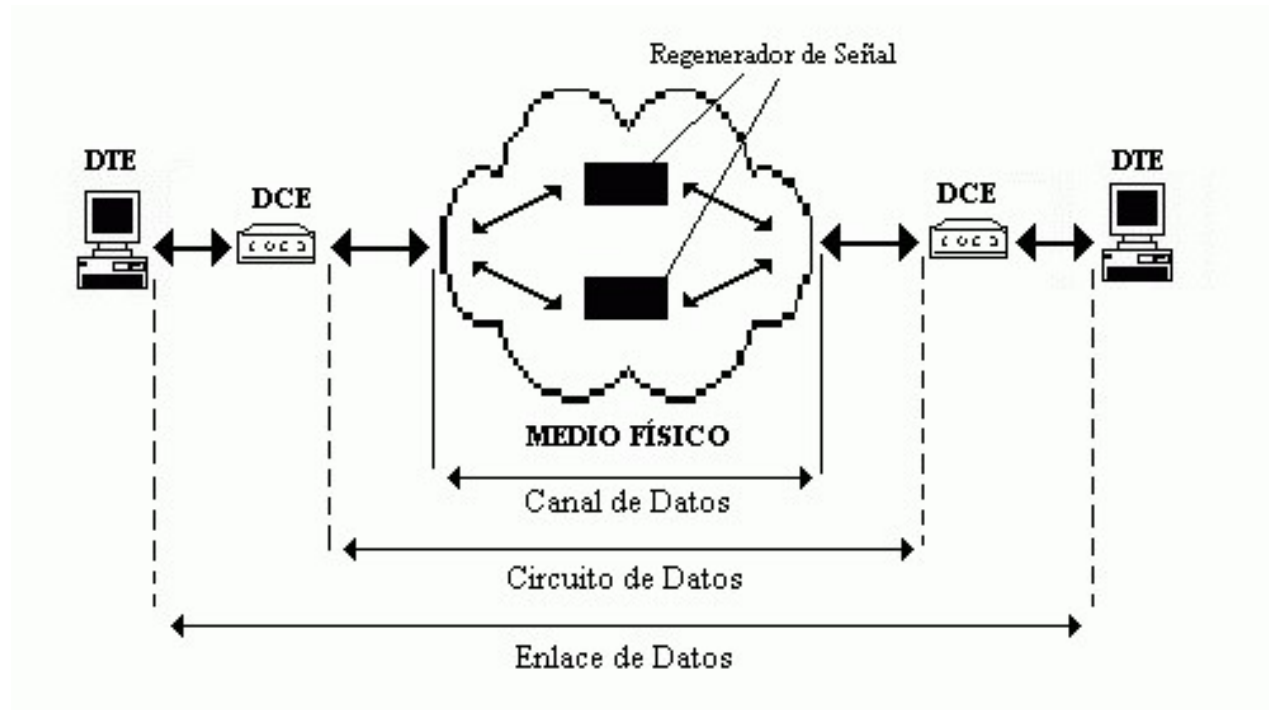


TEMA 3

NIVEL FÍSICO

3.1 Funciones de la capa física

Esquema de comunicación entre DTE's



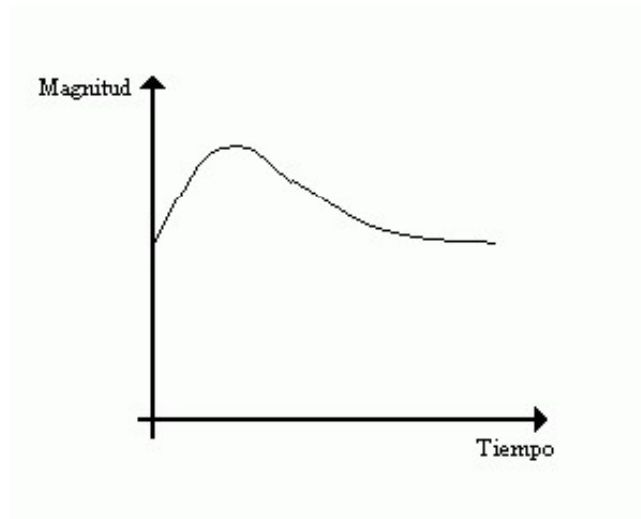
DTE (*Data Terminal Equipment*): Equipo Terminal de Datos (PC).

DCE (*Data Circuit-Terminating Equipment*): Equipo Terminador de Circuito de Datos (Interfaz de red).

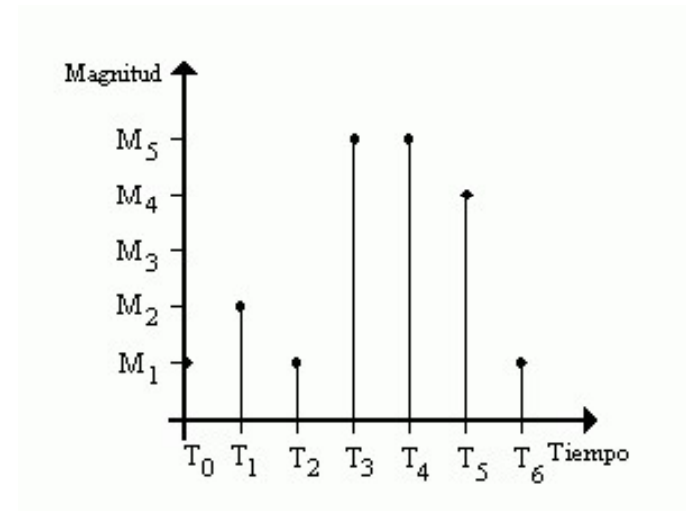
3.2 Transmisión de una señal de datos.

Tipos de señales

Señal analógica



Señal digital



3.2 Transmisión de una señal de datos.

Análisis de señales con series de Fourier

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cdot \cos(2\pi n f_0 t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cdot \sin(2\pi n f_0 t)$$

$T = \text{Periodo de la señal } f(t)$
 $f_0 = \frac{1}{T} = \text{Frecuencia de la señal } f(t)$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(2\pi n f_0 t) dt \quad n = 0, \dots, \infty$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(2\pi n f_0 t) dt \quad n = 1, \dots, \infty$$

Armónico de orden n:

Par de funciones cos y sen
de frecuencias $n f_0$ y
amplitudes a_n y b_n .

Una señal está compuesta por
la suma de infinitos armónicos.

