



IC 323 -Comunicación de Datos

Unidad N°6: Antenas y Radio Enlaces

Cálculo de Radioenlace



¿ Qué es un Presupuesto de Potencia de Enlace?

- Es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el transmisor hacia el receptor.
- La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado.
- Teóricamente, debería obtenerse un valor entre 4 y 6 dB para calidad moderada e idealmente superior a 10 dB.

Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

1. **Potencia efectiva de transmisión.**
2. **Pérdidas en la propagación.**
3. **Efectiva sensibilidad receptiva (Effective Receiver Sensibility).**

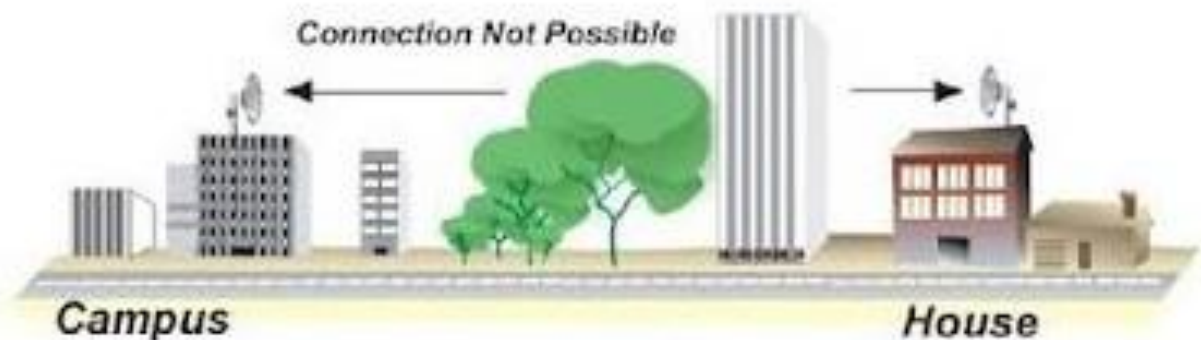
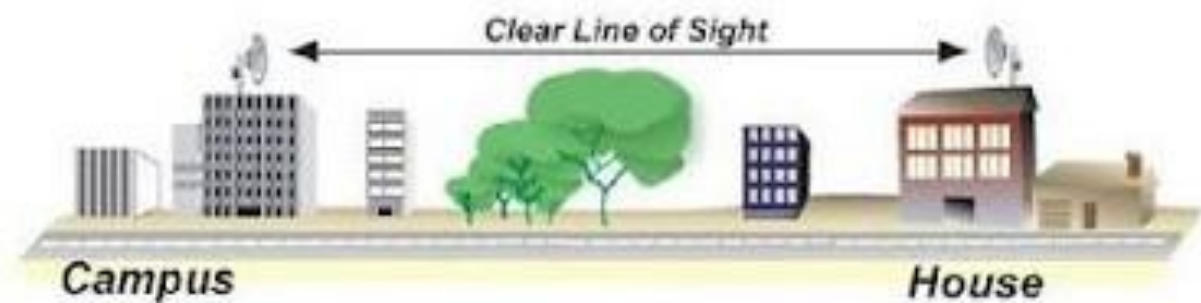




Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Pérdidas en la propagación:

En primer lugar, se requiere línea de vista (*Line of Sight* - LOS)

