

GUÍA 3

$$G_{dB} = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} = 20 \cdot \log_{10} \frac{V_s}{V_e} \quad \left(P = \frac{V^2}{R} \right) \implies \overset{\substack{\text{pérdida de} \\ \text{atenuación}}}{L_{dB} = -G_{dB}}$$

$$\text{Potencia}_{dBW} = 10 \cdot \log \left(\frac{\text{Potencia}_W}{1W} \right); \quad \text{Potencia}_{dBmW} = 10 \cdot \log \left(\text{Potencia}_W \cdot \frac{10^3 mW}{1W} \right)$$

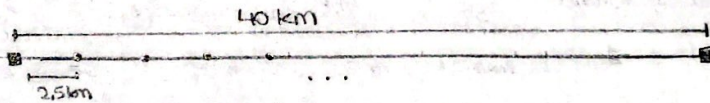
$$\text{Tensión}_{dBmV} = 20 \cdot \log \left(\frac{\text{Tensión}_{mV}}{1mV} \right); \quad \left. \begin{array}{l} \text{Densidad de ruido: } N_0 = KT [W] \\ \text{Índice de ruido: } N = KTB [dB] \end{array} \right\} \begin{array}{l} T = \text{temperatura} \\ B = \text{ancho banda} \\ k = \text{constante} \end{array}$$

$$\text{Factor de Ruido: } F = \frac{(S/N)_e}{(S/N)_s} = \frac{\left(\frac{V_{se}}{V_{ne}} \right)^2}{\left(\frac{V_{ss}}{V_{ns} + V_{ni}} \right)^2}; \quad S/N = \frac{P_s}{P_n} = \left(\frac{V_s}{V_n} \right)^2$$

- 15) Un enlace de fibra óptica abarca 40 km. El emisor de diodo láser tiene potencia de salida de 4,5 mW y el receptor requiere una intensidad de señal de -25 dBm para una relación señal-ruido satisfactoria. La fibra está disponible en longitudes de 2,5 km y puede empalmarse con una pérdida de 0,25 dB por empalme. La fibra tiene una pérdida de 0,3 dB/km. El total de las pérdidas por conectores en los dos extremos es 4 dB. Si el sistema funciona, ¿cuál es el margen disponible? Síno, calcule modificaciones para que el margen sea de 10 dBm.

Datos Atenuaciones

0,25 dB/empalme
0,3 dB/km
4 dB/conector



$$40 \text{ km} / 2,5 \text{ km} = 16 \text{ (resta 1 porque no considero las fronteras del intervalo)}$$

$$\text{Atenuación total: } 0,25 \frac{\text{dB}}{\text{empalme}} \cdot 15 \text{ empalmes} + 0,3 \frac{\text{dB}}{\text{km}} \cdot 40 \text{ km} + \frac{4 \text{ dB}}{\text{conector}} \cdot 2 \text{ conectores} = 23,75 \text{ dB}$$

$$P_{RX} [dBm] = P_{TX} [dBm] - L_s [dB] \geq B_{RX} [dB]$$

$$4,76 \text{ dBm} - 23,75 \text{ dB} \geq -25 \text{ dB}$$

$$-21,95 \text{ dB} \geq -25 \text{ dB} \implies \text{funciona con margen de } 3,05 \text{ dB}$$

$$4,5 \text{ mW} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{4,5}{1} \right) = 6,6 \text{ dBm}$$

- 18) Un circuito amplificador no ideal de 5 dB de ganancia y 3 dB de índice de ruido recibe en la entrada un nivel de señal de 10 dBmV y un nivel de ruido de 50 dBμV. Calcular la Tensión de Ruido Interno (Vni) del circuito en dBmV.