3.2 Transmisión de una señal de datos.

Análisis de señales con series de Fourier

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cdot \cos(2\pi n f_0 t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cdot \sin(2\pi n f_0 t)$$

$T = \text{Periodo de la señal } f(t)$
 $f_0 = \frac{1}{T} = \text{Frecuencia de la señal } f(t)$

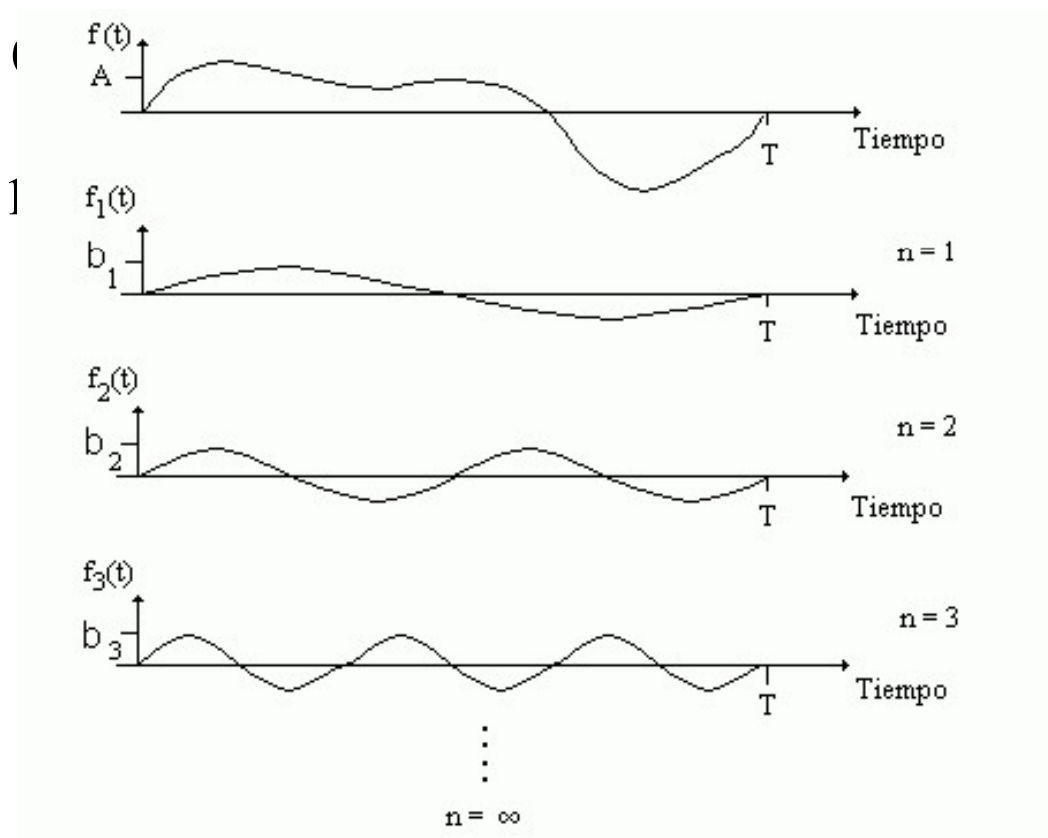
$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos(2\pi n f_0 t) dt \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin(2\pi n f_0 t) dt \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Armónico de orden n :

Par de funciones cos y sen
de frecuencias $n f_0$ y
amplitudes a_n y b_n .

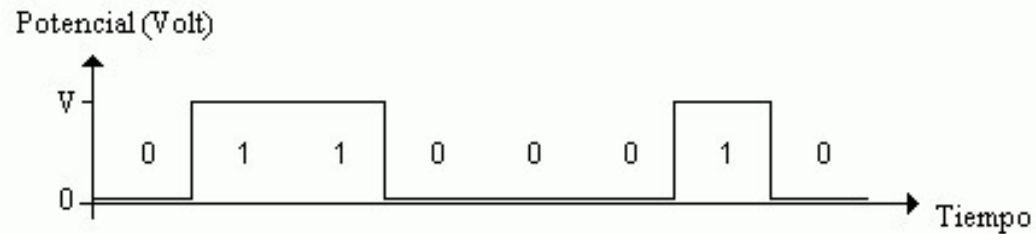
Una señal está compuesta por
la suma de infinitos armónicos.



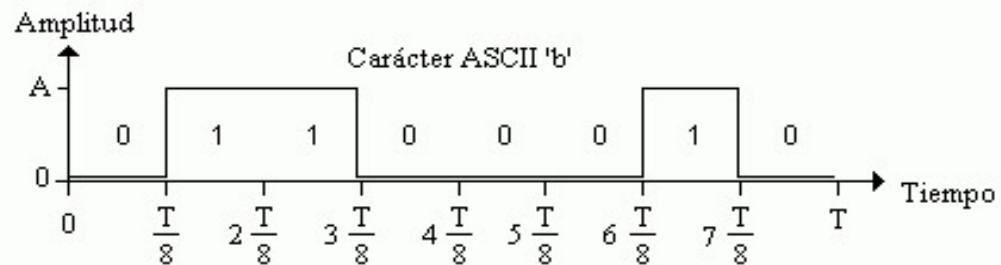
3.2 Transmisión de una señal de datos.

Análisis de señales con series de Fourier

Señal analógica de pulsos



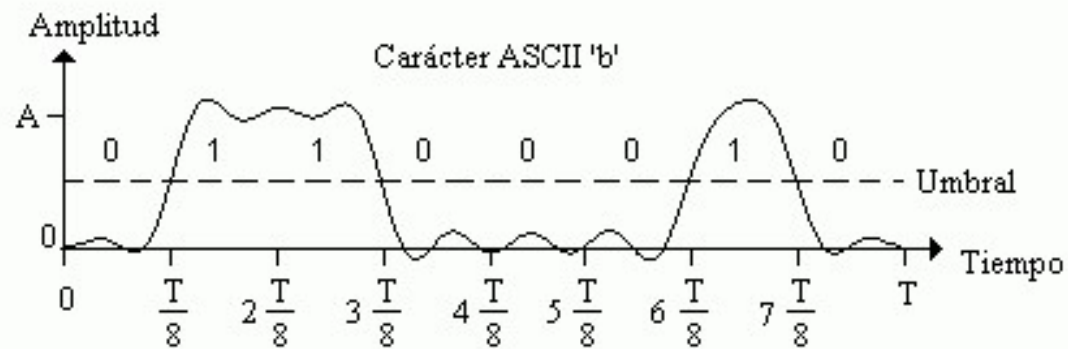
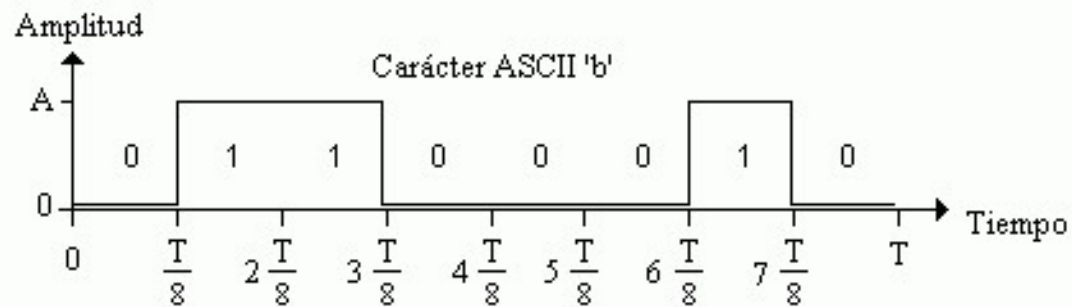
Señal periódica asociada a la transmisión secuencial de un carácter ASCII



