

GUÍA 3

$$G_{dB} = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} = 20 \cdot \log_{10} \frac{V_s}{V_e} \quad (P = \frac{V^2}{R}) \quad \xrightarrow{\text{perdida o atenuación}} L_{dB} = -G_{dB}$$

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

Tensión $dBmV = 20 \cdot \log \left(\frac{\text{Tensión}_mV}{1mV} \right)$; Densidad de ruido: $N_0 = kT [W]$
 Factor de ruido: $F = \frac{(S/N)_e^2}{(S/N)_s^2} = \frac{\left(\frac{V_{se}}{V_{ne}}\right)^2}{\left(\frac{V_{ss}}{V_{ns} + V_{ni}}\right)^2}$; Índice de ruido: $N = kTB [dB]$

$T = \text{temperatura}$
 $B = \text{ancho banda}$
 $k = \text{constante}$

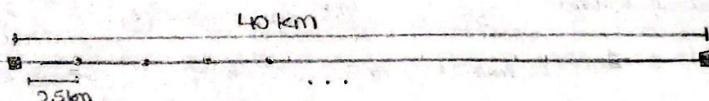
- (15) Un enlace de fibra óptica abarca 40 km. El emisor de diodo láser tiene potencia de salida de 1,5 mW y el receptor requiere una intensidad de señal de -25 dBm para una relación señal-ruido satisfactoria. La fibra está disponible en longitudes de 2,5 km y puede empalmarse con una pérdida de 0,25 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? sino, calcule modificaciones para que el margen sea de 10 dBm.

Datos Atenuaciones

0,25 dB/empalme

0,3 dB/km

4 dB/conector



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

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

$$P_{Rx} [\text{dBm}] = P_{Tx} [\text{dBm}] - L_s [\text{dB}] \geq S_{Rx} [\text{dB}]$$

$$1,76 \text{ dBm} - 23,75 \text{ dB} \geq -25 \text{ dB}$$

$$-22,95 \text{ dB} \geq -25 \text{ dB} \Rightarrow \text{funciona con margen de } 2,05 \text{ dB.}$$

$$2,5 \text{ mW} = 10 \cdot \log_{10} (2,5)$$

- (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 (V_{ni}) del circuito en dBmV.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Éxito

GUÍA 4

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Baudrate} = 2\Delta F [\text{kHz}] \\ \text{Bitrate teórico} = \Delta F [\text{kHz}] \cdot \log_2 (1 + S/N) = [\text{kbps}] \\ \text{Bitrate real} = 2\Delta F \cdot \log_2(M), M \leq M_{\max} \text{ y } M = 2^n \\ M_{\max} = \sqrt{1 + S/N} \end{array} \right.$$

$\log_b x = \frac{\log_a x}{\log_a b}$
cambio de
base para
logaritmo

- 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.

$$\begin{aligned} \Delta F &= 50 \text{ kHz} & M_{\max} &= \sqrt{1 + 5,2 \times 10^4} = 228 \text{ niveles} \\ S/N &= 5,2 \times 10^4 & \text{múltiplo de 2 menor a 228 inmediato es 128 pero módem está} \\ && \text{limitado a 64 niveles, luego usa 64 para bitrate real.} \\ && \bullet \text{Bitrate real: } 2 \cdot 50 \text{ kHz} \cdot \log_2 (64) = 600 \text{ kbps} \\ && \bullet \text{Bitrate teórico: } 50 \text{ kHz} \cdot \log_2 (1 + 5,2 \times 10^4) = 783 \text{ kbps} \\ && \text{Se cumple que teórico} > \text{real, lo cual siempre debe ser así.} \end{aligned}$$

- 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.