$$G = 5 \text{ dB}$$

$$N = 3 \text{ dB}$$

$$V_{se} = 10 \text{ dBmV}$$

$$V_{ne} = 50 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$1. \text{ obtengo factor de ruido: } N = 10 \cdot \log(F) \Rightarrow F = 10^{\left(\frac{3}{10}\right)} = 1,995$$

$$2. \text{ Obtengo tensiones de salida: } V_{ss} = 10 \text{ dBmV} + G = 15 \text{ dBmV}$$

$$V_{ns} = 50 \text{ dB}\mu\text{V} + G = 55 \text{ dB}\mu\text{V}$$

$$3. \text{ Paso las tensiones a mV: } V [dBmV] = 20 \cdot \log \left(\frac{V [mV]}{1 \text{ mV}} \right) \Rightarrow V [mV] = 10^{\left(\frac{V [dBmV]}{20}\right)}$$

$$4. \text{ Uso en fórmula factor de ruido: } F = \frac{\left(\frac{V_{se}}{V_{ne}} \right)^2}{\left(\frac{V_{ss}}{V_{ns} + V_{ni}} \right)^2} \quad \text{y despejo } V_{ni} \text{ para calcular.}$$

Éxito

GUÍA 4

$$\text{Baudrate} = 2\Delta F [\text{kHz}]$$

$$\text{Bitrate teórico} = \Delta F [\text{kHz}] \cdot \log_2 (1 + S/N) = [\text{kbps}]$$

$$\text{Bitrate real} = 2\Delta F \cdot \log_2 (M), M \leq M_{\text{max}} \text{ y } M = 2^n$$

$$M_{\text{max}} = \sqrt{1 + S/N}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{cambio de} \\ \text{base para} \\ \text{logaritmo} \end{array} \right\} \log_b x = \frac{\log_a x}{\log_a b}$$

- 7 Determinar la máxima velocidad binaria en kbps con que transmitirá un módem 64-QAM sobre un canal de 50 kHz de ancho de banda que tiene relación señal-ruido de $5,2 \times 10^4$ veces.

$$\Delta F = 50 \text{ kHz}$$

$$S/N = 5,2 \times 10^4$$

$$M_{\text{max}} = \sqrt{1 + 5,2 \times 10^4} = 228 \text{ niveles}$$

múltiplo de 2 menor a 228 inmediato es 128 pero módem está limitado a 64 niveles, luego uso 64 para bitrate real.

$$\bullet \text{ Bitrate real: } 2 \cdot 50 \text{ kHz} \cdot \log_2 (64) = 600 \text{ kbps}$$

$$\bullet \text{ Bitrate teórico: } 50 \text{ kHz} \cdot \log_2 (1 + 5,2 \times 10^4) = 763 \text{ Kbps}$$

Se cumple que teórico > real, lo cual siempre debe ser así.

- 8 Un módem tiene la capacidad de reconfigurarse si las condiciones de línea lo requieren, usando 64-QAM, 32-QAM, 16-PSK, 8-PSK, todas sin compresión, y trabaja sobre una línea de 4 kHz con una tasa S/N de 37 dB. Determinar cuál será la máxima velocidad binaria real si el ruido en la línea se duplica.

$$\Delta F = 4 \text{ kHz}$$

$$S/N = 37 \text{ dB} = 10^{\left(\frac{37}{10}\right)} = 5011,87$$

Si se duplica el ruido, S/N se divide por 2 $\rightarrow S/N = 2505,936$

$$\bullet M_{\text{max}} = \sqrt{1 + 2505,936} = 50, \text{ múltiplo de 2 menor inmediato es 32. Como el módem se puede reconfigurar a 32-QAM, usamos } M = 32 \text{ para bitrate real.}$$

$$\bullet \text{ Bitrate real} = 2 \cdot 4 \text{ kHz} \cdot \log_2 (32) = 40 \text{ kbps}$$

$$\bullet \text{ Bitrate teórico} = 4 \text{ kHz} \cdot \log_2 (1 + 2505,936) = 45,17 \text{ kbps}$$

se verifica bitrate teórico > bitrate real.