3.2 Transmisión de una señal de datos.

Análisis de señales con series de Fourier

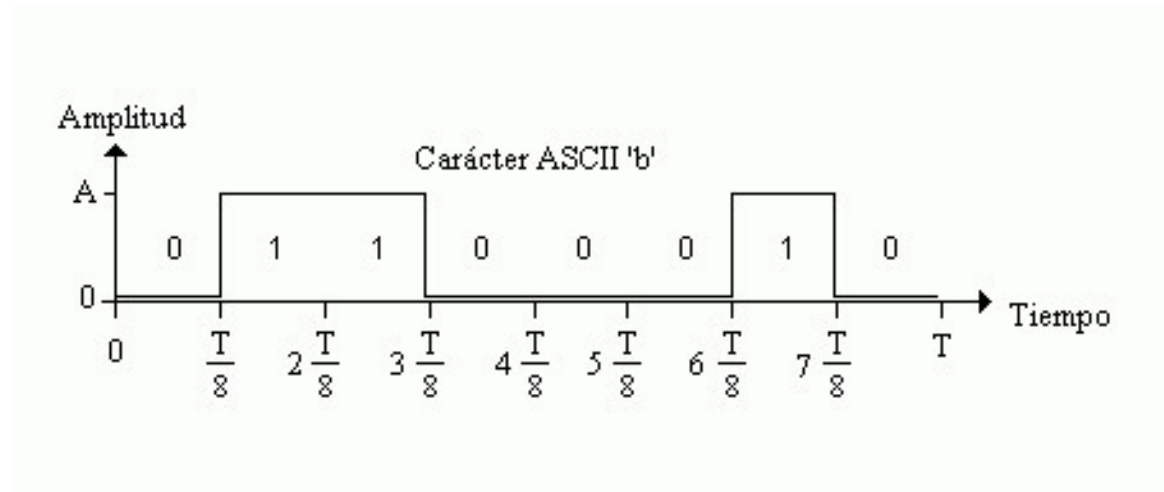
Reconstrucción de la señal empleando los 10 primeros armónicos



3.2 Transmisión de una señal de datos.

Análisis de señales con series de Fourier

Cálculo de valores de frecuencia de componente frecuenciales (armónicos)



Dado $T=1$ ms, la frecuencia fundamental (f_0) de la señal será $f_0 = 1/0.001$ seg = 1000 Hz

Las componentes frecuenciales de la señal de pulsos serán funciones seno/coseno de diferentes amplitudes y valores de frecuencia:

$$f_1 = 1 \cdot f_0 = 1000 \text{ Hz}$$

$$f_4 = 4 \cdot f_0 = 4000 \text{ Hz}$$

$$f_7 = 7 \cdot f_0 = 7000 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 2 \cdot f_0 = 2000 \text{ Hz}$$

$$f_5 = 5 \cdot f_0 = 5000 \text{ Hz}$$

$$f_8 = 8 \cdot f_0 = 8000 \text{ Hz}$$

$$f_3 = 3 \cdot f_0 = 3000 \text{ Hz}$$

$$f_6 = 6 \cdot f_0 = 6000 \text{ Hz}$$

$$f_9 = 9 \cdot f_0 = 9000 \text{ Hz}$$

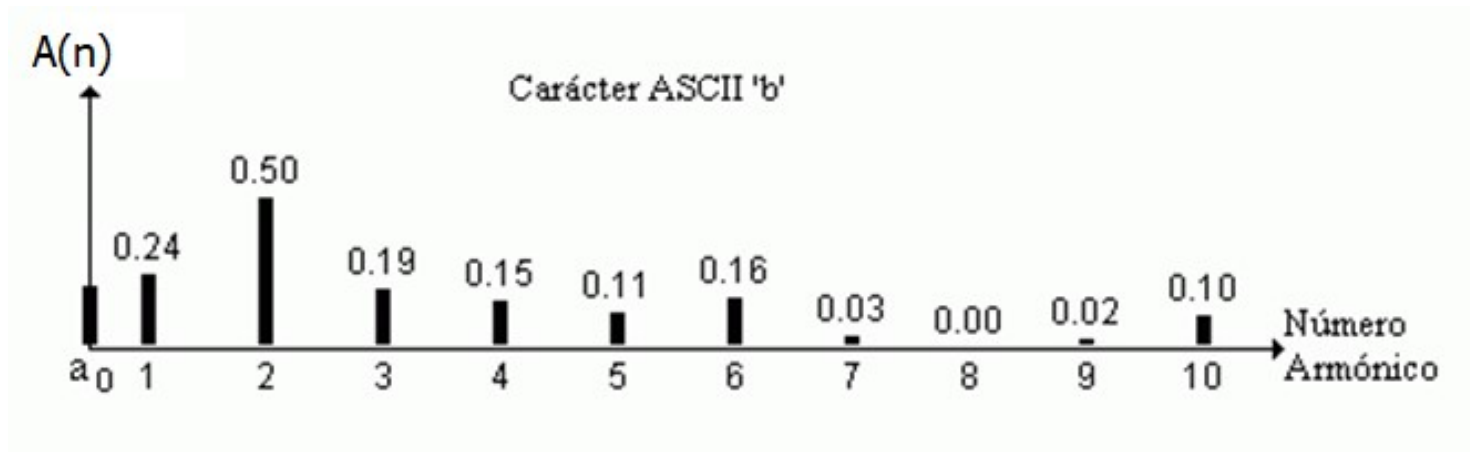
3.2 Transmisión de una señal de datos.

Análisis de señales con series de Fourier

Espectro de potencia de una señal

$$A(n) = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

Valor medio de la contribución en amplitud de un armónico a la reconstrucción de la señal

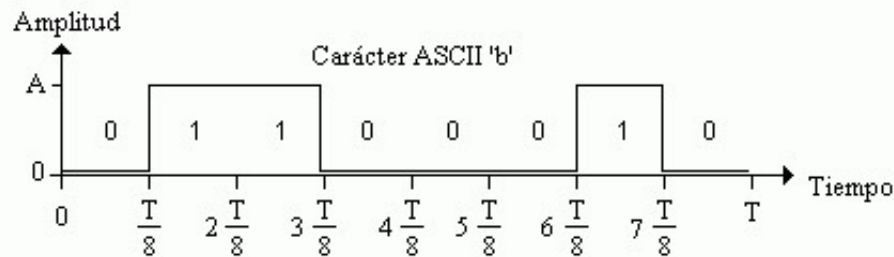


Todas las señales existentes tienen un espectro de frecuencia donde las componentes de menor frecuencia tienen en general valores de amplitud mayores que las componentes de mayor frecuencia.

