo de esclavas (efecto Doppler)

Receptor ADF: Antena de cuadro y de sentido



Receptor ADF: Doble antena de cuadro fija

Eje longitudinal de la aeronave



$$d \ll \lambda$$

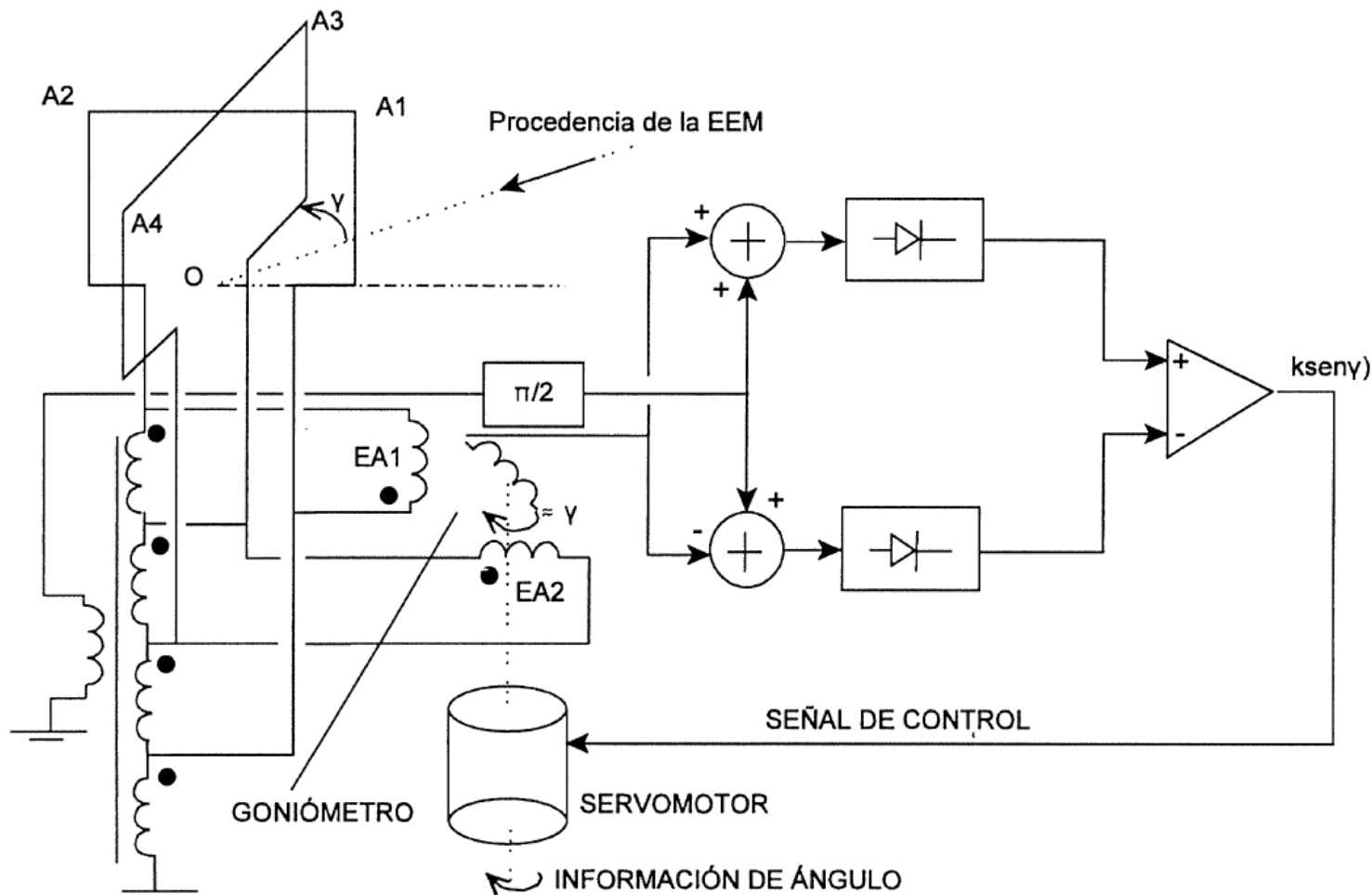
$$E1 = \Re(2Ee^{j\omega t + \frac{\pi}{2}} \text{sen}(\frac{kd}{2} \text{sen} \gamma))$$

$$E2 = \Re(2Ee^{j\omega t + \frac{\pi}{2}} \text{sen}(\frac{kd}{2} \cos \gamma))$$

