

Comunicaciones con Aeronaves Pilotadas Remotamente (RPA)

Manuel Carbonell Alanís (carbonellm@inta.es)
Javier de Frutos Hernansanz (frutosfj@inta.es)



Congreso sobre las Aplicaciones de los DRONES a la Ingeniería Civil

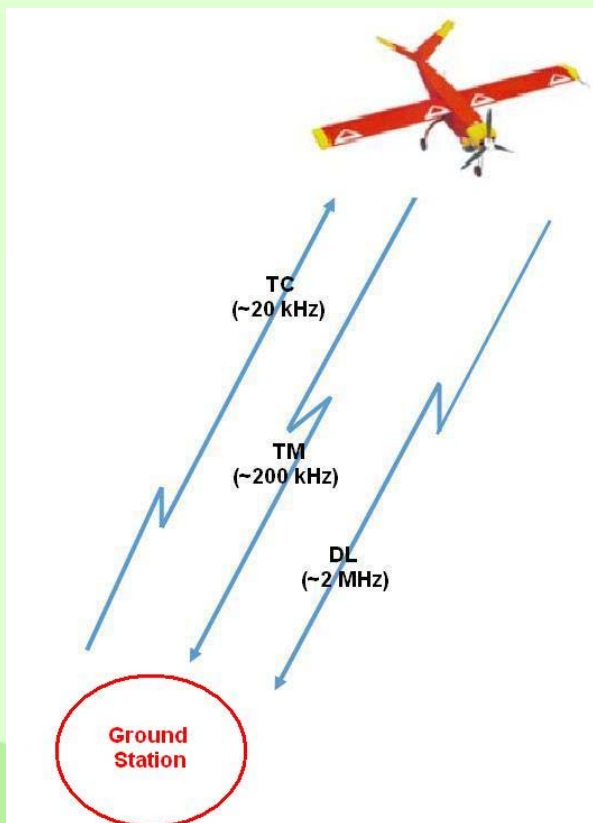
26 - 27 enero 2016

Índice

- ➔ **3. Radioenlaces en RPAS. Balance de enlace.**
- ➔ **4. Transmisores.**
- ➔ **5. Receptores.**
- ➔ **6. Propagación de ondas.**
- ➔ **7-10. Antenas (I-IV).**
- ➔ **11. Antenas (V). Líneas de transmisión. Protecciones.**
- ➔ **12. Conclusiones.**



3. Radioenlaces en RPAS. Balance de enlace.



TC: comandos desde GS hacia RPA (*uplink*, ejm. UHF_L)

TM: telemetría y datos de plataforma, desde RPA hacia GS (*downlink*, ejm. UHF_H)

DL: datos de la carga de pago embarcada, desde RPA hacia GS (*downlink*, ejm. Banda-S)

$$M = P_{Tx} + G_{Tx} - L_{Tx} + G_{Rx} - L_{Rx} + S_{Rx} - LPOL - LB - LA - PI - P_{ASM}$$



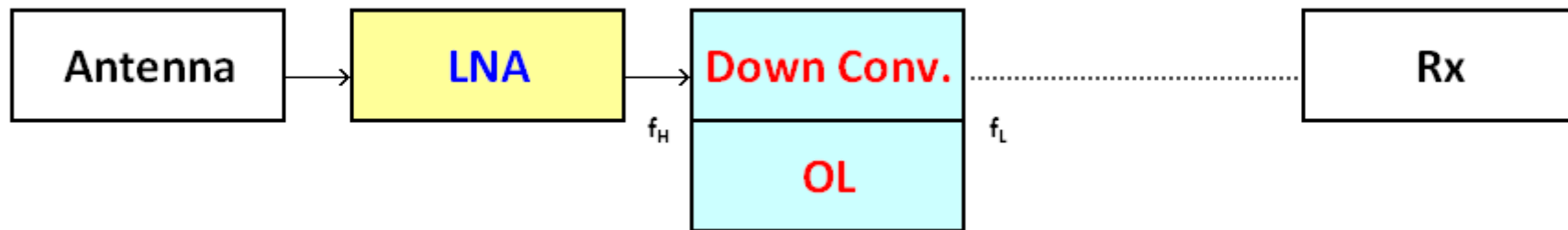
4. Transmisores.

