



DISEÑO DE RADIOENLACES

ING. CHRISTIAN ORELLANA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

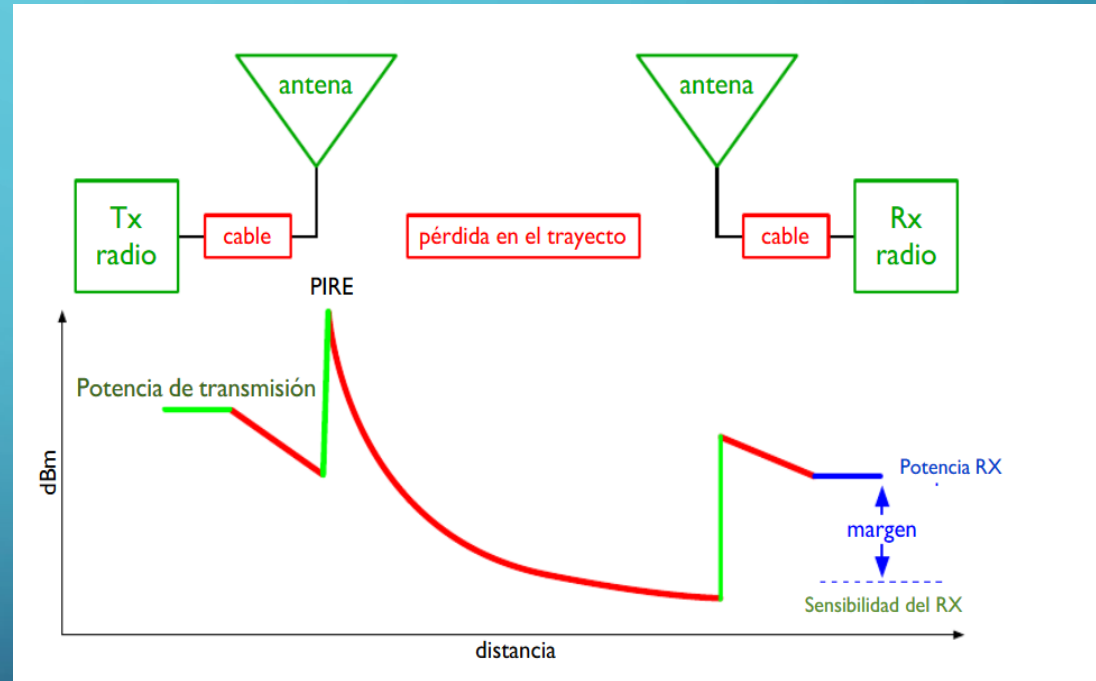


- **La planificación del enlace radioeléctrico** de un sistema de radiocomunicaciones **comienza con el cálculo del alcance.** Para ello se deben conocer la banda de frecuencias, las características climáticas de la zona y las especificaciones técnicas de los equipos de radio: potencia del transmisor, ganancia de las antenas, sensibilidad del receptor, tasa de error, disponibilidad, etc

PRESUPUESTO DE POTENCIA

Elementos de un radioenlace

- ✓ Lado de Transmisión
- ✓ Lado de Propagación
- ✓ Lado Receptor



QUE ES EL PRESUPUESTO DE UN ENLACE

- ♦ El cálculo de todas las ganancias y pérdidas desde el transmisor hasta el receptor
- ♦ Un buen presupuesto de enlace es esencial para el funcionamiento del mismo
- ♦ Estimación de pérdidas/ganancias en un radioenlace:
 - ✓ Diseño adecuado
 - ✓ Correcta elección de los equipos

- Las prestaciones de cualquier enlace de comunicaciones dependen de la calidad del equipo usado.
- El Presupuesto o Balance de potencia es una manera de cuantificar las características del enlace.
- Si esa potencia, menos las pérdidas de trayectoria es mayor que el nivel mínimo de señal recibida del receptor tendremos un enlace viable.
- La diferencia entre el nivel de la señal recibida y el nivel mínimo de señal recibida (también llamado sensibilidad del receptor) es el margen del enlace.
- El margen del enlace debe ser positivo y debemos tratar de maximizarlo (al menos 10 dB para un enlace viable).