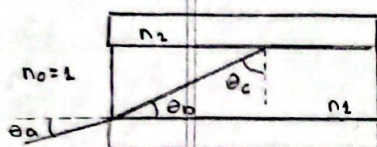
Éxito

GUÍA 7

$$n = \frac{c}{v} ; c = 3 \times 10^8 \frac{m}{seg} ; \lambda = \frac{v}{f}$$

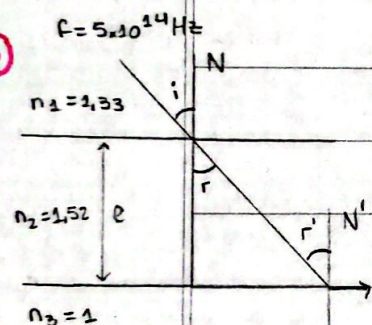
$$AN = \sqrt{\text{abs}(n_1^2 - n_2^2)} ; \theta_c = \arcsen\left(\frac{n_2}{n_1}\right) ; n_1 \cdot \text{sen}(\theta_1) = n_2 \cdot \text{sen}(\theta_2)$$

- ⑥ Para una Fibra óptica multimodo de índice escalón, con un $\theta_c = 75,4^\circ$ y un índice de refracción de la cubierta $n_2 = 1,5$ calcular la apertura numérica NA, n_1 y el ángulo máximo de entrada o aceptación.



$$\begin{aligned} 1,5 \cdot \text{sen } 90^\circ &= n_1 \cdot \text{sen } 75,4^\circ & AN &= \sqrt{1,5^2 - 1,55^2} \\ n_1 &= 1,55 & &= 0,39 \\ \theta_b &= 90^\circ - 75,4^\circ = 14,6^\circ \\ 1,55 \cdot \text{sen } 14,6^\circ &= 1 \cdot \text{sen } \theta_a \\ \theta_a &= \text{sen}^{-1}(0,39) = 23^\circ \end{aligned}$$

⑬



a) Longitudes de onda del rayo ($\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{n \cdot f}$)

$$\begin{aligned} \text{agua: } \lambda &= \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,33 \cdot 5 \times 10^{14} \text{ Hz}} = 4,51 \times 10^{-7} \text{ m} \\ \text{vidrio: } \lambda &= \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,52 \cdot 5 \times 10^{14} \text{ Hz}} = 3,947 \times 10^{-7} \text{ m} \end{aligned}$$

b) Ángulo para reflexión total interna en la segunda cara:

$$\begin{aligned} 1 \cdot \text{sen } 90^\circ &= 1,52 \cdot \text{sen}(r') \\ r' &= 41,14^\circ = r \\ 1,52 \cdot \text{sen } 41,14^\circ &= 1,33 \cdot \text{sen } i \\ i &= \text{sen}^{-1}(0,75) = 48,754^\circ \end{aligned}$$

⑭

Un rayo de luz, de longitud de onda en el vacío $\lambda_0 = 650 \text{ nm}$, incide en el aire sobre un extremo de la fibra óptica, formando un ángulo θ con el eje de la fibra, siendo el índice de refracción $n_1 = 1,48$ dentro de la fibra.

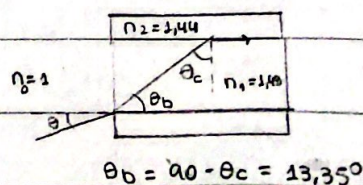
$$\begin{aligned} \text{Longitud de onda de la luz dentro de la fibra: } \lambda &= \frac{v}{f} \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} = 4,6 \times 10^{14} \text{ Hz} \\ n &= \frac{c}{v} \Rightarrow 1 = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{v} \Rightarrow v = 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \\ \lambda &= \frac{c}{n \cdot f} = 4,4 \times 10^{-7} \text{ m} = 440 \text{ nm} \end{aligned}$$

→ $n_2 = 1,44$. Valor máximo de θ para reflexión total interna en P:

Éxito

$$\begin{aligned} 1,44 \cdot \text{sen } 90^\circ &= 1,48 \cdot \text{sen } \theta_c \\ \theta_c &= \text{sen}^{-1}(0,973) = 76,65^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \cdot \text{sen } \theta &= 1,48 \cdot \text{sen } 13,35^\circ \\ \theta &= \text{sen}^{-1}(0,34173) = 19,98^\circ \end{aligned}$$



$$\theta_b = 90 - \theta_c = 13,35^\circ$$

GUÍA 8

$K = 4/3$; $A_{\text{efectiva}} = 0,56 \cdot A_{\text{real}}$; $G_{\text{antena}} = \frac{4\pi A_{\text{efectiva}}}{\lambda^2}$; $R_F = \sqrt{\frac{c \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot (d_1 + d_2)}}$