$$E1 = kdE \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \text{sen} \gamma$$

$$E2 = kdE \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \cos \gamma$$

Receptor ADF: Doble antena de cuadro y goniómetro



Receptor ADF: Determinación electrónica de β

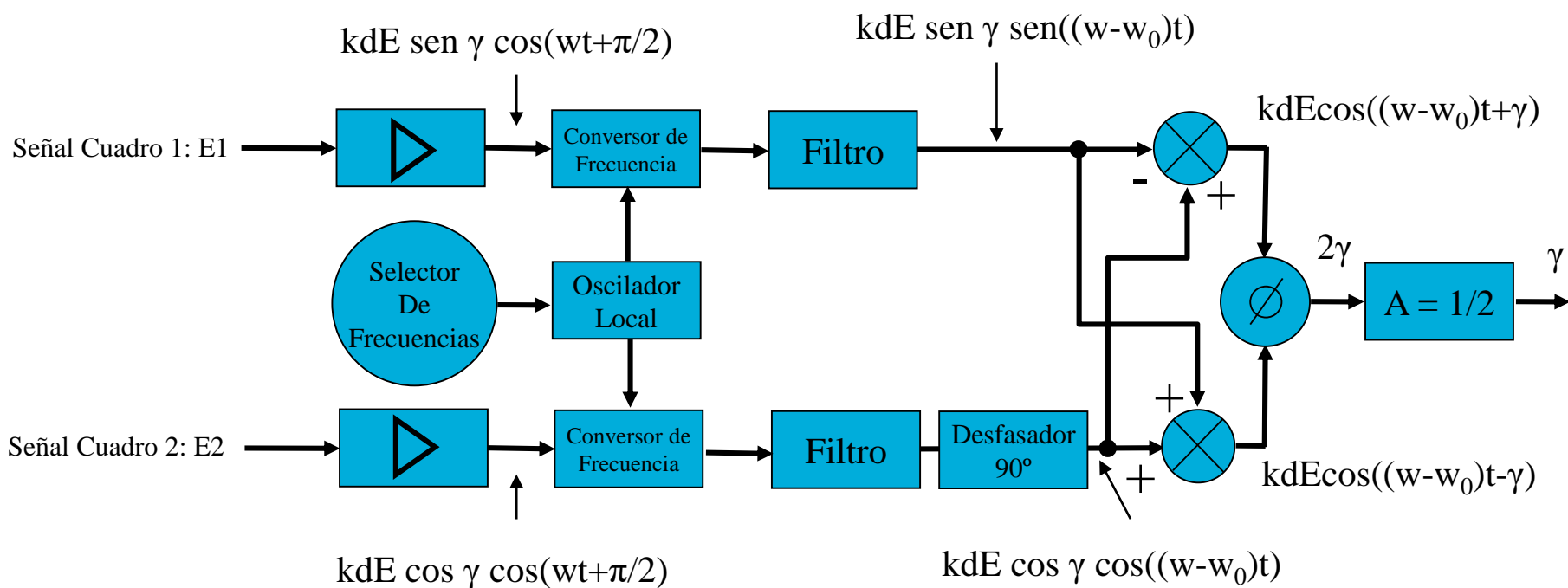