ELEMENTOS DE UN RADIOENLACE

♦ Lado de Transmisión

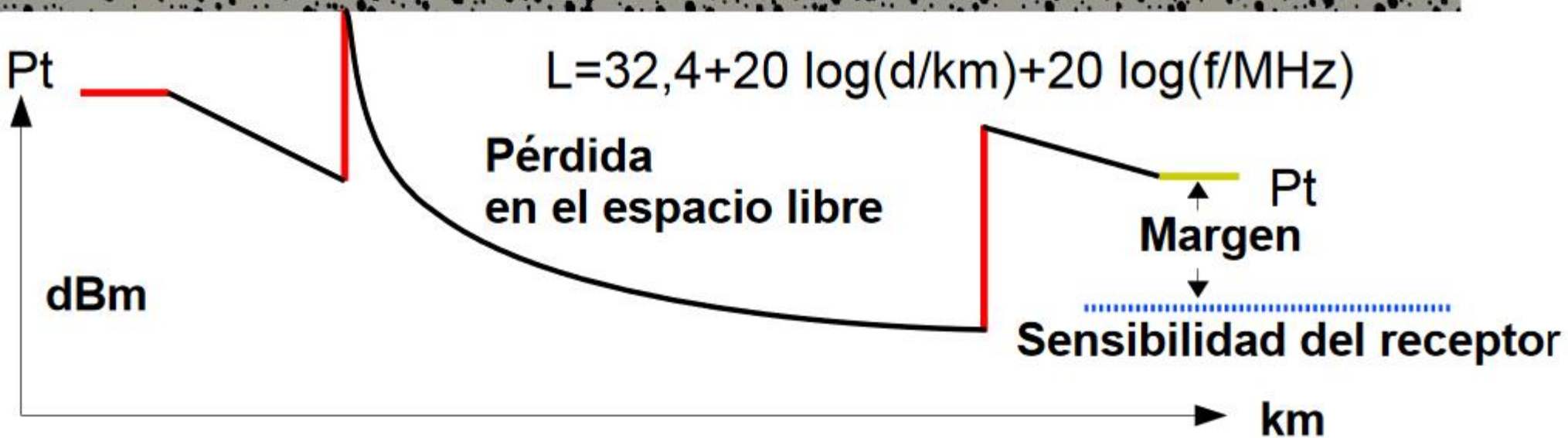
- ✓ Potencia de Transmisión, pérdidas en el cable, ganancia de antena

♦ Lado de Propagación

- ✓ FSL, zona de Fresnel

♦ Lado Receptor

- ✓ Ganancia de antena, pérdidas en el cable, sensibilidad del receptor



LADO DE TRANSMISOR

- ♦ *Potencia de salida del radio (la tarjeta inalámbrica, estación base)*
- ♦ *El límite superior depende de límites regulatorios por lo tanto de los países/regiones y la utilidad en el tiempo*

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

PERDIDAS EN EL CABLE

- ♦ Pérdidas debido a la atenuación
- ♦ El cable de la antena debe ser lo más corto posible
- ♦ Dependientes de la Frecuencia
- ♦ Controlar la hoja de datos y verificar
- ♦ Los valores típicos de pérdidas varían entre 1 dB/m hasta < 0.1 dB/m
- ♦ Menores pérdidas \Rightarrow cable más costoso

<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
Heliax de 1/2 "	12
Heliax de 7/8"	7

PERDIDAS POR CONECTORES

- ♦ Pérdidas en los conectores (≈ 0.25 dB por conector)
- ♦ Dependiendo de la frecuencia y tipo de conector
- ♦ Pérdidas en protectores contra descarga eléctrica. (≈ 1 dB)