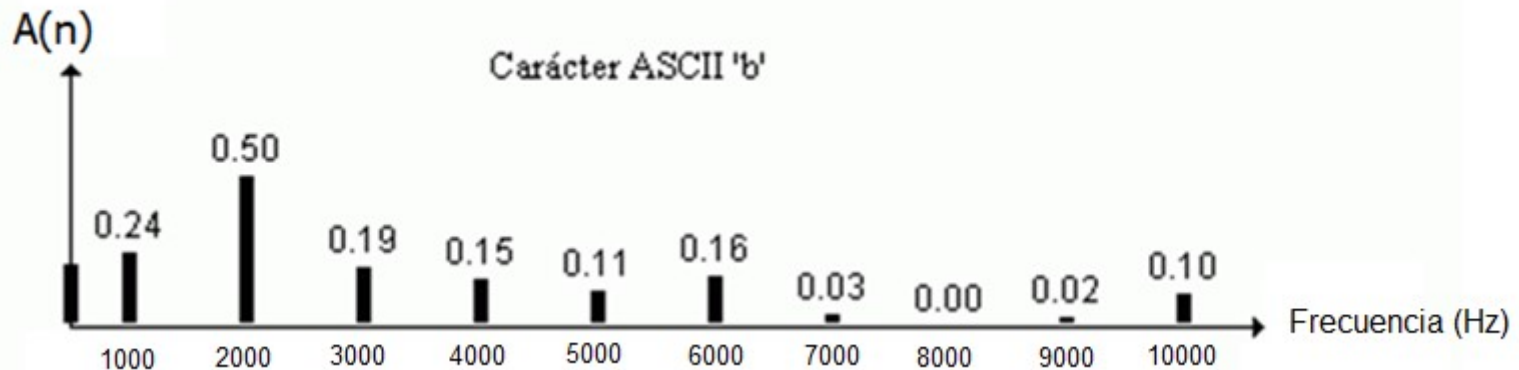
3.2 Transmisión de una señal de datos.

Análisis de señales con series de Fourier

Espectro de potencia de una señal



Dado $T=1$ ms, $f_0 = 1000$ Hz

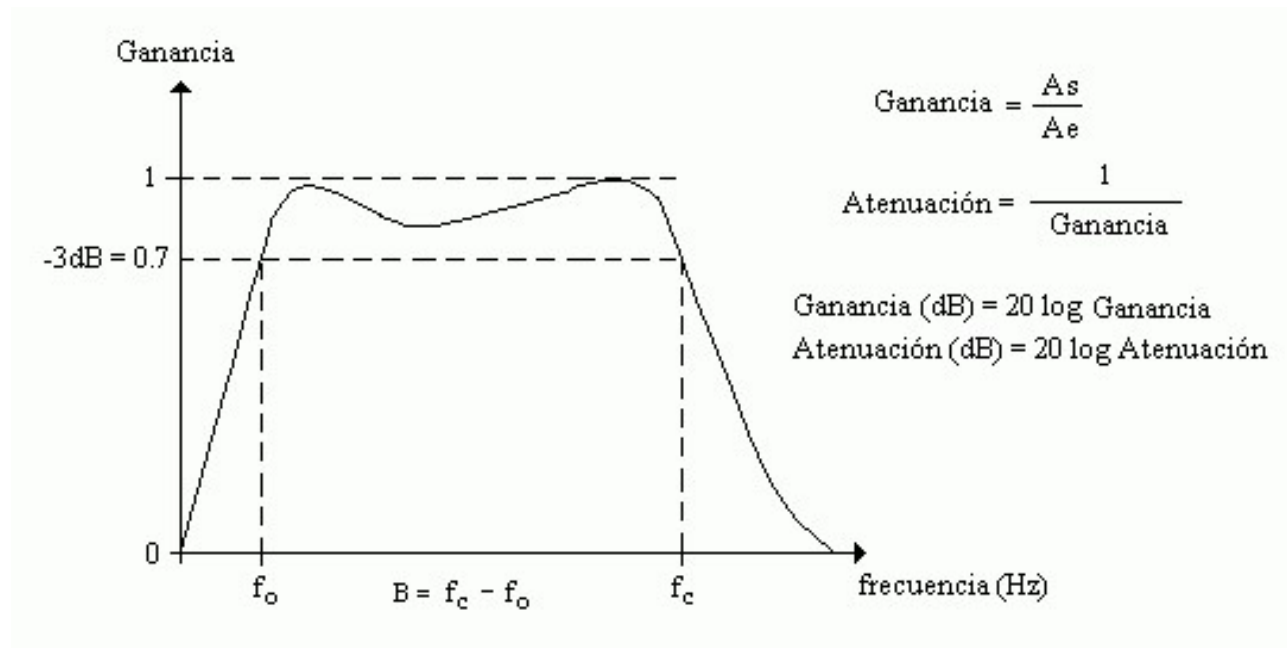


3.2 Transmisión de una señal de datos.

Ancho de banda de un medio físico (B)

Un medio físico es capaz de transmitir los armónicos o componentes frecuenciales de una señal que tengan una frecuencia dentro de un rango determinado.