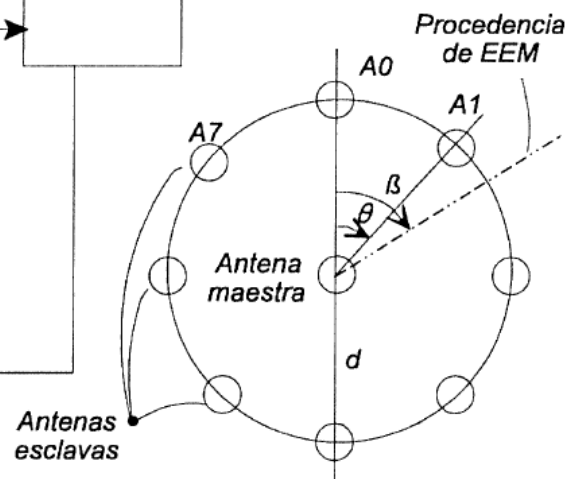
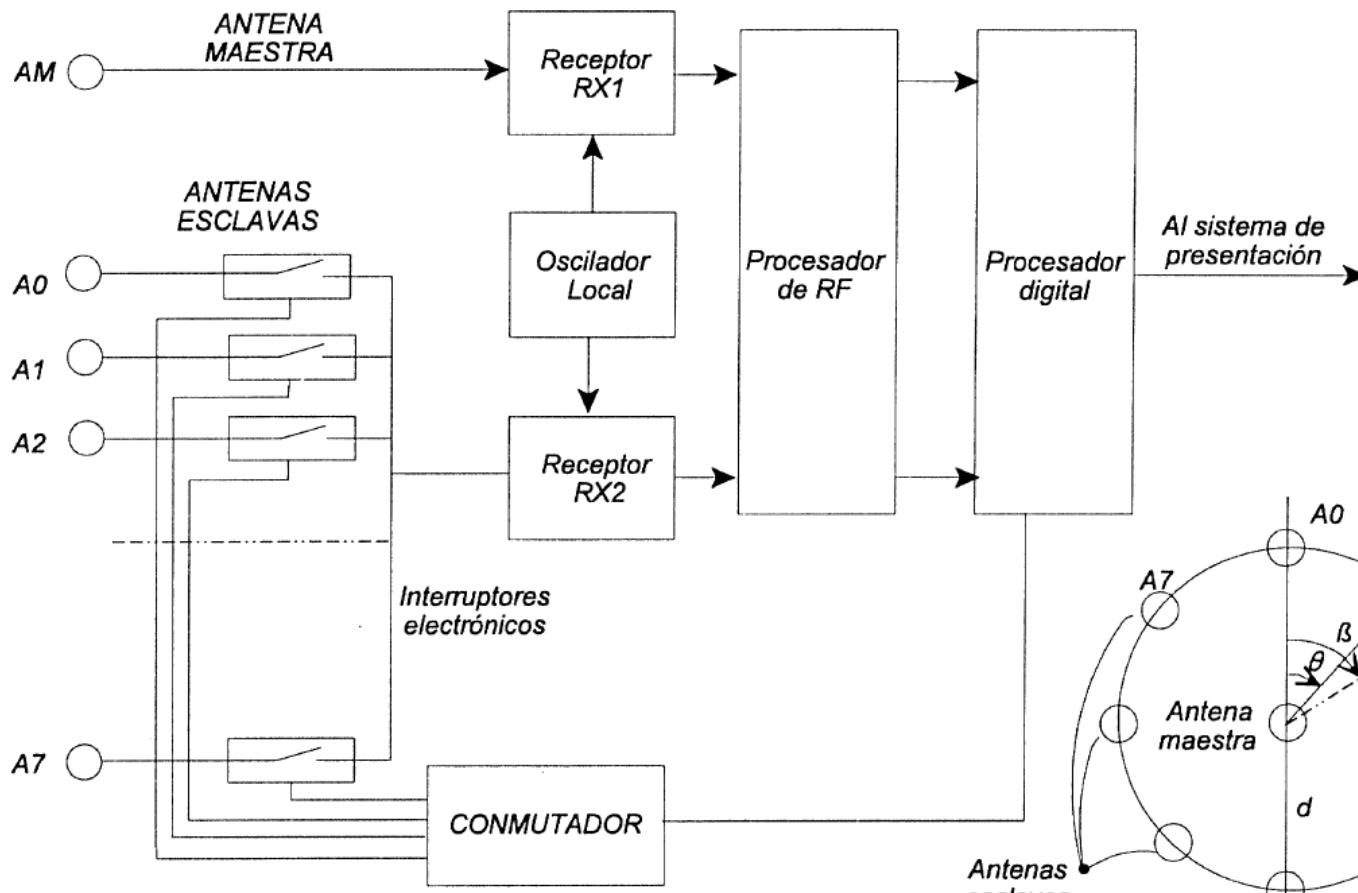
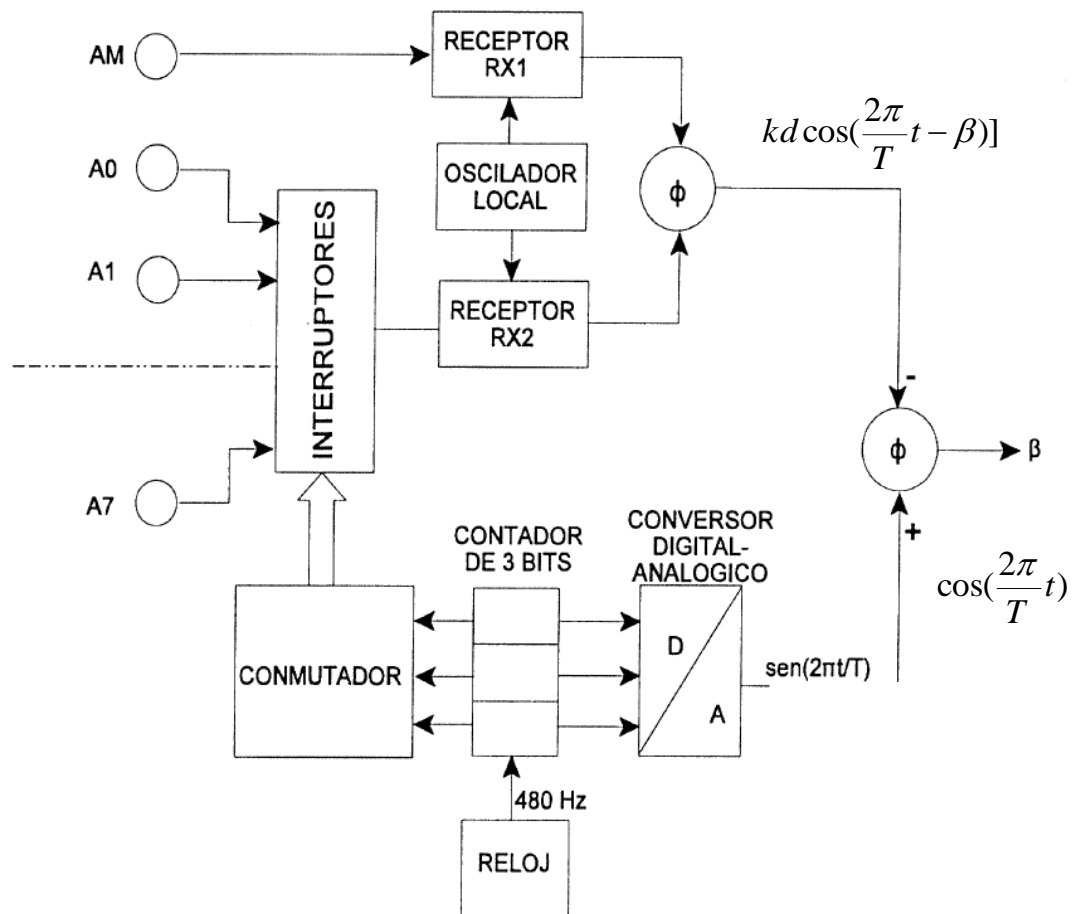