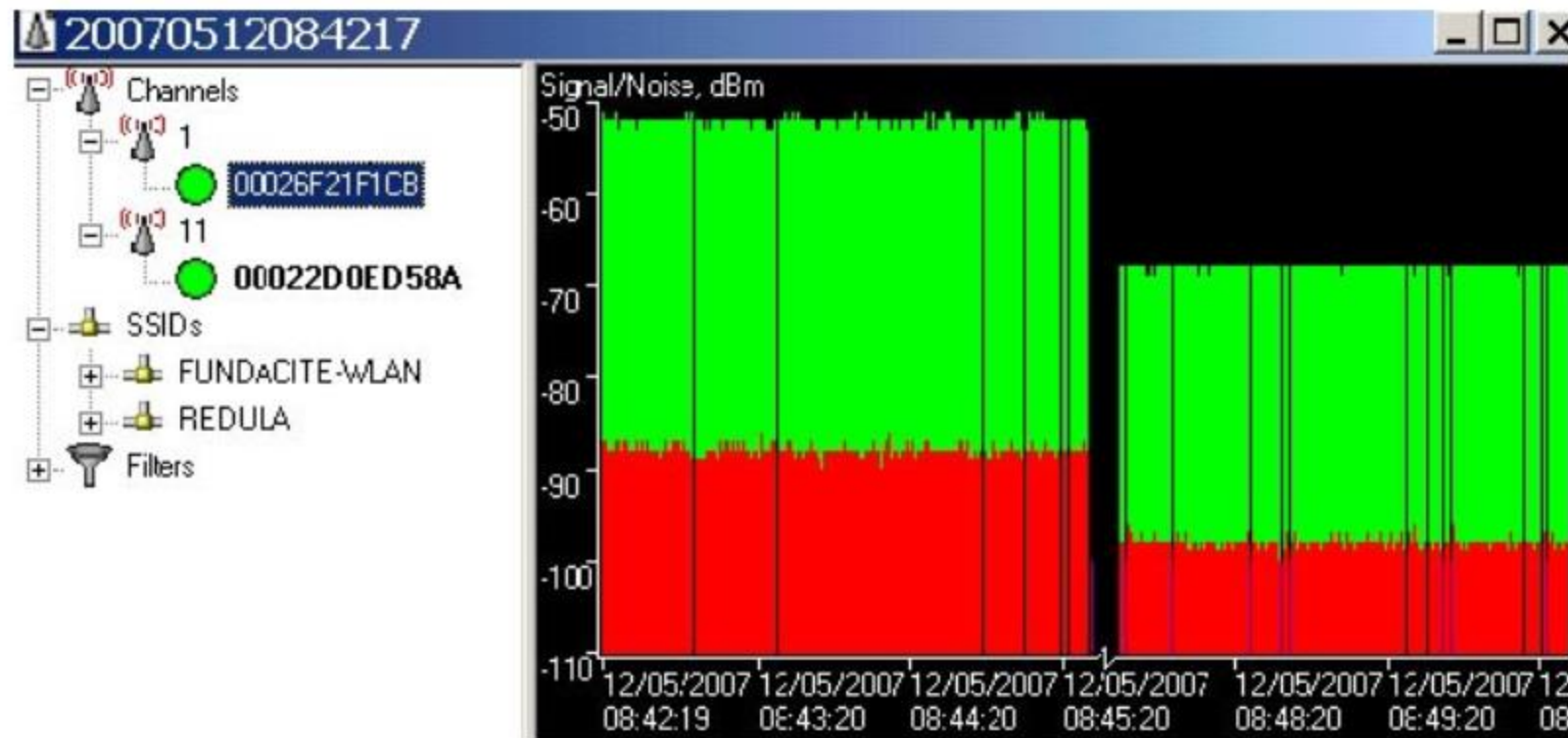


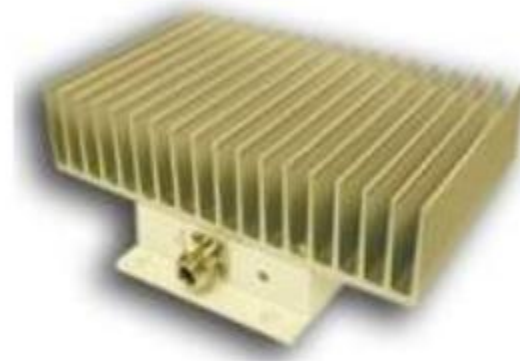
Conectores para guía de onda
elíptica

AMPLIFICADORES

- ♦ Su uso es opcional, compensa pérdidas en los cables
- ♦ Puede cambiar características en la frecuencia y adicionar ruido
- ♦ Considere los límites legales
- ♦ Una elección inteligente de las antenas y una alta sensibilidad en el receptor son mejores que la fuerza bruta de amplificación

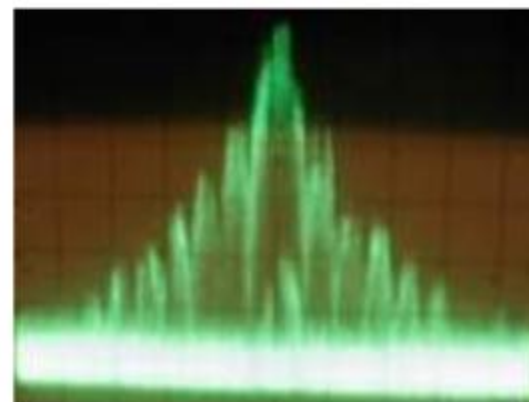
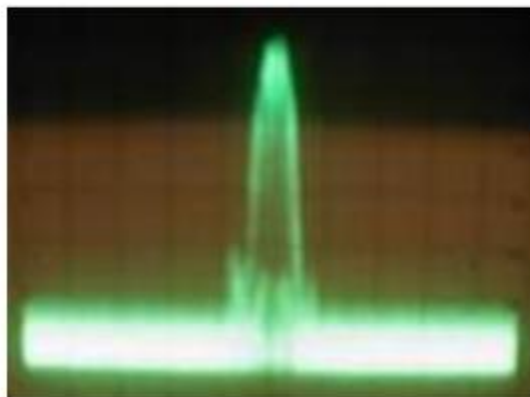
- ♦ El amplificador aumenta tanto el nivel de la señal como el del ruido