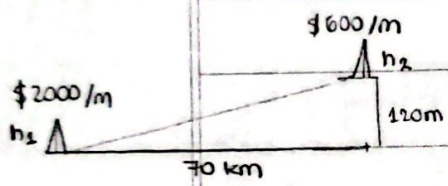
$$L_t [\text{dB}] = 92,44 + 20 \cdot \log(f) + 20 \cdot \log(d)$$

$$L_d [\text{dB}] = 30 \cdot \log(d) + 10 \cdot \log(6 \cdot A \cdot B \cdot F) - 10 \cdot \log(1 - R) - 70$$

$$L_s = L_a + L_t + L_d - 2 \cdot G_{\text{antena}}$$

$$P_r = P_t - L_s \geq S_r$$

- ④ se planea establecer un enlace entre dos ciudades ubicadas a 70 km de distancia. La primera se encuentra a nivel del mar y el costo de instalar una antena aquí es de \$2000 por metro. La segunda ciudad está ubicada a 120 metros sobre el nivel del mar y las antenas alcanzan un costo de \$600 por metro de altura. ¿Qué combinación de alturas es más económica? Sin considerar curvatura terrestre.



$$70 = 3,57 \sqrt{h_1} + 3,57 \sqrt{h_2 + 120} = 3,57 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2 + 120})$$

$$h_2 = \left(\frac{70}{3,57} - \sqrt{h_1} \right)^2 - 120 = h_1 - 39,2 \sqrt{h_1} + 264,4675$$

Función a minimizar: $C = 2000h_1 + 600(h_1 + 39,2\sqrt{h_1} + 264,4675)$

$$\frac{dC}{dh_1} = 2000 + 600 + \frac{600 \cdot 39,2}{2\sqrt{h_1}} = 2600 + \frac{11760}{\sqrt{h_1}} = 0$$

$$h_1 = 20,46 \text{ m}$$

$$h_2 = 20,46 \text{ m} - 39,2 \sqrt{20,46 \text{ m}} + 264,4675 = 107,6 \text{ m}$$

- ⑥ se tiene una antena parabólica de 3 metros de diámetro. Esta tiene una eficiencia de apertura igual a 0,56. ¿Qué ganancia se conseguirá si se transmite a una frecuencia de 4 GHz? ¿Y si se transmite a 6 GHz?

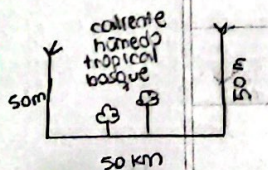
$$A_{\text{efectiva}} = 0,56 \cdot A_{\text{real}} = 0,56 \cdot \pi r^2 = 0,56 \cdot \pi \cdot 1,5^2 = 3,9584 \text{ m}^2$$

$$G_{\text{antena-4GHz}} = \frac{4\pi A_{\text{efectiva}}}{\lambda^2} = 8843,15$$

$$G_{\text{antena-6GHz}} = \frac{4\pi A_{\text{efectiva}}}{\lambda^2} = 19897$$

$$\lambda_1 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{4 \times 10^9 \text{ Hz}} = 0,075 \text{ m}; \quad \lambda_2 = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{6 \times 10^9 \text{ Hz}} = 0,05 \text{ m}$$

- ⑫ Es posible realizar enlace con confianza del 95%?