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

$$S/N = 37 \text{ dB} = 10^{\frac{37}{10}} = 5011,936$$

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

$$\begin{aligned} &\bullet M_{\max} = \sqrt{1 + 2505,936} = 50, \text{ múltiplo de 2 menor inmediato es 32. Como el} \\ &\text{módem se puede reconfigurar a 32-QAM, usamos } M = 32 \text{ para bitrate real.} \\ &\bullet \text{Bitrate real} = 2 \cdot 4 \text{ kHz} \cdot \log_2 (32) = 40 \text{ kbps} \\ &\bullet \text{Bitrate teórico} = 4 \text{ kHz} \cdot \log_2 (1 + 2505,936) = 45,17 \text{ kbps} \end{aligned}$$

se verifica bitrate teórico > bitrate real.

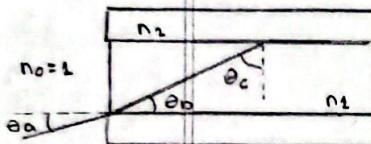
Éxito

GUÍA 7

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

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

- 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.



$$1,5 \cdot \operatorname{sen} 90^\circ = n_1 \cdot \operatorname{sen} 75,4^\circ$$

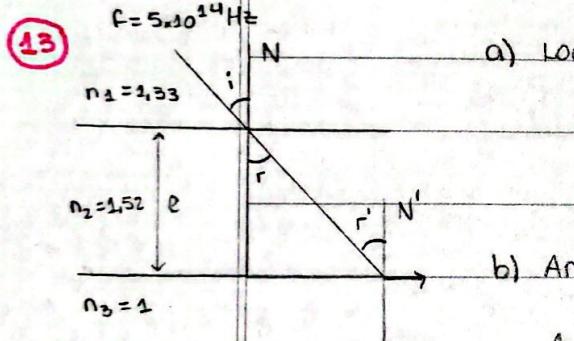
$$n_1 = 1,55$$

$$AN = \sqrt{1,5^2 - 1,55^2} \\ = 0,39$$

$$\theta_b = 90^\circ - 75,4^\circ = 14,6^\circ$$

$$1,55 \cdot \operatorname{sen} 14,6^\circ = 1 \cdot \operatorname{sen} \theta_a$$

$$\theta_a = \operatorname{sen}^{-1}(0,39) = 23^\circ$$



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

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

$$\text{VIDRIO: } \lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1,52 \cdot 5 \times 10^{14} \text{ Hz}} = 3,947 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\text{b) Ángulo para reflexión total interna en la segunda cara:}$$

$$1 \cdot \operatorname{sen} 90^\circ = 1,52 \cdot \operatorname{sen}(r')$$

$$r' = 41,14^\circ = r$$

$$1,52 \cdot \operatorname{sen} 41,14^\circ = 1,33 \cdot \operatorname{sen} i$$

$$i = \operatorname{sen}^{-1}(0,75) = 48,754^\circ$$

- 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.

→ Longitud de onda de la luz dentro de la fibra: $\lambda = \frac{c}{f} \Rightarrow f = \frac{\nu}{\lambda} = 4,6 \times 10^{14} \text{ Hz}$

$$n = \frac{c}{\nu} \Rightarrow \nu = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{f} \Rightarrow \nu = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\lambda = \frac{c}{n \cdot f} = 4,4 \times 10^{-7} \text{ m} = 440 \text{ nm}$$

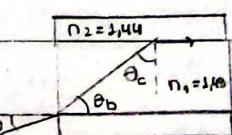
→ $n_2 = 1,44$. Valor máximo de θ para reflexión total interna en P:

$$1,44 \cdot \operatorname{sen} 90^\circ = 1,48 \cdot \operatorname{sen} \theta_c$$

$$\theta_c = \operatorname{sen}^{-1}(0,973) = 76,65^\circ$$

$$1 \cdot \operatorname{sen} \theta = 1,48 \cdot \operatorname{sen} 13,35^\circ$$