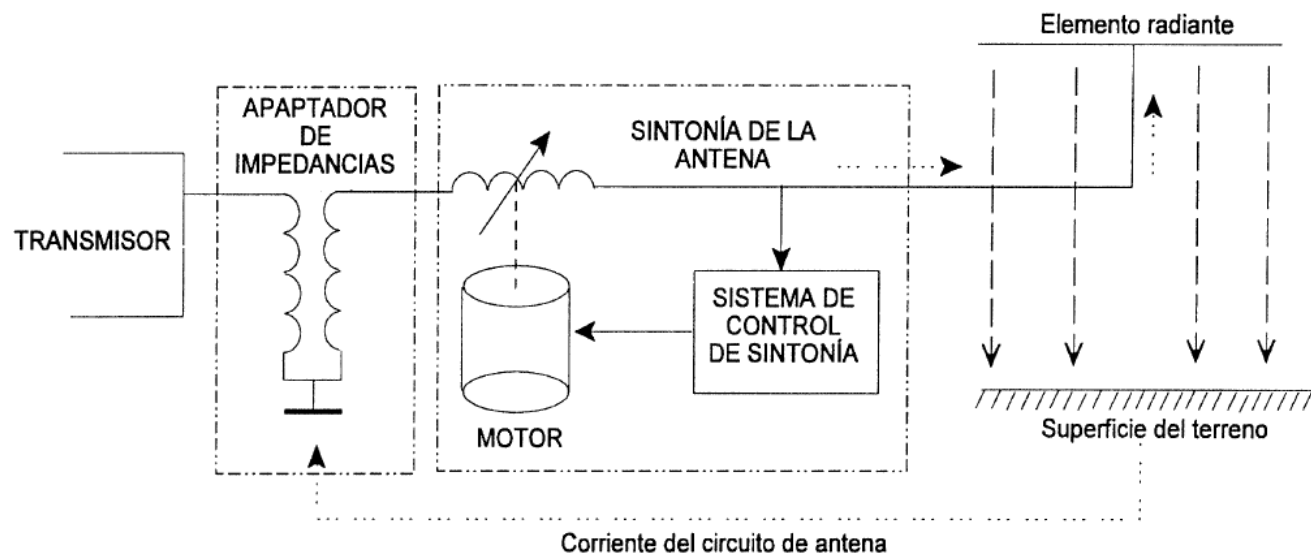
Diagrama de bloques VDF



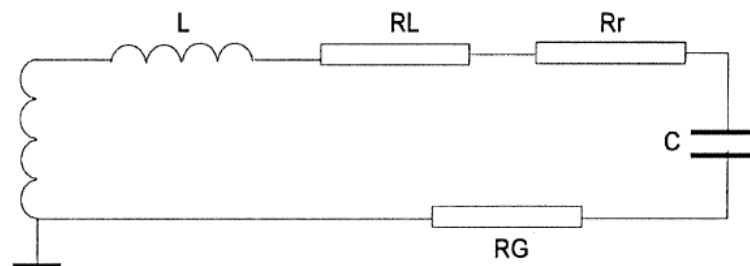
Circuito básico VDF



Circuito de la antena de tierra



(a)



(b)

$$R_r = 2 \frac{P}{I_0^2} = 80\pi^2 \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 \quad \text{en espacio libre para un dipolo}$$

Cálculo altura de la antena (I)

$$R_r = 160\pi^2 \left(\frac{H_e}{\lambda}\right)^2 \quad \text{para un monopolo sobre el plano de tierra}$$

$$Z_{OH} = \frac{3.333}{C(pF)}$$

$$X_H = \frac{Z_{OH}}{2} \cot \frac{2\pi L}{\lambda}$$

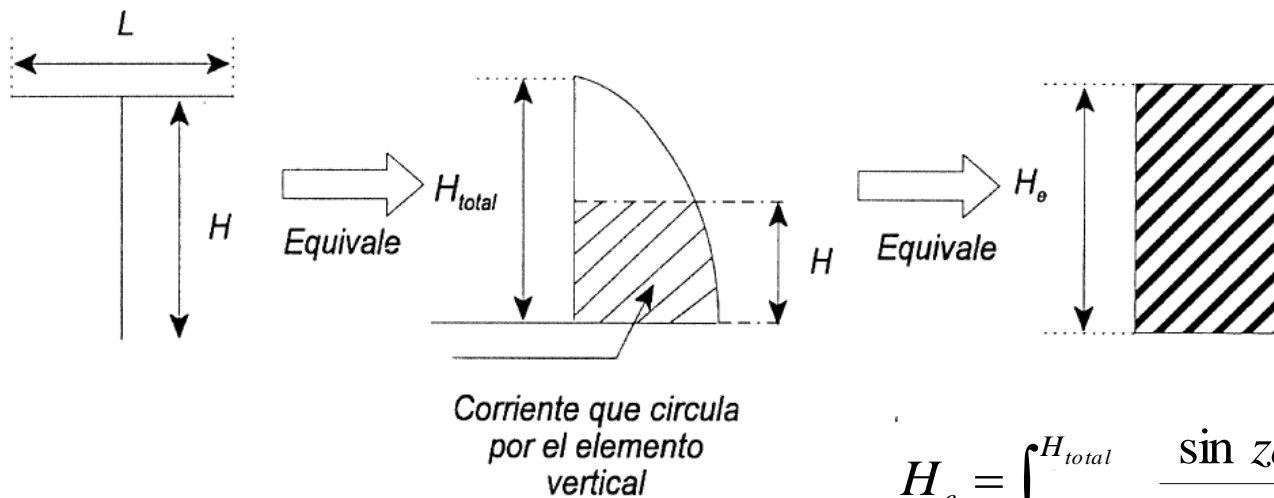
NUMERO DE HILOS HORIZONTALES	CAPACIDAD POR METRO
1	ENTRE 5 Y 10 pF
2	ENTRE 6 Y 12 pF
3	ENTRE 8 Y 14 pF

$$Z_{OV} = 139 \log \frac{2H}{D} \quad \text{impedancia característica del elemento vertical}$$

$$Z_B = Z_{OV} \frac{X_H + jZ_{OV} \tan 2\frac{\pi}{\lambda} H}{Z_{OV} + jX_H \tan 2\frac{\pi}{\lambda} H} \quad \text{impedancia de entrada a la antena}$$

$$Z_B = -jZ_{OV} \cot \frac{2\pi}{\lambda} H_{total} \quad \text{determinación de } H_{total} \text{ debido a la parte horizontal}$$

