

## Capacidad del Canal - Nyquist y Shannon

### Formulas:

$$\text{Baudrate} = 2 \Delta F \text{ (KHz)} = \text{Kbaudios} \quad (1)$$

$$\text{Bitrate teórico} = \Delta F \text{ (KHz)} \times \log_2 (1+S/N) = \text{Kbps} \quad (2)$$

$$m_{\max} = \text{raiz} (1+S/N) \quad (3)$$

$$\text{Bitrate real} = 2\Delta F \times \log_2 m \text{ donde } m \leq m_{\max} \text{ y } m = 2^n \quad (4)$$

$m$  = cantidad de estados modulados y  $n$  = cantidad de bits que transporta cada símbolo

### Comentarios:

- Tecnologías HDSL/G.SHDSL utilizan un solo canal del ancho de banda definido en el enunciado, generando un servicio simétrico y full dúplex cuyas prestaciones estarán determinadas por la peor S/N y la peor atenuación.
- Tecnologías ADSL (G.DMT) utilizan canales de 4,3 KHz, generando un servicio asimétrico (25 canales de subida y 224 canales de bajada) cuyas prestaciones estarán determinadas por la S/N y atenuación de cada canal como si fuera un enlace independiente.

### PROBLEMA Nº 1:

Utilizando los datos del problema de la Práctica 3, a excepción de la distancia que para este caso será 2150 m, y utilizando tecnología ADSL (G.DMT). Calcular

a) Calcular el máximo baudrate, en baudios o símbolos/segundo.

b) Calcular el máximo bitrate teórico.

c) Calcular cuál sería el máximo bitrate real.

### EJERCICIOS TIPO PARCIAL

### PROBLEMA Nº 2:

Para un enlace ADSL con técnica DMT y modulación QAM, los valores de atenuación del medio fueron medidos con instrumento y representados en la Tabla 1. Además, se sabe que los valores de potencia de transmisión del módem son de -3 dBm y la sensibilidad de recepción del DSLAM de -39 dBm y que la técnica DMT usa unos 224 canales de bajada y unos 25 de subida.

TABLA 1: ATENUACIÓN ESPECÍFICA PARA LAS FRECUENCIAS EN MHZ

Frecuencia	Atenuación (dB/100m)
------------	----------------------

Redes y Comunicaciones de Datos I  
Práctica Nº 4 Nyquist y Shannon:  
Marcelo T. Gentile, Hernán Soperez, Gabriel Filippa

(MHz)	
0,0000 – 0,1505	1,75
0,1505 – 0,2966	1,9
0,2966 – 0,5073	2,0
0,5073 – 0,8728	2,2
0,8728 – 1,1010	3,3

Para este enlace y sin considerar otro tipo de pérdidas, como por ejemplo los introducidos en empalmes:

- Considerando el principio de funcionamiento de la técnica DMT, calcular cuál es la peor S/N (dB) que permite al menos un bitrate real de 6 Mbps / 1Mbps (Descendente / Ascendente). **Respuesta S/N  $\geq$  30,1 dB**
- Con las mismas consideraciones del punto a), determinar cuál es la máxima distancia a la que podrá estar instalado el módem. **Respuesta D  $\geq$  1,64 km**
- Determinar cuál es el máximo bitrate real para la distancia calculada en el punto b) teniendo en cuenta que a partir de los 740 KHz el medio está afectado por una S/N de 25 dB. **Respuesta (7,086 Mbps / 1,075 Mbps)**
- Con las mismas consideraciones de los puntos anteriores, calcular cuál es el máximo bitrate teórico (Descendente / Ascendente). **Respuesta (7,127 Mbps / 1,075 Mbps)**

### PROBLEMA Nº 3:

Una empresa que se encuentra ubicada en un parque industrial quiere aprovechar un par telefónico que tiene instalado entre la administración y la planta, que antiguamente era utilizado para comunicaciones de datos de baja velocidad mediante módems dedicados (Leased Line), para instalar un enlace digital de Banda Ancha. Por este motivo tenemos que evaluar la factibilidad técnica de dos tecnologías (ADSL y G.HDSL) y seleccionar la que permitiría el mayor **bitrate real** con un mínimo de 512 Kbps en ambos sentidos (512 Kbps / 512 Kbps).

Suponiendo que las características básicas de las dos tecnologías evaluadas son las siguientes:

Frecuencia	Atenuación (dB/100m)
0 – 0,1505 MHz	1,5
0,1505 – 0,2967 MHz	1,8
0,2967 – 0,5073 MHz	2,1
0,5073 – 0,8728 MHz	2,7
0,8728 – 1,101 MHz	3,5

Frecuencia	S/N
0 – 77,3 KHz	31 dB
77,3 – 184,8 kHz	27 dB
184,8 – 623,4 kHz	23 dB
623,4 – 976,0 kHz	22 dB
976,0 – 1100,7 kHz	18 dB

- ADSL: Emplea la banda 30-137,5 KHz para el canal ascendente y 137,5-1100,7 KHz para el descendente utilizando modulación M-QAM.

- *G.SHDSL: Tecnología Full Duplex que trabaja en la banda de frecuencias 10-500 KHz y utiliza modulación 16PAM o 32PAM de acuerdo a la mínima S/N existente en la banda de trabajo.*

*Para ello se requiere:*

- a) Calcular el **Máximo bitrate teórico** (Ascendente y Descendente) para ambas tecnologías, considerando que la distancia entre los módems sería de 3000 m. Considere que los parámetros del medio han sido obtenidos con instrumental específico, los representados en la tabla, y que la potencia de transmisión es de 5 dBm y la sensibilidad de recepción es de -54 dBm en ambos tipos de módems (ADSL o G.SHDSL). No considere otros tipos de pérdidas como por ejemplo las de empalmes, etc. **Respuesta G.HDSL = NO FACTIBLE; ADSL = (1,279 Mbps / 1,05 Mbps)***
- b) Determinar cuál es el **Máximo bitrate real** (Ascendente y Descendente) que podría tener dicho servicio, teniendo las mismas consideraciones del punto a). **Respuesta G.HDSL = NO FACTIBLE; ADSL = (1,049 Mbps / 0,954 Mbps)***
- c) Proponer una tecnología que permita satisfacer el requisito de **Máximo bitrate real** cumpliendo con el mínimo exigido en ambos sentidos (512 Kbps / 512 Kbps). **Respuesta: ADSL la única factible.***
- d) Recalcular el **Máximo bitrate real** para ambas tecnologías si ahora la distancia entre módems es de 2700 m. **Respuesta G.HDSL = La S/N no permite 16PAM; ADSL = (2,313 Mbps / 0,956 Mbps)***