

REDES Y COMUNICACIONES DE DATOS I

RESUMEN DE FÓRMULAS

Ganancia y Pérdida relativa (dB) → $e = entrada$ y $s = salida$

- Para *potencia*: $G(dB) = 10 \cdot \log(P_s/P_e) = P_s(dBm) - P_e(dBm)$ (ganancia)
 $P(dB) = L(dB) = -G(dB) = 10 \cdot \log(P_e/P_s)$ (pérdida)
- Para *tensión*: $G(dB) = 20 \cdot \log(V_s/V_e)$; $P = V^2/R$

Ganancia absoluta [Nivel de señal en un punto]

- Para *potencia*: $dBm = 10 \cdot \log P_i$; $\forall P_i$ en mW
 $dBW = 10 \cdot \log P_i$; $\forall P_i$ en W
- Para *tensión*: $dBmV = 20 \cdot \log V_i$; $\forall V_i$ en mV
 $dB\mu V = 20 \cdot \log V_i$; $\forall V_i$ en μV

Ruido térmico

- Constante de Boltzmann: $\kappa = 1.38 \cdot 10^{-23} J/K$
- Densidad de potencia del ruido térmico: $N_0(W/Hz) = \kappa \cdot T$; con T en $^{\circ}K$, donde $K = ^{\circ}C + 273$
 $N_0(dBm) = 10 \cdot \log(\kappa \cdot T \cdot 10^3)$
- Potencia de ruido térmico: $P_N(W) = \kappa \cdot T \cdot B = N_0 \cdot B$; donde B es el ancho de banda
 $P_N(dBm) = 10 \cdot \log(\kappa \cdot T \cdot B \cdot 10^3) = 10 \cdot \log(N_0 \cdot B \cdot 10^3)$

Relación señal-ruido [$s = señal$, $n = ruido$]

- Adimensional: $S/N = (P_s/P_N) = (V_s/V_N)^2$; en $mW, W, mV, etc.$
- Para *potencia*: $S/N(dB) = 10 \cdot \log(P_s/P_N)$
- Para *tensión*: $S/N(dB) = 20 \cdot \log(V_s/V_N)$

Factor de ruido [$s_E = señal$ de entrada, $n_E = ruido$ de entrada, $s_S = señal$ de salida, $n_S = ruido$ de salida]

- Si $F = 1$ entonces es *ideal* (no existe ruido interno N_i): $F = (S/N)_e / (S/N)_s$

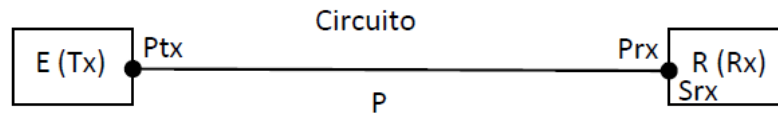
- Si existe ruido interno:
$$F = \frac{\frac{P_{Se}}{P_{Ne}}}{\frac{P_{Ss}}{(P_{Ns} + P_{Ni})}} = \frac{\frac{(V_{Se})^2}{(V_{Ne})^2}}{\frac{(V_{Ss})^2}{(V_{Ns} + V_{Ni})^2}}$$

Índice de ruido

- Si $F = 1$, entonces $N = 0$ (*ideal*): $N(\text{dB}) = 10 \cdot \log(F)$

Factibilidad técnica

- $P_{tx} - P = P_{rx} \geq S_{rx}$



Codificación de señales

- $f_i = f_c + (2i - 1 - M)f_d$

Donde:

f_c = frecuencia de la portadora.

f_d = diferencia de frecuencias.

M = número de elementos de señalización diferentes.

L = número de bits por elemento de señalización.

- Velocidad de transmisión: $v = 2 f_d = \frac{1}{T_s}$
- Ancho de banda: $\Delta F = B = Wd = f_{final} - f_{inicial} + 2 f_d$
 $\Delta F = 2 M f_d$
- $Baudrate = 2 \Delta F \text{ (Hz)} = \text{baudios}$

A ΔF se lo conoce como B (ancho de banda), y tanto B como ΔF se miden en Hz (Nyquist).

- $Bitrate \text{ teórico} = C = \Delta F \text{ (KHz)} \cdot \log_2(1 + S/N) = \text{Kbps}$

Es el límite teórico de un canal (Shannon). La S/N debe ser adimensional.

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

M es el número de tensión por cada elemento de la señal.

- $Bitrate \text{ real} = 2 \Delta F \cdot \log_2 M$, donde $M \leq M_{max}$ y $M = 2^L$

M : cantidad de estados modulados, L : cantidad de bits que transporta cada símbolo.