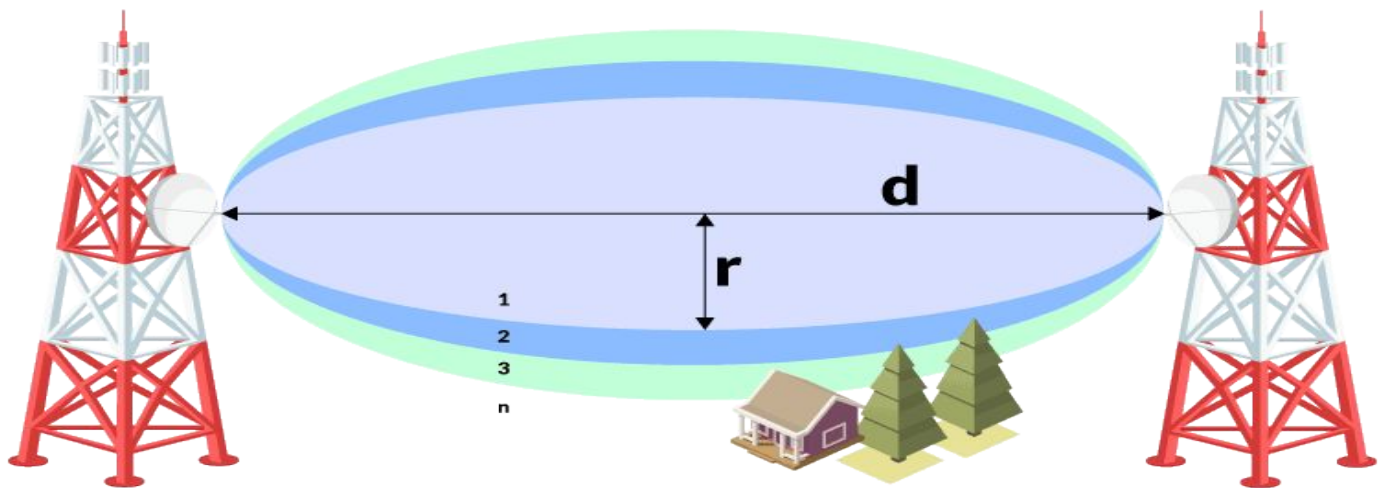




Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Zonas de Fresnel

Se puede definir como una serie de regiones **ELIPSOIDALES** de espacio entre y alrededor de una antena que transmite y un sistema de antena que recibe.





Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Zonas de Fresnel

Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio.

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{D}{4f}}$$

* r = radio en metros

* D = distancia total del enlace en kilómetros

* f = frecuencia del enlace en gigahertz (2.4, 5.8Ghz, etc)

Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

EJEMPLO 1:



- ✓ La distancia que separa el transmisor del receptor es de 1,4 Km.
- ✓ Si el enlace transmite en 2,4 Ghz
- ✓ Pregunta: ¿Es suficiente la zona despejada de 3,9 MT.?



Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

EJEMPLO 1:

Reemplazamos en la fórmula y obtenemos:

$$R = 17,32 \sqrt{\frac{1,4}{(4 * 2,4)}}$$

$$R = 17,32 \sqrt{\frac{1,4}{9,6}}$$

$$R = 17,32 \sqrt{0,14}$$

$$R = 17,32 \times 0,37$$

$$R = 6,61 \text{ M.}$$

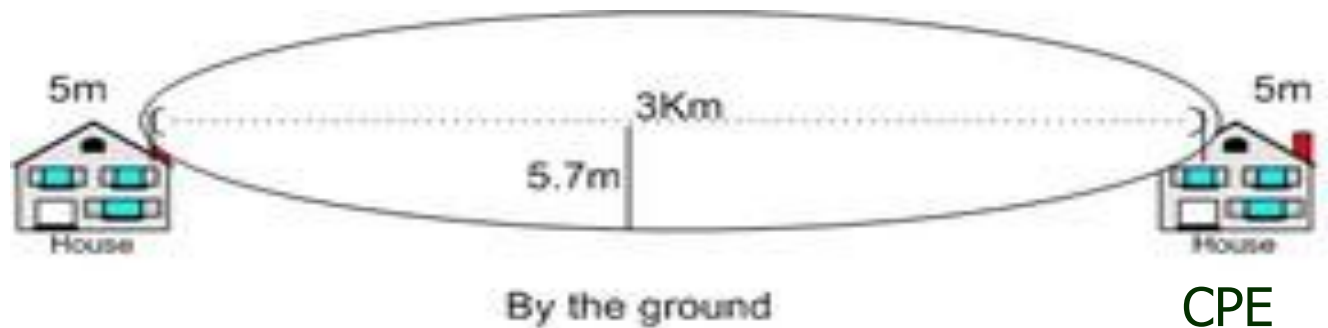
Conclusión: 3,9 Metros no es suficiente.
(ruido, pérdida)

Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

EJEMPLO 2:

Considerando un simple enlace de 3 km, es suficiente una altura de 5 m?

Reemplazando en la fórmula vemos que necesitamos de al menos 10 metros. Si hay un árbol de 5 metros = $10 + 5 = 15$ mts.