- • Generales: heterodino o SDR.
- **Frecuencias** (bandas o canales)
- Estabilidad.
- Modulaciones (ejm. AM, SSB, FM, FSK, PSK, etc)
- Interfaces: RF, modulación, datos, control, alimentación, protecciones, etc.
- Rango de temperatura.
- Alimentación: V_{\min} - V_{\max} y consumo I_{\max}
- Dimensiones y peso.
- • Específicas:
- **Potencia de salida** (fija o ajustable)
- Eficiencia (alta P_{RF}/P_{DC})
- SWR_{\max}
- Emisiones espurias.
- Ancho de banda (supresión fuera de banda)
- Modulación (BW_{\max} para señales analógicas y/o v_{\max} para digitales)
- Entrada de señal moduladora (analógica o digital)



5. Receptores.

- Específicas:
 - **Sensibilidad (bajo ruido)**
 - **Selectividad (ancho de banda)**
 - Rechazo de frecuencias espurias e imágenes.
 - Rango dinámico.
 - Demodulación (BW_{\max} para señales analógicas y/o v_{\max} para digitales)
 - Entrada de señal moduladora (analógica o digital)



Recepción mejorada en altas frecuencias (μW) con LNA y *downconverter*.



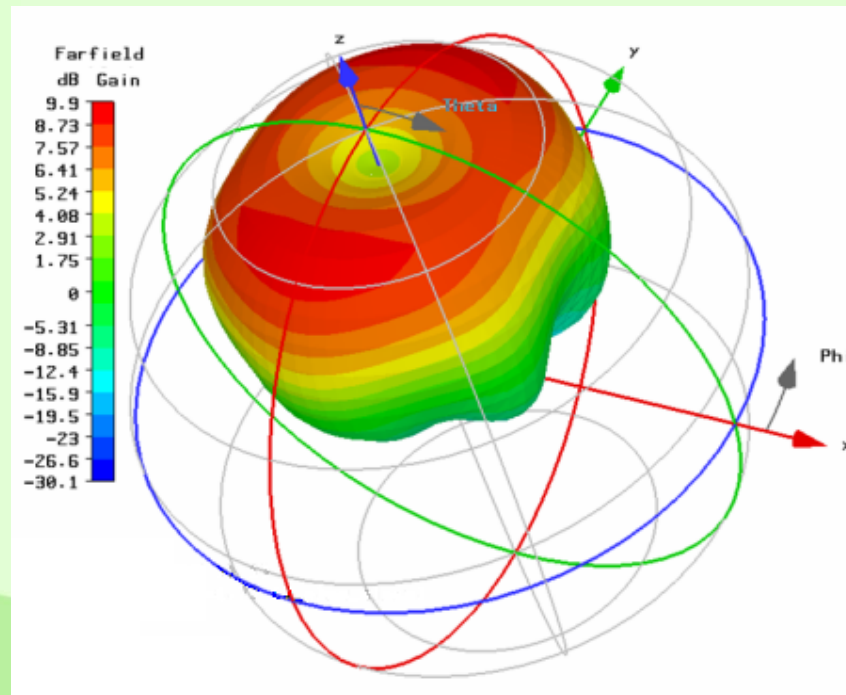
6. Propagación de ondas.

- **Horizonte radioeléctrico:** $D(km) \sim 4 \cdot (\sqrt{h_1(m)} + \sqrt{h_2(m)})$
- **Pérdidas básicas:** $L_B(dB) = -20 \cdot \log\left(\frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot D}\right)$
- **Pérdidas adicionales:** $L_A(dB)$
 - Atenuación atmosférica ($f > 1$ GHz)
 - Refracción troposférica (inversiones térmicas y/o humedad relativa)
 - Difracción (obstrucción por obstáculos)
 - Atenuación por vegetación.
 - Atenuación meteorológica (lluvia, niebla, nieve)

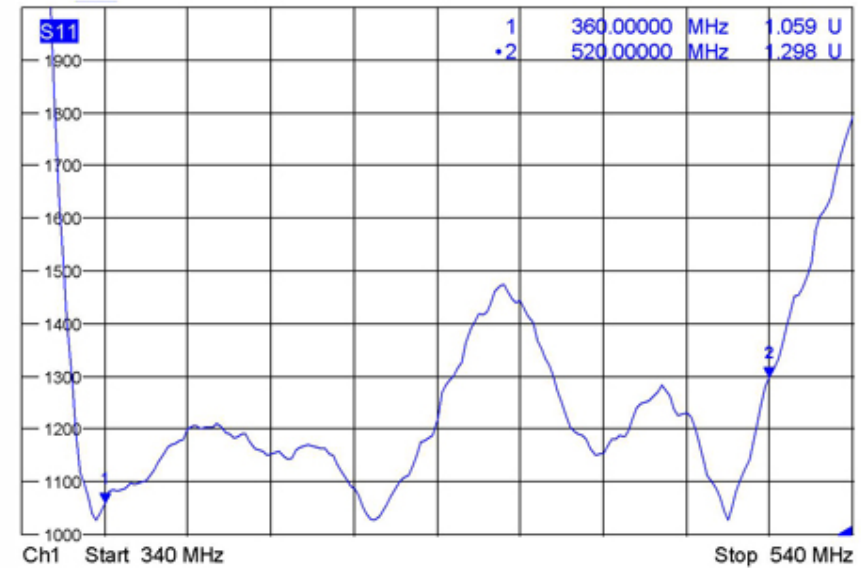


7. Antenas (I): características.

Como elemento radiante: $G(\theta, \varphi)$



Como elemento circuital: $(SWR \text{ o } S_{11}, P_{\max})$



8. Antenas (II): medidas.

Campos de medida de antenas en el INTA:

Campo abierto (VHF & UHF)



Campo compacto (μW)



9. Antenas (III): estación terrena.

Yagi (doble polarización)

Cuadrifilar



Parabólica

Panel de parches



10. Antenas (IV): RPA (I)

Antenas de aleta.