Sensibilidad: 25 dBm

potencia: 60 dBm

banda 4 GHz

$\lambda = 0,075$

$$G_{\text{antena}} = \frac{4\pi (0,56 \pi r^2)}{\lambda^2} = \frac{4\pi (0,56 \pi \cdot 1,5^2)}{0,075^2} = 3930,3 \rightarrow 35,94 \text{ dB}$$

$$L_d = 30 \cdot \log(50) + 10 \cdot \log(6 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 4) - 10 \cdot \log(1 - 0,95) - 70 = 7,81 \text{ dB}$$

$$L_t = 92,44 + 20 \cdot \log(4 \text{ GHz}) + 20 \cdot \log(50) = 138,46 \text{ dB}$$

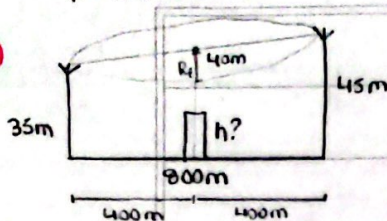
$$L_s = L_d + L_t + L_a - 2G = 74,39 \text{ dBm}$$

$$P_r = P_t - L_s = 60 \text{ dBm} - 74,39 \text{ dBm} = -14,39 \text{ dB} > -25 \text{ dB}$$

(es posible el enlace)

$$f = 2 \text{ GHz} = 2 \times 10^9 \text{ Hz}$$

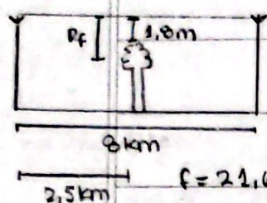
10



$$R_f = \sqrt{\frac{1.3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 400 \text{m} \cdot 400 \text{m}}{2 \times 10^9 \cdot 800 \text{m}}} = 5.477 \text{m}$$

$$40 \text{m} - 5.477 \text{m} = \boxed{34.52 \text{m}}$$

11



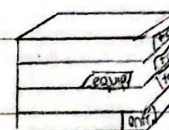
$$R_f = \sqrt{\frac{1.3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 2500 \text{m} \cdot 2500 \text{m}}{21.6 \times 10^9 \cdot 8000 \text{m}}} = 4.886 \text{m}$$

$$\rightarrow 60\% : 2.9315 \text{m}$$

El árbol ocupa más del 60% del radio de Fresnel.

Debemos subir las antenas $2.9315 - 1.8 = 1.1315 \text{m}$ o más.

GUÍA 9



no poner una cosa en cada esquina. más o menos mismo lugar & cableado.

Una empresa multinacional está planificando construir un nuevo edificio corporativo con 12 pisos (incluido PB) exclusivos para uso de oficina de la empresa. Nos llaman a nosotros para que diseñemos cableado estructurado del mismo y recomendaciones a los arquitectos. El edificio debe tener servidores de alta velocidad de las empresas TELECOM y TELEFONICA.

Datos: cada piso tendrá $10\text{m} \times 40\text{m}$

separación entre lasas es 3m

Distribución de los puestos de trabajo será en peine con algunas oficinas para los jefes.

Estará conectado a su sede central que se encuentra a 200m .

→ Lugar y dimensiones para sala de equipos:

- evitar filtraciones de humedad o de agua
- llave que controle acceso
- puerta de más de 90cm para pasar equipamiento
- acceso de cables, cerca de backbone
- posibilidad de expansión
- en el medio del edificio pg. da a todo.

→ Instalaciones de entrada:

- lugar seco
- cerca de canalizaciones verticales, es donde ingresan conexiones a servicios u otros edificios.

$$\rightarrow 0.07 \text{m}^2 \text{ cada } 10 \text{m}^2$$

→ Canalizaciones backbone:

- subterráneas, enterradas o aéreas (externas entre edif.)
- internas pueden ser verticales (de piso a piso) u horizontales (en un mismo piso).

→ Sala de telecomunicaciones

- varios pisos → muchas salas en distintos tipos alineadas verticalmente con canalizaciones verticales desde la sala de equipos.
- transición entre horizontales y verticales.
- ubicación ideal en el centro del área donde presten servicio.
- dist. de telecomunicaciones a otras áreas con horizontal debe ser $< 90\text{m}$, sino pongo otra sala en ese piso.
- ventilación, iluminación.

→ Áreas de trabajo:

- un área de trabajo por cada 10m^2 .
- como mínimo 3 dispositivos de conexión por cada área de trabajo.

Éxito