$$\theta = \operatorname{sen}^{-1}(0,34173) = 19,98^\circ$$



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

Éxito

GUÍA 8

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

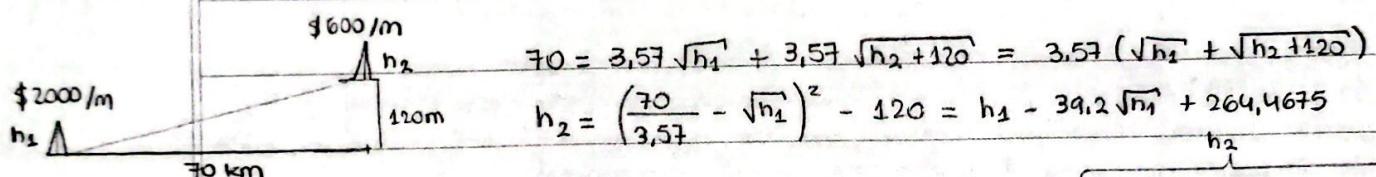
$$L_T [\text{dB}] = 92,44 + 20 \cdot \log(F) + 20 \cdot \log(D)$$

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

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

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

- 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.



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

$$\frac{dc}{dh_1} = 2000 + 600 + 600 \cdot 39,2 \cdot \frac{1}{2\sqrt{h_1}} = 2600 - \frac{11760}{\sqrt{h_1}} = 0$$

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

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

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

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

$$G_{\text{antena-4GHz}} = \frac{4\pi A_{\text{efectiva}}}{\lambda_1^2} = 8843,15 ; \quad G_{\text{antena-6GHz}} = \frac{4\pi A_{\text{efectiva}}}{\lambda_2^2} = 19897$$

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

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

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

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

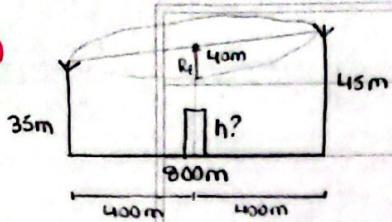
$$L_T = 92,44 + 20 \cdot \log(4 \text{ GHz}) + 20 \cdot \log(50) = 138,46 \text{ dB}$$

$$L_s = L_D + L_T + 2G = 74,39 \text{ dBm} \quad P_r = P_t - L_s = 60 \text{ dBm} - 74,39 \text{ dBm} = -14,39 \text{ dB} > -25 \text{ dB}$$

(es posible el enlace)

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

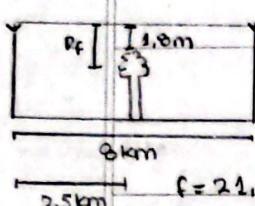
(10)



$$R_f = \sqrt{\frac{1.3 \times 10^8 \frac{m}{s} \cdot 40m \cdot 40m}{2 \times 10^9 \cdot 800m}} = 5,477m$$

$$40m - 5,477m = 34,52m$$

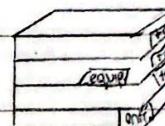
(11)



$$R_f = \sqrt{\frac{1.3 \times 10^8 \frac{m}{s} \cdot 2500m \cdot 5500m}{24.6 \times 10^9 \cdot 8000m}} = 4,886m$$

$$\rightarrow 60\% : 2,9315m$$

El árbol supera más del 60% del radio de Fresnel.
Debemos subir las antenas $2,9315 - 1,8 = 1,1315m$ o más.



No poner una cosa en cada esquina. más o menos mismo lugar x cableado.

GUÍA 9

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 servicios de alta velocidad de las empresas TELECOM y TELEFONICA.

Datos: cada piso tendrá $10m \times 40m$

- separación entre losas es 3m

Distribución de los puestos de trabajo será en paneles 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 para da a todo.

→ Instalaciones de entrada:

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

→ $0,07 m^2$ cada $10m^2$

→ 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.

→ Áreas de trabajo:

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

- transición entre horizontales y verticales.

- ubicación ideal en el centro del área donde prestan servicio.

- dist. de telecomunicaciones a otras áreas con horizontal debe ser < 90m, sino pongo otra sala en ese piso.

- ventilación, iluminación.

Éxito