- Fórmula para cambio de base en logaritmos:

$$\log_a X = \frac{\log_b X}{\log_b a}$$

ADSL

- **Técnica DMT (Discrete Multi-tone):** dividir el rango de frecuencias en multitud de canales estrechos (4,3 KHz c/u) y manejar cada canal como si fuese un enlace independiente.
Al utilizar canales estrechos se asegura un comportamiento lineal en cuanto a atenuaciones y distorsiones dentro de cada canal. Permite a los módems ADSL ajustar la transmisión dentro de cada canal. Por ejemplo, si en un canal hay más ruido que en el resto, transmitirá por el mismo con una menor velocidad o directamente se anula.
- **Cantidad de canales** para un rango de frecuencias de f_1 a f_2 :
$$\text{Canales} = \frac{f_2 - f_1}{4,3 \text{ KHz}}$$
- **Máximo Bitrate teórico:** pasos a seguir:
 1. Calcular la cantidad de canales totales en base a los rangos de relación señal a ruido S/N y atenuación.
 2. Calcular la cantidad de canales ascendentes activos.
 3. Calcular la cantidad de canales descendentes activos.
 4. Calcular el Bitrate teórico por cada grupo de canales ascendentes y descendentes activos.
 5. Calcular el Bitrate total ascendente y el Bitrate total descendente de los canales activos.
- **Máximo de pérdida admisible:** se obtiene mediante el cálculo de la factibilidad técnica vista anteriormente, la cual establece que la potencia de entrada P_{tx} menos las pérdidas P debe ser mayor o igual que la sensibilidad S_{rx} . Despejando nos queda la fórmula para encontrar las pérdidas:

$$P_{tx} - P \geq S_{rx} \quad \Rightarrow \quad P = P_{tx} - S_{rx}$$

- **Canales activos e inactivos:** dividiendo las pérdidas del canal por la distancia del enlace, se puede obtener la **máxima atenuación por distancia admisible** del canal. Luego nos fijamos en la tabla de atenuaciones de los canales, si el canal presenta una atenuación menor al máximo admisible, es factible y se considera activo, de lo contrario, el canal se considera inactivo.
- **Bitrate real (m-aria):** calculamos el M_{max} correspondiente a cada rango de canales, y lo aproximamos al menor valor entero más cercano que sea múltiplo de potencias de 2.

Fibra Óptica

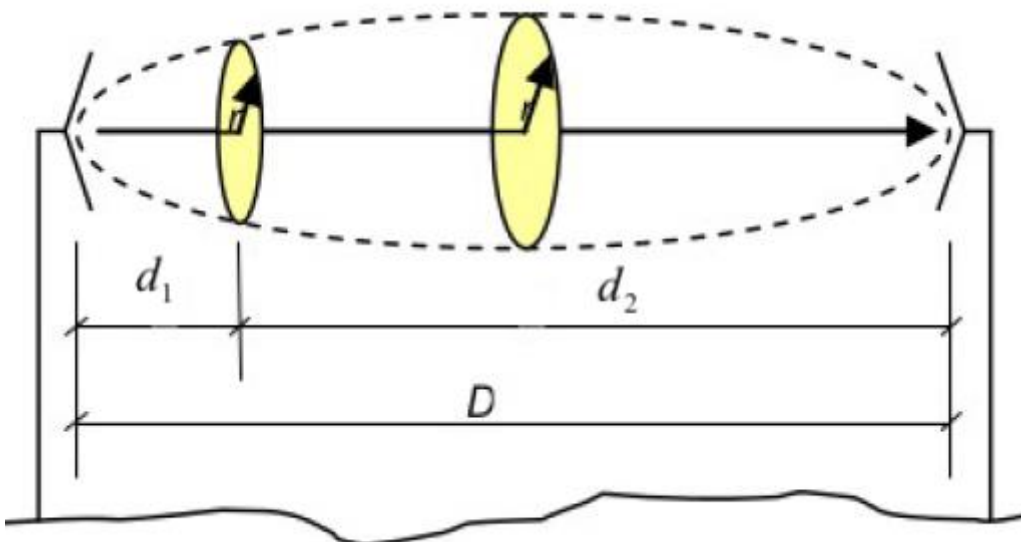
- **Tips:**
 - La longitud de onda específica de trabajo (por ejemplo: 1310 nm) depende de los equipos (TX y RX) y la FO sólo debe permitirla (por ejemplo: atenuación a 1300 nm correspondiente a Ventana 2).
 - Un enlace factible que utiliza *fibra monomodo (SM)* opera al máximo bitrate al que se pueden configurar los equipos.
 - Un enlace factible que utiliza *fibra multimodo (MM)* opera al máximo bitrate que permite el ancho de banda de la ventana de trabajo (efecto por dispersión que provoca ensanchamiento del pulso).
- **Pérdidas:** $P = A\lambda \cdot D$; $A\lambda$: atenuación de la ventana de trabajo (dB/Km), D : distancia (Km)
- **Apertura máxima:**
$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$
$$NA = \sin \theta_{ent}$$
- **Ángulo crítico:** $n_1 \sin \theta_{crit} = n_2 \sin 90^\circ \rightarrow \theta_{crit} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1} \sin 90^\circ\right)$
- **Ángulo máximo de entrada o aceptación:** $NA = n_0 \sin \theta_{ent} \rightarrow \theta_{ent} = \arcsin NA$; $n_0 = 1$