Lo que un amplificador económico puede hacer

antes después



- ♦ Ganancia de Antena en rangos desde
 - ✓ 2 dBi (antena integrada simple)
 - ✓ 8 dBi (omni direccional estándar)
 - ✓ 21 - 30 dBi (parabólica)
- ♦ Verifique que realmente tiene la ganancia nominal
 - ✓ Pérdidas en la inclinación, en la polarización, etc.

PERDIDAS EN EL ESPACIO

Cuando se trata de un enlace punto a punto, es preferible calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas isótropicas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre

Proporcional al cuadrado de la distancia
Proporcional al cuadrado de la frecuencia
del radio

$$L_{bf} = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{dB}$$

L_{bf} : pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

d : distancia

λ : longitud de onda

d y λ se expresan en las mismas unidades.

La ecuación (3) puede también escribirse en función de la frecuencia en vez de la longitud de onda:

$$L_{bf} = 32,4 + 20 \log f + 20 \log d \quad \text{dB}$$

donde:

f : frecuencia (MHz)

d : distancia (km).

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

$d = \text{distancia [m]}$

$f = \text{frecuencia [Hz]}$

ECUACIÓN DE RADIOENLACE

$$\begin{aligned} &+ \text{Potencia del Transmisor [dBm]} \\ &- \text{Pérdidas en el Cable TX [dB]} \\ &+ \text{Ganancia de Antena TX [dBi]} \\ &- \text{Pérdidas en la trayectoria en el espacio libre [dB]} \\ &+ \text{Ganancia de Antena RX [dBi]} \\ &- \text{Pérdidas en el Cable RX [dB]} \\ &= \text{Margen} - \text{Sensibilidad del receptor [dBm]} \end{aligned}$$

Distancia: 50 km (31,1 millas)