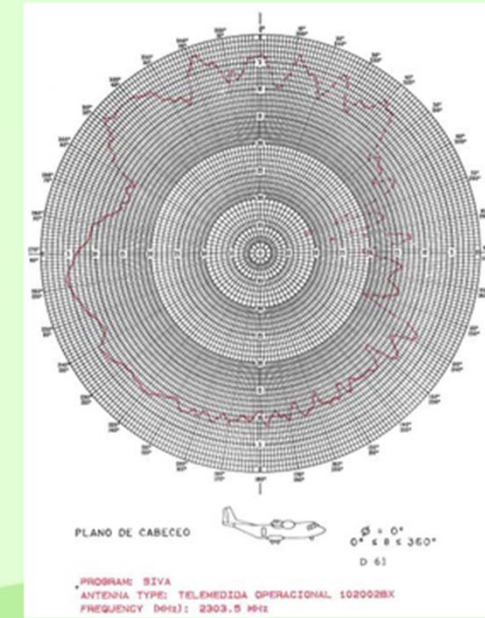
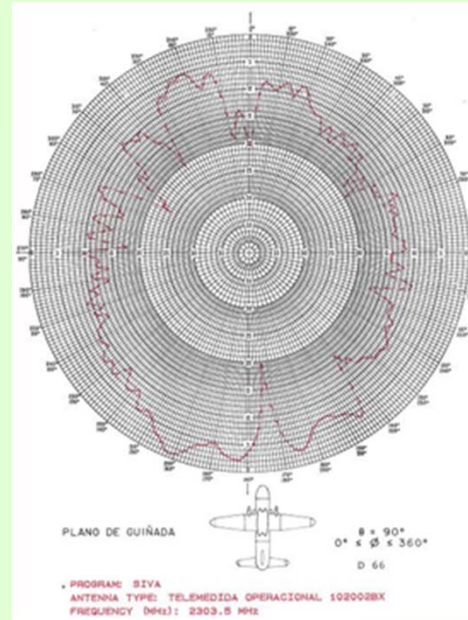
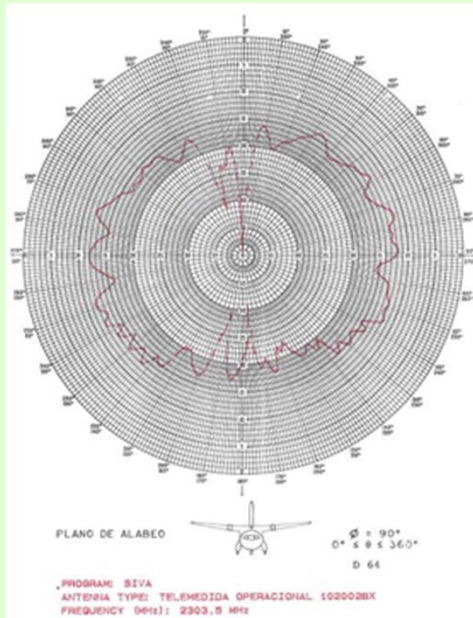


Antena de varilla.



11. Antenas (V): RPA (II) Líneas de transmisión. Protecciones.

Diagramas de radiación medidos de antenas embarcadas en SIVA (2304 MHz)



- Líneas de transmisión (cables coaxiales) L_{Tx} y L_{Rx}
 - Impedancia característica (50Ω)
 - Frecuencia máxima.
 - Atenuación (\uparrow vs. Frec. & SWR)
 - Potencia (\downarrow vs. Frec. & SWR)
 - Radio de curvatura.
 - Margen de temperaturas.
- Protecciones: - P_{ASM} : 6 dB - P_i : (TBD)



12. Conclusiones.

Se ha presentado un método general para planificar las comunicaciones de un Sistema de Aeronaves Pilotadas Remotamente (RPAS) teniendo en cuenta el balance de enlace, lo que permite ajustar cada uno de los términos que intervienen (potencias, antenas, alcance, capacidad, etc) para tratar de optimizar los resultados.

Se ha destacado el papel de las antenas, tanto en la estación de tierra (donde existe cierta variedad para seleccionar la más adecuada según las peculiaridades y disponibilidad del radioenlace) y las embarcadas, insistiendo en que una buena colocación sobre el RPA (verificada con las correspondientes medidas) es fundamental para conseguir la cobertura deseada.