Cálculo altura de la antena (II)



$$H_e = \int_{H_{total}-H}^{H_{total}} \frac{\sin zdz}{\sin H_{total}}$$

Eficiencia: $N = \frac{R_r}{R_r + R_L + R_G}$ 1% a 40% L cancela las reactancias C_V y C_H

Diagrama radiación: $DDR_V = \cos\left[\frac{2\pi}{\lambda} H \cos \theta\right] = 1 - \left(\frac{\pi}{\lambda} H \cos \theta\right)^2$

BW: $BW = \frac{f_0}{Q_A} = \frac{f_0(R_r + R_L + R_G)}{X_C}$ $E_\theta = \frac{\eta}{4\pi r} \sqrt{\frac{P_r}{20}} \sin \theta$

Cálculo altura de la antena (III)

$$C_V = H(m) \cdot (C_V / m)$$

$$C_T = C_V + C_H$$

$$C_H = L(m) \cdot (C_H / m)$$

$$X_C = -j \frac{1}{2\pi f_0 C_T}$$

$$R_L = \frac{|X_C|}{Q_L}$$

$$h_e = H \left[1 - 0.5 \frac{C_V}{C_V + C_H} \right]$$

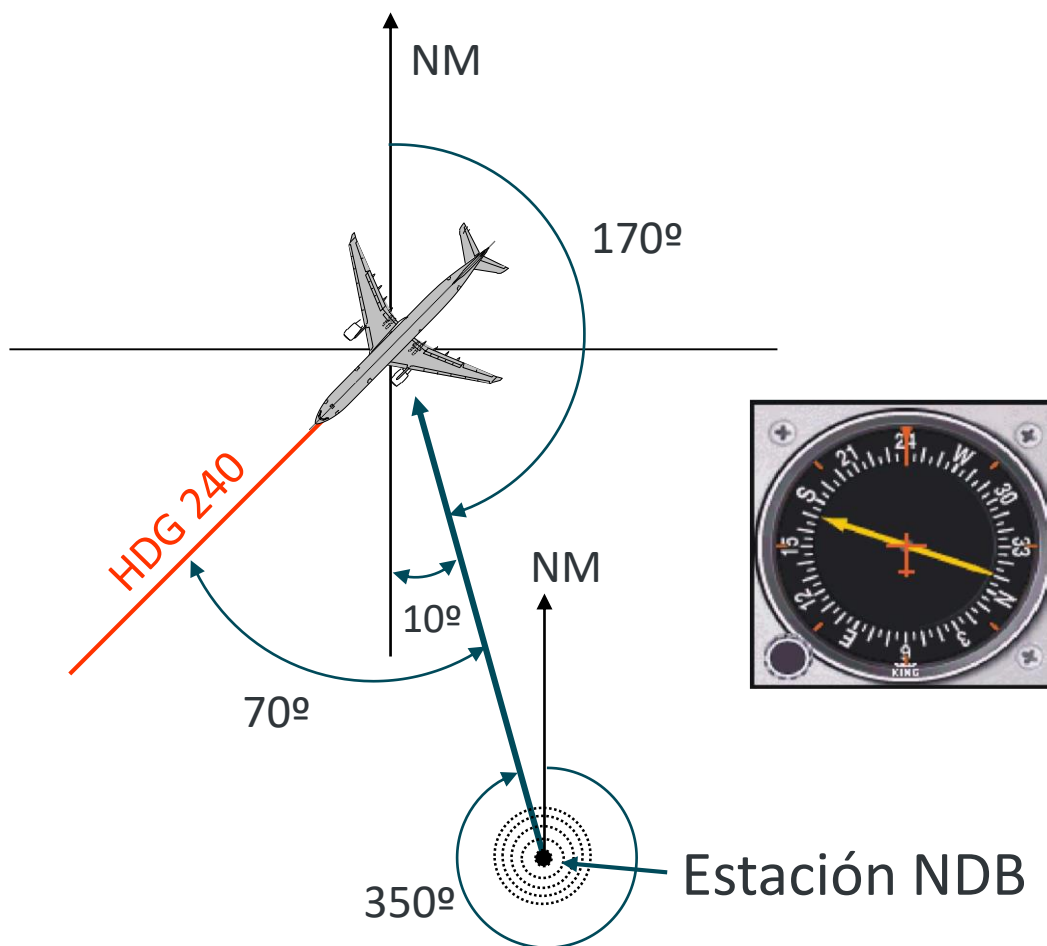
$$R_r = 160\pi^2 \left(\frac{H_e}{\lambda} \right)^2$$