$$B = f_c - f_0 \text{ Hz (Hertzios)}$$

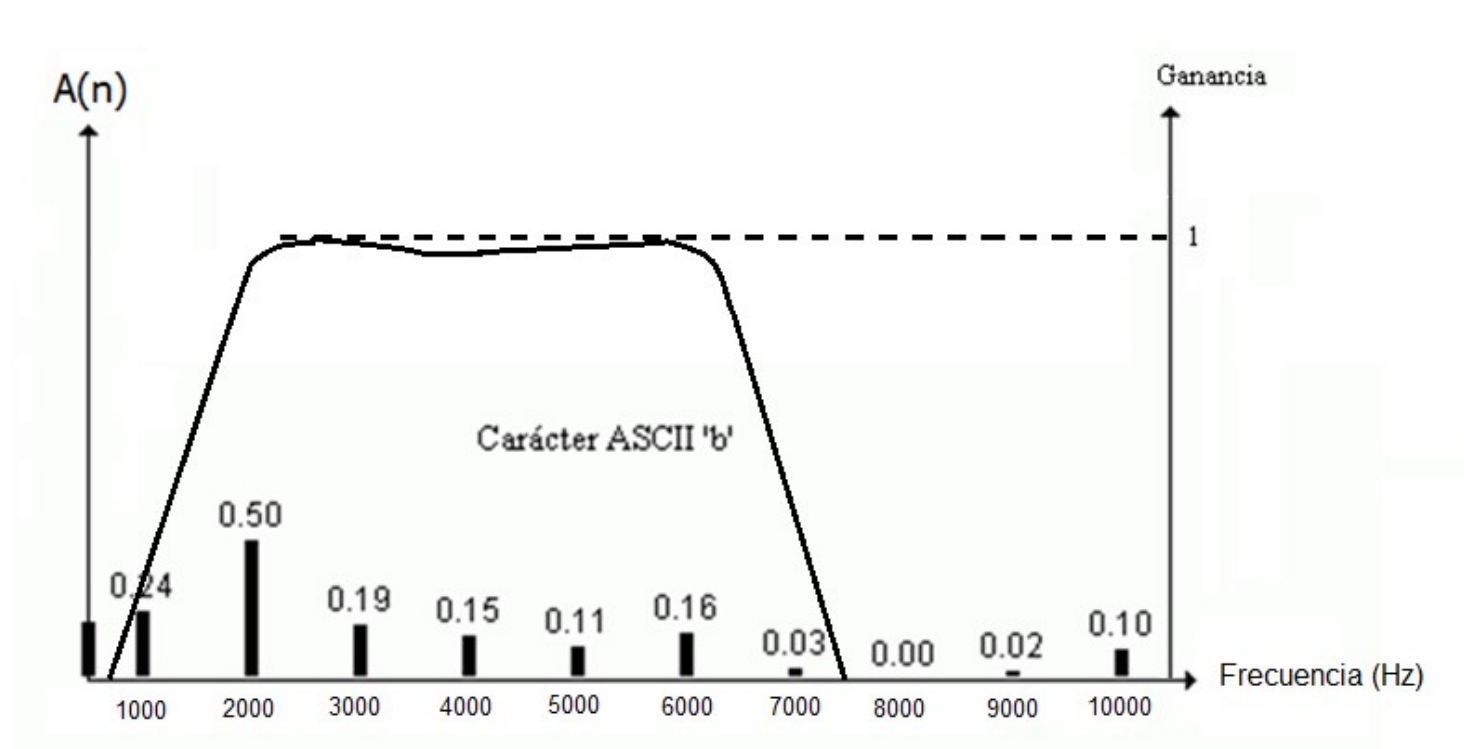


Si no se indica específicamente, el valor de f_0 es 0 Hz, por lo que B es la mayor frecuencia que puede ser transmitida por un medio físico.

3.2 Transmisión de una señal de datos.

Ancho de banda de un medio físico (B)

Efecto del ancho de banda de un medio en las señales transmitidas a través del mismo

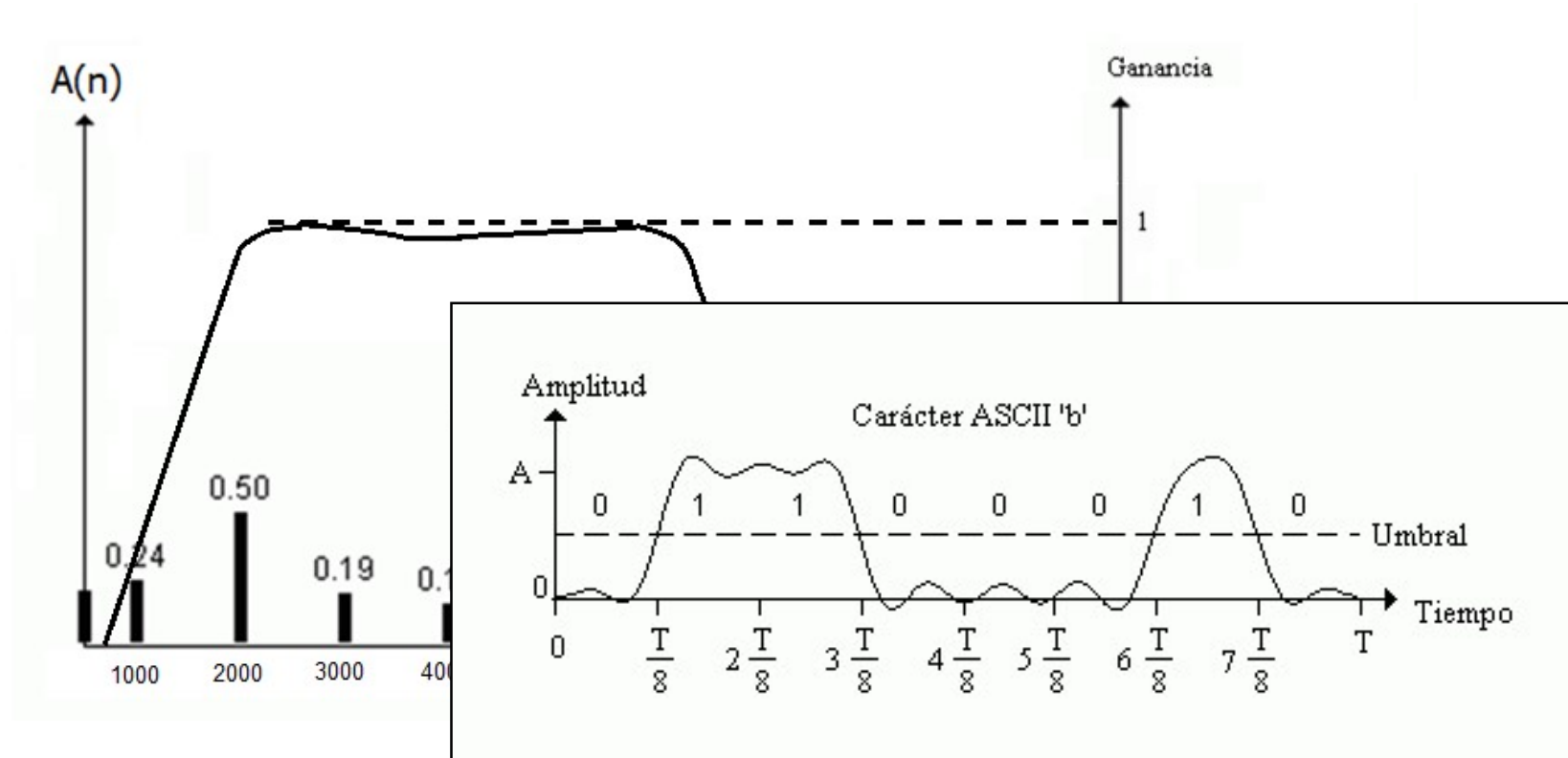


Una señal se transmite correctamente si la suma de las componentes frecuenciales que pasan a través del medio físico permite identificar la misma información que la señal original.