CPE significa Customer Premises Equipment (Equipo en las Instalaciones del Cliente)



Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

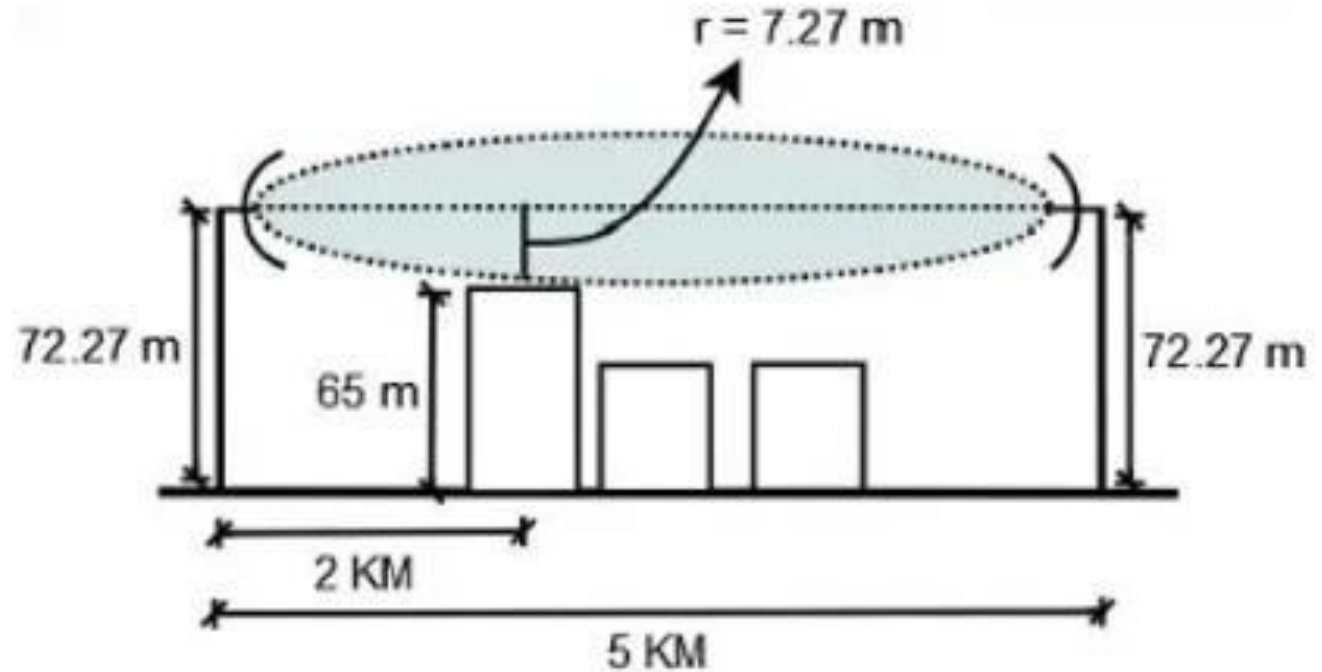
Escenario de Trabajo:

- ✓ Se desea establecer un enlace punto a punto, en el cual, la distancia entre las dos antenas es de 5 km.
- ✓ **SUPOSICIÓN:** Vamos a suponer que a 2 km, de la primer antena, se encuentra el obstáculo más alto del enlace. Este obstáculo es un edificio de 65 m. sobre el nivel del mar.
- ✓ La Frecuencia de trabajo es 2,4 Ghz.
- ✓ Utilizar la formula para un punto específico:

$$F_n = \sqrt{\frac{n \cdot \lambda \cdot d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2}}$$

Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Escenario de Trabajo:





Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Escenario de Trabajo:

$$✓ \quad R = 17,32 \quad \sqrt{\frac{d1 * d2}{(D * F)}}$$

$$✓ \quad R = 17,32 \quad \sqrt{\frac{2 * 3}{(5 * 2,4)}}$$

$$✓ \quad R = 17,32 \quad \sqrt{\frac{(6)}{(12)}}$$

$$✓ \quad R = 17,32 \sqrt{0,5}$$

$$✓ \quad R = 17,32 * 0,70$$

$$✓ \quad R = 12,12$$

$$✓ \quad R = 0,60 * 12,12 =$$



Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Ecuación de balance de potencias:

$$\begin{aligned} \text{Margen} = & \text{Potencia de Transmisión [dBm]} - \text{Pérdidas en el cable} \\ & \text{TX [dB]} + \text{Ganancia de Antena TX [dBi]} - \text{pérdida en la} \\ & \text{trayectoria del Espacio Abierto [dB]} + \text{Ganancia de} \\ & \text{Antena RX [dBi]} - \text{Pérdida de Cable RX [dB]} - \\ & \text{Sensibilidad del receptor [dBm]} \end{aligned}$$



Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Potencia de Transmisión

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio

Por ejemplo, en la **Tabla 1**, vemos la hoja de datos de una tarjeta IEEE 802,11a/b:

<i>Protocolo</i>	<i>Potencia pico [dBm]</i>	<i>Potencia pico [mW]</i>
IEEE 802.11b	18	65
IEEE 802.11a	20	100



Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Pérdida en el Cable

Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación.

<i>Tipo de cable</i>	<i>Pérdida [db/100m]</i>
RG 58	ca 80-100
RG 213	ca 50
LMR-200	50
LMR-400	22
Aircom plus	22
LMR-600	14
Flexline de 1/2"	12
Flexline de 7/8"	6,6
C2FCP	21
Heliac de 1/2 "	12
Heliac de 7/8"	7

Tabla 2: Valores típicos de pérdida en los cables para 2,4GHz.



Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Pérdidas en los conectores

Se considera por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector en su cableado. Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal soldados DIY (Do It Yourself) pueden implicar pérdidas mayores.



Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Pérdidas en los conectores

Se considera por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector en su cableado. Estos valores son para conectores bien hechos mientras que los conectores mal soldados DIY (Do It Yourself) pueden implicar pérdidas mayores.

Uso de Amplificadores



Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Ganancia de las Antenas

La ganancia de una antena típica varía entre 2 dBi (antena integrada simple) y 8 dBi (omnidireccional estándar) hasta 21 – 30 dBi (parabólica). Tenga en cuenta que hay muchos factores que disminuyen la ganancia real de una antena.



Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Pérdidas de Propagación

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando esta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora..

Pérdidas en el Espacio Libre Zonas de Fresnel



Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Pérdidas en el Espacio Libre

La Pérdida en el Espacio libre (FSL), mide la potencia que se pierde en el mismo sin ninguna clase de obstáculo. La señal de radio se debilita en el aire debido a la expansión dentro de una superficie esférica.

$$PEA(\text{dB}) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K$$

d = distancia

f = frecuencia

K = constante que depende de las unidades usadas en d y f

Si d está en
km y F en
GHz, K =
92,4

Si d está en
km y F en
Mhz, K =
32,45

$$FSL(\text{dB}) = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) - 187.5$$

A satellite is shown in the upper left corner, orbiting Earth. It has solar panels extended and is emitting a blue beam of light towards the ground.

Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

Sensibilidad del RECEPTOR

La sensibilidad de un receptor identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bits.



Un valor típico es -82 dBm en un enlace de 11 Mbps y -94 dBm para uno de 1 Mbps



Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

EJEMPLO 1

<i>Datos</i>	<i>Elementos</i>	<i>Valores</i>
Distancia: 50 km (31,1 millas) Frecuencia: 2,4 GHz	Salidas de transmisor	+ 15 dBm
	Cables y conectores	- 3 dB
	Antena TX	+ 24 dBi
	FSL	-134 dB
	Antena RX	+ 24 dBi
	Cables y conectores	- 3 dB
	Sensibilidad del receptor	- 85 dBm
	Total: (margen)	+ 8 dB

Para analizar si una instalación es viable, es necesario realizar el cálculo del enlace, el cual consiste en tomar la potencia de transmisión en términos de ganancia absoluta, sumarle las ganancias, restarle las pérdidas y ver si el resultado alcanza sensibilizar al receptor.



Elementos de un Presupuesto de Radio Enlace

EJEMPLO 2:

<i>Datos</i>	<i>Elementos</i>	<i>Valores</i>
Distancia: 1 km (0,622 millas) Frecuencia: 2,4 GHz Cable de baja calidad Poca ganancia de antena	Salida del transmisor	+ 18 dBm
	Cables y conectores	- 5 dB
	Antena TX	+ 5 dBi
	FSL	-100 dB
	Antena RX	+ 8 dBi
	Cables y conectores	- 5 dB
	Sensibilidad del receptor	- 92 dBm
	Total: (margen)	+ 13 dB

El margen de este enlace es de 13 dB, adecuado para ambientes urbanos y la potencia irradiada es de 18 dBm.