$$Q_A = \frac{X_C}{R_r + R_L + R_G + R_A}$$

Capacidad tramo vertical	18 pF/m
Número de hilos horizontales	Capacidad por metro
1	5-10 pF/m
2	6-12 pF/m
3	8-14 pF/m

$$A_{BL} (dB) = 20 \log \left[1 + Q_A^2 \left(\frac{2f_m}{f_0} \right) \right]$$

Indicaciones RMI



VDF/UDF

- ❑ Las estaciones VDF miden la dirección de llegada de las transmisiones de radio desde la aeronave.
- ❑ Los dispositivos VDF pueden trabajar en las bandas MF, HF y VHF, pero hoy en día el servicio opera en frecuencias de 118 a 137 MHz en la banda VHF.
- ❑ Una estación terrestre D/F puede proporcionar rumbos verdaderos o magnéticos.
- ❑ Si se utilizan frecuencias UHF en lugar de VHF, este método se llama UDF. UDF es utilizado por los militares.
- ❑ La forma en la que trabaja el VDF/UDF se basa en la antena utilizada para detectar el frente de la onda electromagnética.

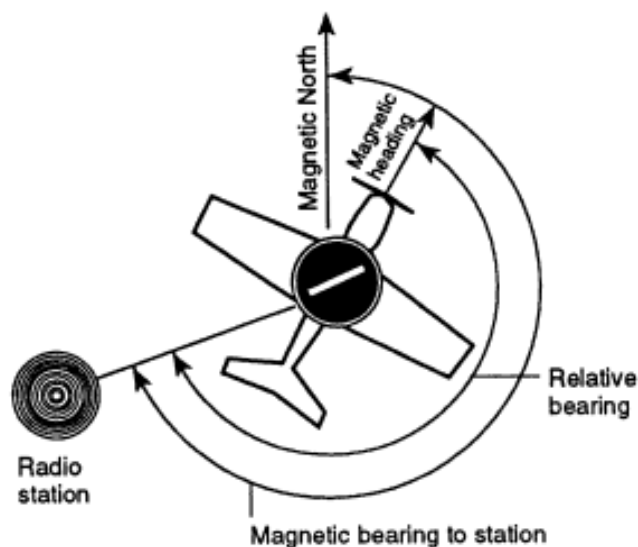
Antena de lazo



Medición de rumbos

- ❑ QTE: Rumbo verdadero desde la estación.
- ❑ QUJ: Rumbo verdadero a la estación (recíproco a QTE).
- ❑ QDR: Rumbo magnético de la estación.
- ❑ QDM: Rumbo magnético a la estación (recíproco a QDR). Es el rumbo que la aeronave debe mantener (sin viento) para llegar a la estación.
- ❑ QTF: Posición en relación con un punto de referencia o en latitud y longitud.

Rumbo: ángulo entre el eje longitudinal de la aeronave y la dirección a otro objeto (estación VDF).

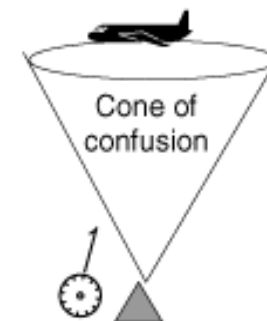


Utilización del NDB

- ❑ Utilizando el NDB solo es posible detectar la dirección de procedencia de la onda electromagnética, es necesario combinar esta información con la de la brújula u otro NDB para poder obtener rumbos o situación.
- ❑ El VDF se usa solo en caso de emergencia, si las otras ayudas de navegación no están disponibles, como referencia o por aviación general. Nunca se utilizará como ayuda de navegación en ruta cuando haya otros sistemas disponibles.
- ❑ Si se vuela en condiciones de mal tiempo, una estación D/F puede ser útil.