3.2 Transmisión de una señal de datos.

Ancho de banda de un medio físico (B)

Efecto del ancho de banda de un medio en las señales transmitidas a través del mismo

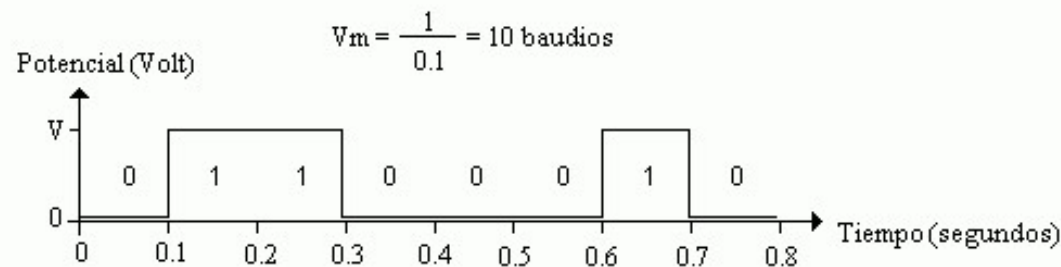


Una señal se transmite correctamente si la suma de las componentes frecuenciales que pasan a través del medio físico permite identificar la misma información que la señal original.

3.2 Transmisión de una señal de datos.

Velocidad de modulación (V_m)

Número de veces por unidad de tiempo que la magnitud física de una señal puede variar su valor. Unidad de velocidad de modulación: baudio (bd)



$$v_t = \frac{8 \text{ bits}}{0.8 \text{ seg}} = 10 \text{ bps}$$

Velocidad de transmisión en un medio físico (V_t)

Número de bits transmitidos por unidad de tiempo en un medio físico.

Unidad de V_t : bps (bits por segundo)

1000 bps \Leftrightarrow 1 Kbps

1000 Kbps \Leftrightarrow 1 Mbps

1000 Mbps \Leftrightarrow 1 Gbps

1000 Gbps \Leftrightarrow 1 Tbps

Unidad de V_t : Bps (bytes por segundo)

1024 Bps \Leftrightarrow 1 KBps

1024 KBps \Leftrightarrow 1 MBps

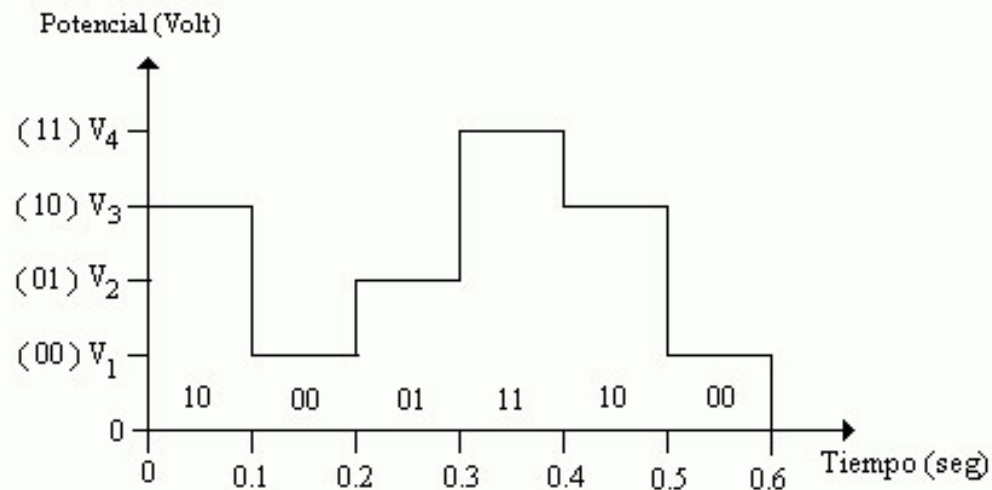
1024 MBps \Leftrightarrow 1 GBps

1024 GBps \Leftrightarrow 1 TBps

3.2 Transmisión de una señal de datos.

Relación entre V_t y V_m

$$V_t = V_m \cdot \log_2 n \quad n = \text{número de niveles de la señal de pulsos}$$



$$V_t = \frac{12 \text{ bits}}{0.6 \text{ seg}} = 20 \text{ bps} \quad V_t = \frac{1 \text{ cambio}}{0.1 \text{ seg}} \log_2 4 = 20 \text{ bps}$$

3.2 Transmisión de una señal de datos.

Relación entre B, Vt y número de armónicos transmitidos en un medio

Sea n el número de armónicos de una señal que son transmitidos por un medio, f_0 la frecuencia fundamental de la señal periódica transmitida y B el ancho de banda del medio. Entonces,

$$n \cdot f_0 \leq B \quad (1)$$

Si se transmite una señal periódica consistente en la repetición de 8 bits en un tiempo de T segundos, entonces

$$V_t = \frac{8}{T} = 8 \frac{1}{T} = 8 f_0 \text{ bps} \quad \text{luego} \quad f_0 = \frac{V_t}{8} \text{ Hz} \quad (2)$$

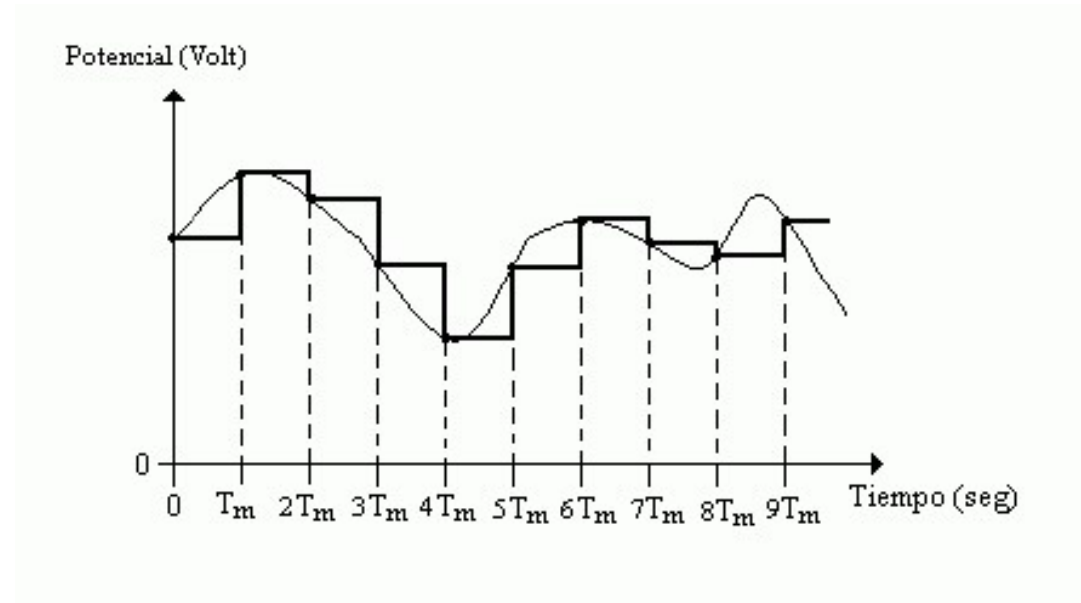
Sustituyendo (2) en (1) obtenemos:

$$n \cdot \frac{V_t}{8} \leq B$$

3.2 Transmisión de una señal de datos.

Teorema de Nyquist

Reconstrucción de señales empleando un muestreador

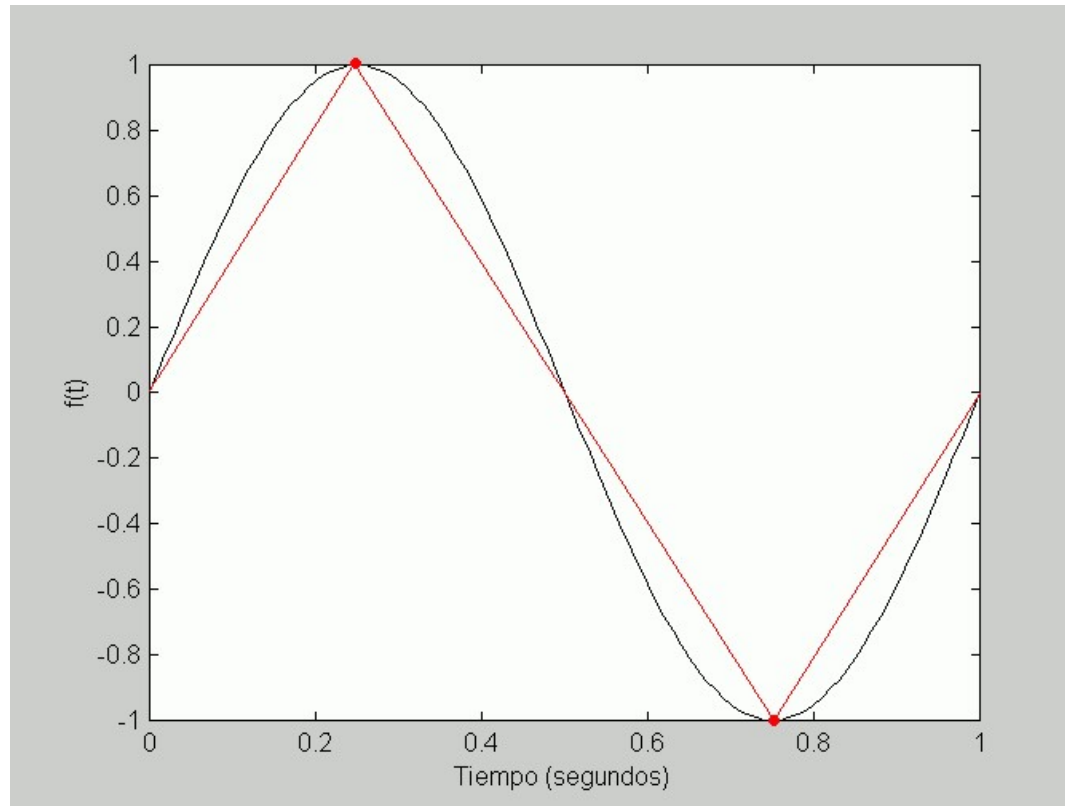


$$\begin{aligned} f_m &= \text{frecuencia de muestreo} \\ T_m &= \text{periodo de muestreo} \end{aligned} \quad f_m = \frac{1}{T_m}$$

3.2 Transmisión de una señal de datos.

Teorema de Nyquist

Representación de la función $f(t) = A \cdot \sin(2\pi t)$ donde $A=1$ y $T= 1$ seg ($f = 1$ Hz)



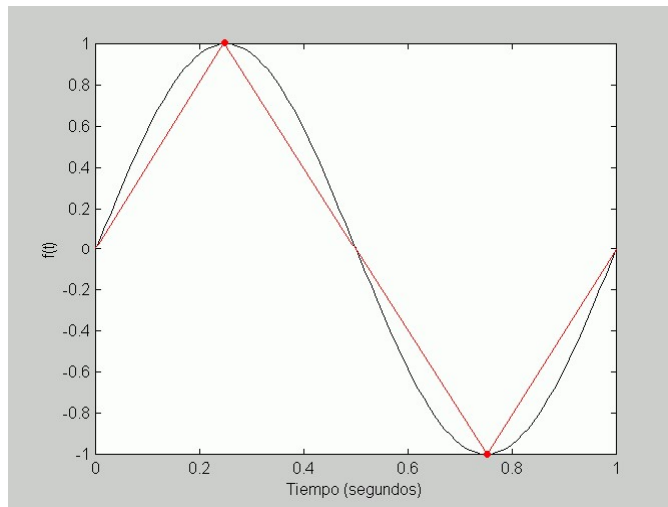
Para recuperar una función seno (o coseno) se necesitan como mínimo dos puntos en cada periodo de la señal. Luego $T_m = 0.5$ segundos y $f_m = 2$ Hz = $2 f$.

3.2 Transmisión de una señal de datos.

Teorema de Nyquist

Si un medio físico tienen un ancho de banda B , entonces es cierto que:

La frecuencia del armónico de mayor frecuencia de la señal transmitido por el medio físico tendrá una frecuencia de B Hz



$$f_m = 2B \text{ Hz}$$

La velocidad de modulación para una señal de pulsos es el número de veces por unidad de tiempo en que se detectan cambios.