- **Velocidad de la luz:** $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- **Velocidad en el medio:** $v_{\text{medio}} = \frac{c}{n}$, donde n es el índice de refracción del medio
- **Frecuencia del haz:** $f = \frac{v_{\text{medio}}}{\lambda}$ ó $f = \frac{c}{\lambda}$ si el medio es el aire
- **Bitrate máximo:**
 - Monomodo: según la configuración del equipo
 - Multimodo: efecto de ensanchamiento [Mbps · Km] / distancia [Km]

Radio enlaces (antenas)

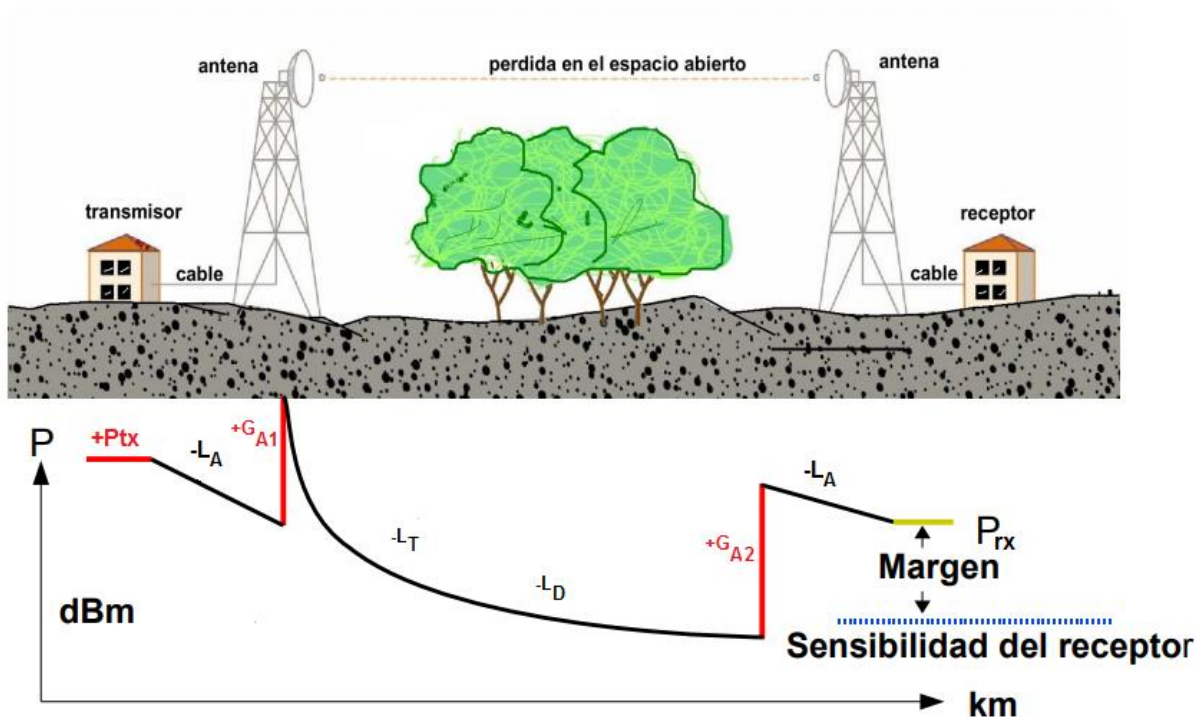
- Si no hay obstáculos, la línea de *visión óptica* es: $D = 3,57\sqrt{h}$
 - D es la distancia entre la antena y el horizonte en km.
 - h es la altura de la antena en metros.
- La línea de *visión efectiva o de radio* es: $D = 3,57\sqrt{Kh}$
 - $K = 4/3$ es el efecto de refracción de las microondas en la atmósfera.
- **Distancia máxima entre dos antenas:** $D = 3,57(\sqrt{Kh_1} + \sqrt{Kh_2}) = 3,57\sqrt{K}(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$
- **Antena isotrópica:** irradia con la misma intensidad en todas las direcciones, entonces su ganancia es igual a 1.
- **Antena parabólica:** $A_{\text{real}} = \pi r^2$ $A_{\text{eff}} = A_{\text{real}} \cdot \text{Eficiencia de apertura}$
- La **ganancia** de una antena se relaciona con el área efectiva según la siguiente ecuación:

$$G = \frac{4\pi A_{\text{eff}}}{\lambda^2} = \frac{4\pi f^2 A_{\text{eff}}}{c^2}$$
- **Radio de la zona de Fresnel:** $r_n = \sqrt{n \cdot \lambda \cdot \frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2}} = \sqrt{n \cdot \frac{c}{f} \cdot \frac{d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$



A mayor frecuencia, el radio de Fresnel es menor, por lo que se puede deducir que el haz de energía se concentra más.

- Pérdidas de alimentación (se calcula por cada lado):** $L_A(dB) = A_d + L_x + L_c$
 donde (ver Tabla 1):
 A_d = atenuación por distancia
 L_x = pérdida por diversidad
 L_c = pérdida por par de acoples
- Pérdida en la trayectoria del espacio libre:** $L_T(dB) = 92,44 + 20 \log F + 20 \log D$
- Pérdida por Margen de Desvanecimiento:** $L_D(dB) = 30 \log D + 10 \log(6 A B F) - 10 \log(1 - R) - 70$
 donde (ver Tabla 2):
 D = distancia en Km
 A = factor de rugosidad
 B = factor climático
 F = frecuencia en GHz
 R = confiabilidad expresada en forma decimal (99% = 0,99)
- Pérdidas del sistema:** $L_S(dB) = L_A + L_T + L_D - G_A$
- Ecuación de factibilidad del enlace:** $P_{rx}(dBm) = P_{tx}(dBm) - L_S(dB) \geq S_{rx}(dBm)$



Capa de enlace

- *Códigos de Control Reservados*: es un método utilizado por algunos protocolos orientados al carácter. Por ejemplo, el BISYNC de IBM que emplea el conjunto de caracteres ASCII, además de caracteres imprimibles emplea también un conjunto de caracteres de control como los siguientes:

Codificación				Denominación	Descripción
Hexadecimal	Decimal	Octal	Binaria		
01	1	001	00000001	SOH	Comienzo de cabecera
02	2	002	00000010	STX	Comienzo de texto
03	3	003	00000011	ETX	Fin de texto
04	4	004	00000100	EOT	Fin de transmisión
06	6	006	00000110	ACK	Acuse de recibo correcto
10	16	020	00010000	DLE	Secuencia de escape
15	21	025	00010101	NAK	Acuse de recibo negativo
16	22	026	00010110	SYN	Caracter de sincronismo

Para que la transmisión de los caracteres en el campo de datos sea transparente, hay que enmascarar aquellos que coincidan con los que se utilizan para control. Para ello se utiliza el caracter DLE antes de cualquier caracter correspondiente al conjunto de control.

- *Método de Inserción del bit*: es utilizado por algunos protocolos orientados a los bits, tales como HDLC, SDLC ó PPP en modo de transmisión sincrónica. Se agrega un conjunto de 8 bits adicionales al principio y al final (01111110) y luego de cada grupo de cinco 1's consecutivos se agrega un 0.

- *Longitud del enlace*: $B = R \cdot \frac{d}{v_p}$

- *Tiempo de propagación*: $t_{prop} = \frac{d}{v_p}$

- *Tiempo de la trama*: $t_\alpha = \frac{8L}{C} \quad \forall L[\text{bytes}]$

- *Retardo de propagación*: $\alpha = \frac{B}{L} \quad \text{ó} \quad a = \frac{t_{prop}}{t_\alpha}$

- *Eficiencia*: $U = \frac{1}{1+2\alpha} = \frac{1}{1+2a} = \frac{t_\alpha}{t_\alpha + 2 t_{prop}}$

$$U = \frac{S_{tam}}{1+2a} \quad , \text{ donde } S_{tam} \text{ es el tamaño de la ventana}$$