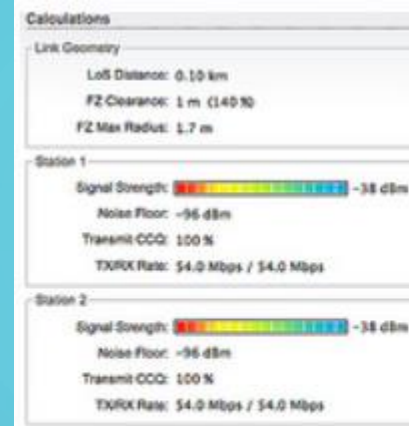
Frecuencia: 2,4 GHz

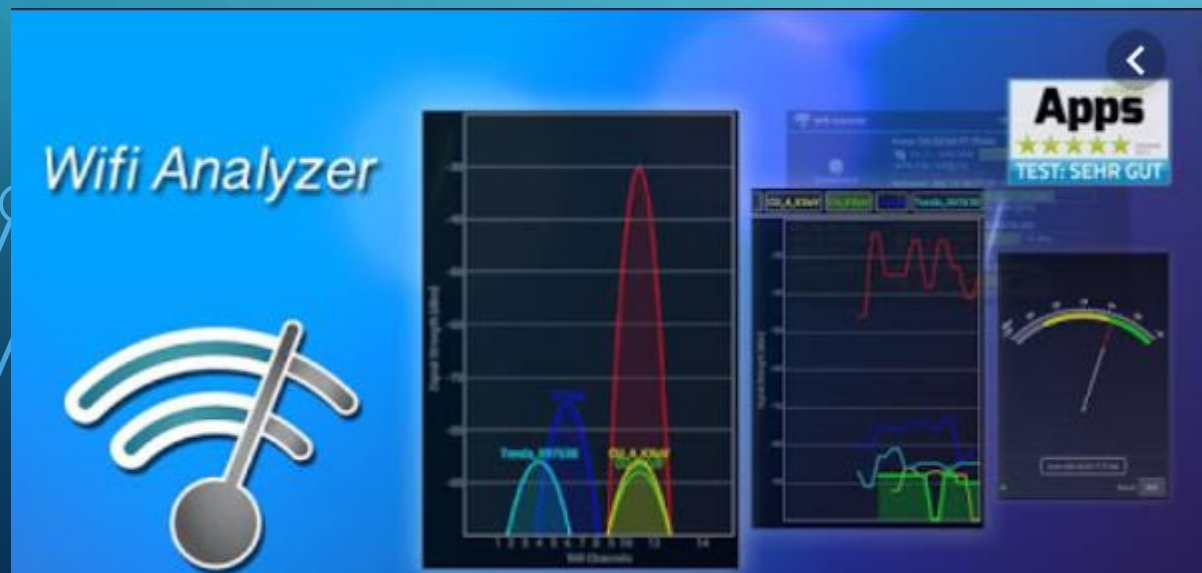
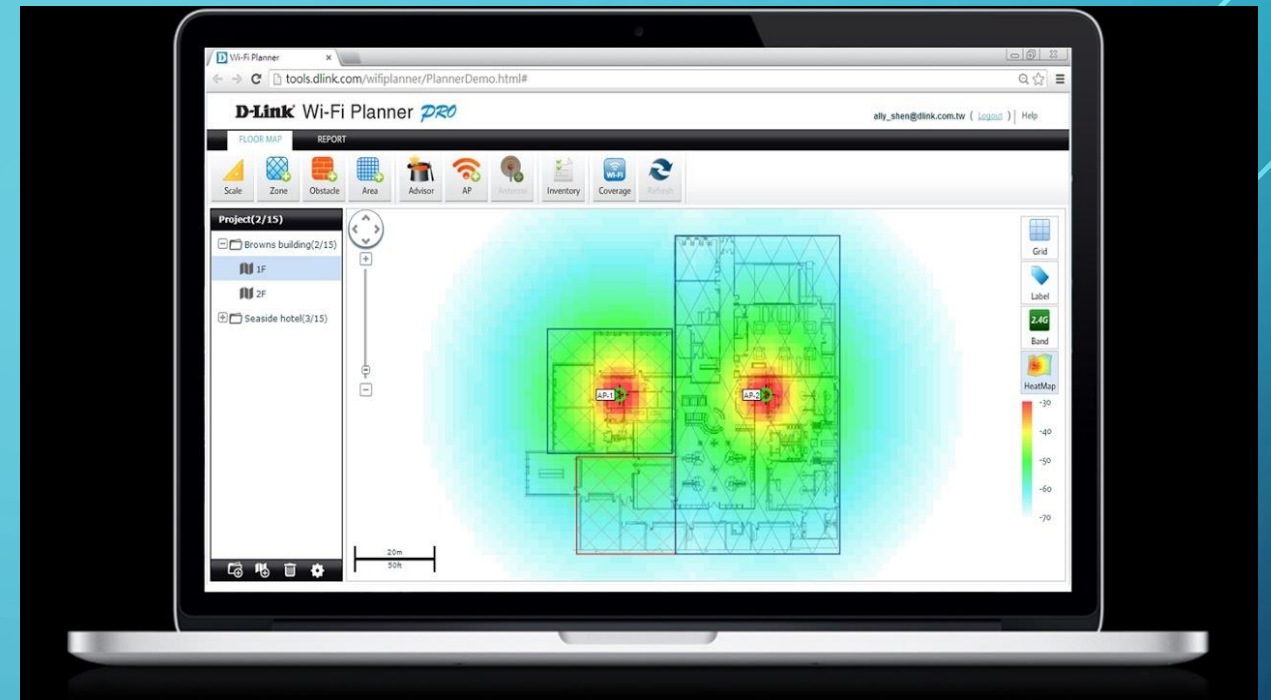
<i>Elementos</i>	<i>Valores</i>
Salidas de transmisor	+ 15 dBm
Cables y conectores	- 3 dB
Antena TX	+ 24 dBi
Antena RX	+ 24 dBi
Cables y conectores	- 3 dB
Sensibilidad del receptor	- 85 dBm

HERRAMIENTAS DE PREDICCIÓN

- Resulta claramente inviable realizar la planificación de una **red inalámbrica en entorno urbano** sin la ayuda de un **simulador software**, que incorpore **modelos de propagación precisos** e información detallada sobre el entorno: edificios, vegetación, etc. Sin embargo, el diseño de un **enlace punto a punto** de corto alcance entre antenas que disponen de visión directa puede llevarse a cabo sobre el papel sin mayores problemas.

DIFERENTES TIPOS





HERRAMIENTAS

- <https://rfelements.com/calc/>
- <https://link.ui.com/>
- <https://www.cambiumnetworks.com/products/software/linkplanner/>
- <http://planner.radwin.com/rplanner/>