$$V_{m(max)} = \frac{1}{T_m} = f_m = 2B \text{ baudios}$$

Ejemplo: Transmisión de pulsos en RTC

$$B = 4000 \text{ Hz} \Rightarrow$$

$$V_{t(max)} = 2 \cdot 4000 \cdot \log_2 2 = 8000 \text{ bps}$$

$$V_{t(max)} = V_{m(max)} \log_2 n = 2B \log_2 n \text{ bps}$$

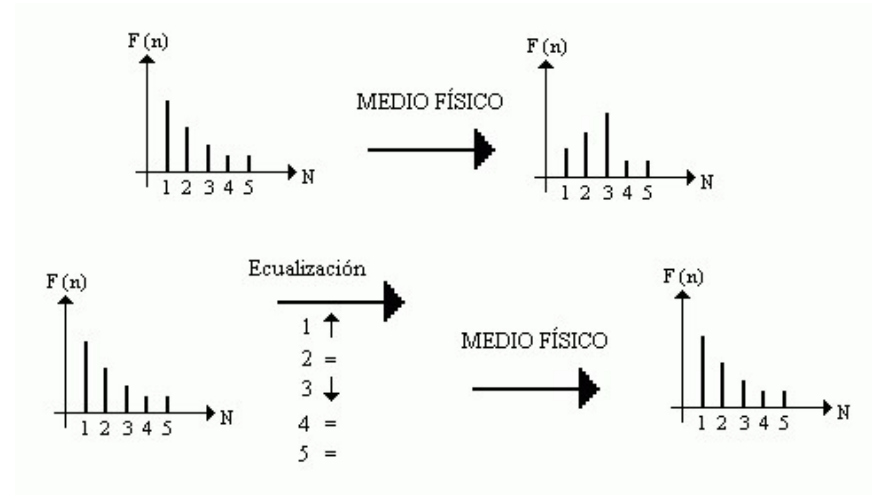
n = Número de niveles de la señal



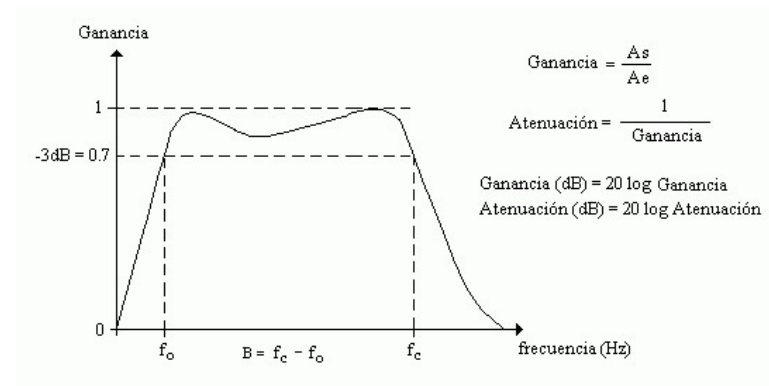
3.2 Transmisión de una señal de datos.

Distorsión en el medio de transmisión

1. Atenuación



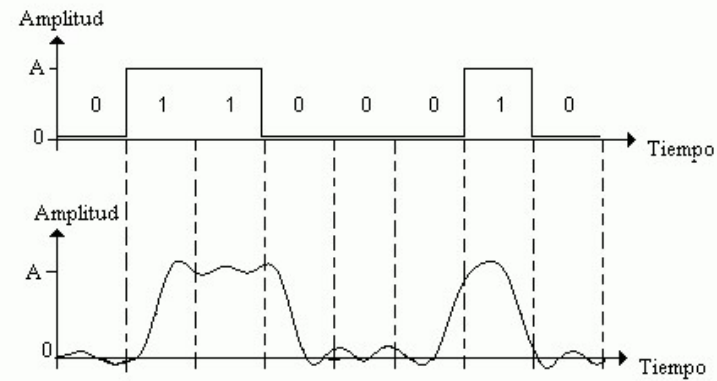
2. Ancho de banda



3.2 Transmisión de una señal de datos.

Distorsión en el medio de transmisión

3. Distorsión de retardo



4. Ruido



3.2 Transmisión de una señal de datos.

Ruido en el medio. Teorema de Shannon



Ruido de fondo en un medio físico

$$\text{Relación señal-ruido (signal to noise ratio)} = 10\log_{10}\left(\frac{P_s}{P_n}\right) \text{ dB (decibelios)}$$

Teorema de Shannon

Velocidad máxima de transmisión en un medio físico (independientemente del número de niveles de la señal) con una relación señal ruido en el medio.

$$V_{t(max)} = B\log_2\left(1 + \frac{P_s}{P_n}\right) \text{ bps}$$

3.2 Transmisión de una señal de datos.

Ruido en el medio. Teorema de Shannon

Ejemplo: Velocidad máxima de transmisión de señales de pulsos en la RTC con una relación señal ruido de 30 dB.

$$V_{t(max)} = 4000 \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{P_n} \right) \text{ bps}$$

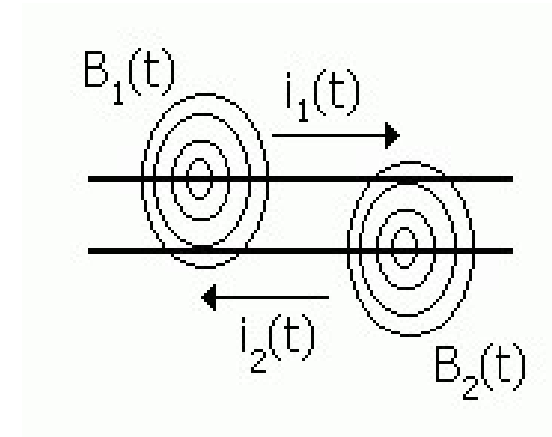
$$30 \text{ dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_s}{P_n} \right) \Rightarrow \log_{10} \left(\frac{P_s}{P_n} \right) = \frac{30}{10} = 3 \quad \frac{P_s}{P_n} = 10^3 = 1000$$

$$V_{t(max)} = 4000 \log_2 (1 + 1000) = 4000 \frac{\log_{10}(1001)}{\log_{10} 2} = 39868.91 \text{ bps}$$

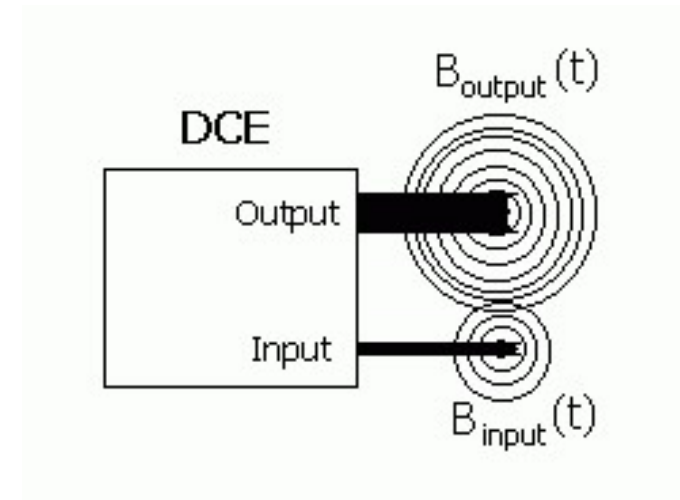
3.2 Transmisión de una señal de datos.

Tipos de ruido según la naturaleza de su origen

1. Ruido cruzado (crosstalk) o diafonía →



2. Autoacoplamiento →



3.2 Transmisión de una señal de datos.

Tipos de ruido según la naturaleza de su origen

3. Ruido de impulso