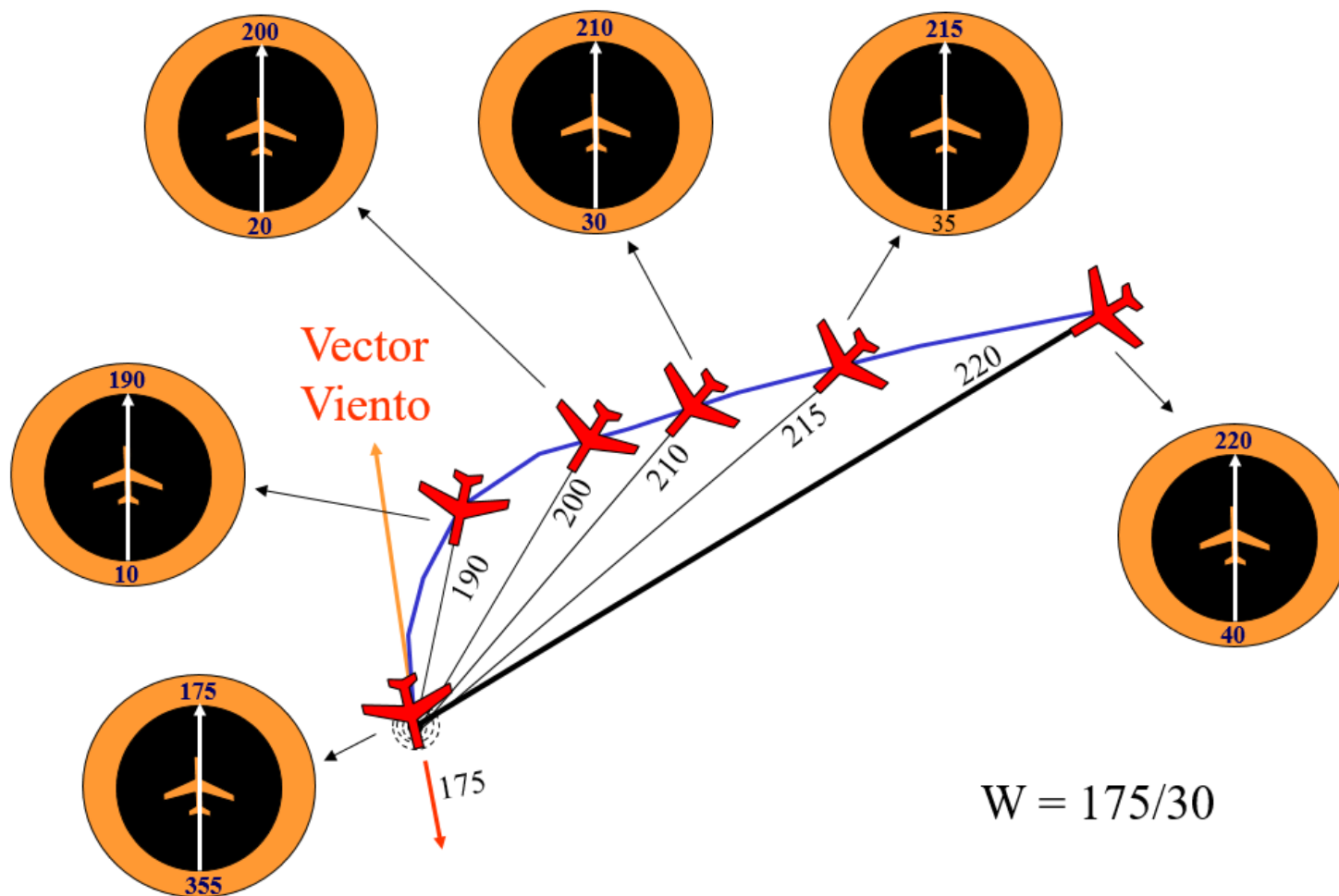
Las precisiones del rumbo obtenido se miden en grados, existen varios niveles de precisión según OACI:

- Clase A: $\pm 2^\circ$
- Clase B: $\pm 5^\circ$
- Clase C: $\pm 10^\circ$
- Clase D: menor que la clase C.



Cono de silencio: Es el volumen de espacio sobre la antena de la radioayuda en la que el nivel de señal es muy bajo o nulo, depende del diagrama de radiación de la antena. En esta área se puede recibir información errática.

Maniobra NDB/ADF



Problema

Determinar la potencia necesaria a la salida del transmisor de un NDB ($f=500\text{kHz}$) para que tenga un alcance nominal de 100km , sabiendo que la altura efectiva del tramo vertical radiante es de 30m y las resistencias de pérdidas 5Ω (R_L+R_G).