

William Stallings

Comunicaciones y Redes de Computadores

Capítulo 3

Transmisión de datos

Terminología

- Emisor.
- Receptor.
- Medios de transmisión:
 - Medios guiados:
 - | Ejemplo: pares trenzados, fibras ópticas.
 - Medios no guiados:
 - | Ejemplo: el aire, el mar o el vacío.

Terminología

- Enlace directo:
 - Sin dispositivo intermedio.
- Punto a punto:
 - Enlace directo.
 - Sólo dos dispositivos comparten el medio.
- Multipunto:
 - El mismo medio es compartido por más de dos dispositivos.

Terminología

- Simplex:
 - Una única dirección.
 - Ejemplo: televisión.
- Half-duplex:
 - Ambas estaciones pueden transmitir, pero no simultáneamente.
 - Ejemplo: radio de la policía.
- Full-duplex:
 - Ambas estaciones pueden transmitir al mismo tiempo.
 - Ejemplo: teléfono.

Frecuencia, espectro y ancho de banda

■ Conceptos en el dominio temporal:

■ Señal continua:

- | La señal varía suavemente en el tiempo.

■ Señal discreta:

- | La intensidad se mantiene constante durante un determinado intervalo de tiempo, tras el cual la señal cambia a otro valor constante.

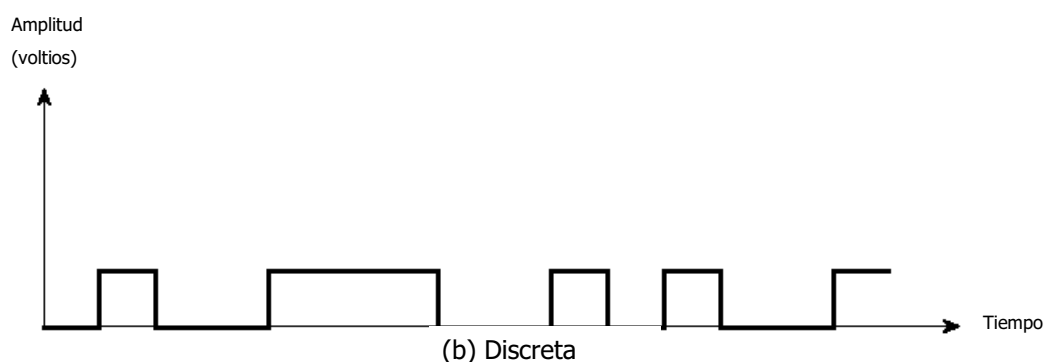
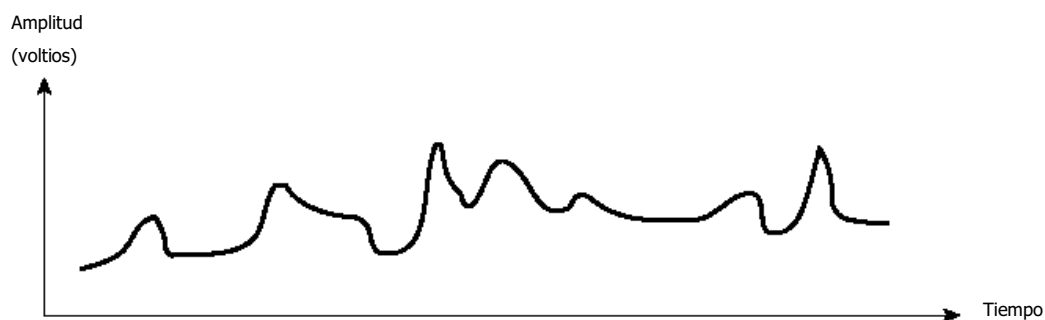
■ Señal periódica:

- | Se repite un patrón a lo largo del tiempo.

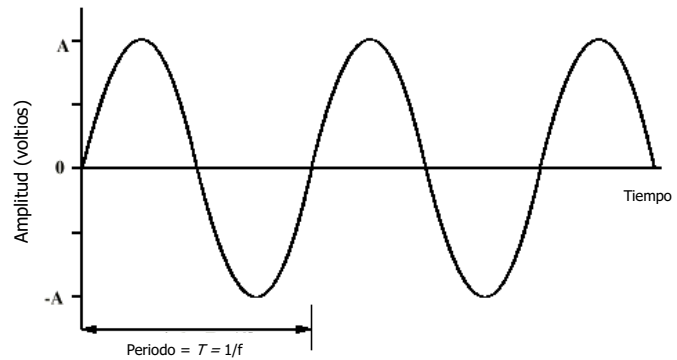
■ Señal no periódica:

- | No se repite un patrón a lo largo del tiempo.

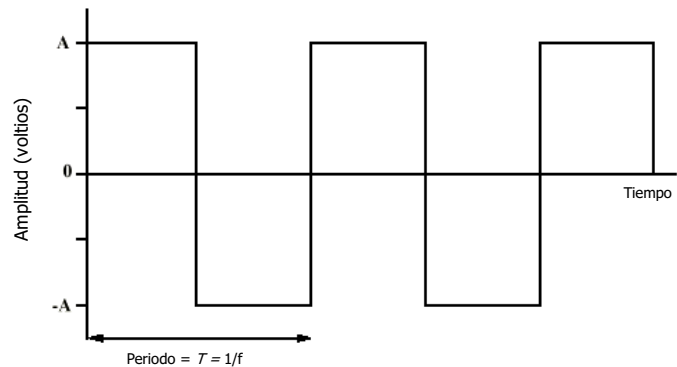
Señales continua y discreta



Señales periódicas



(a) Onda sinusoidal

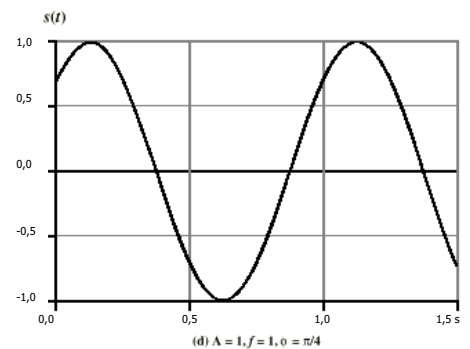
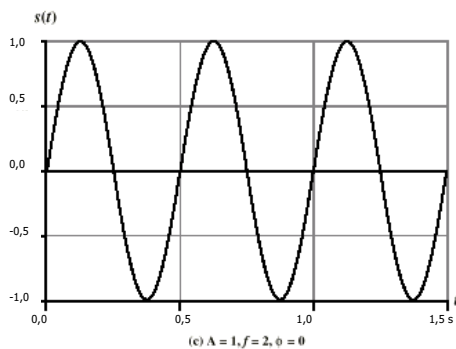
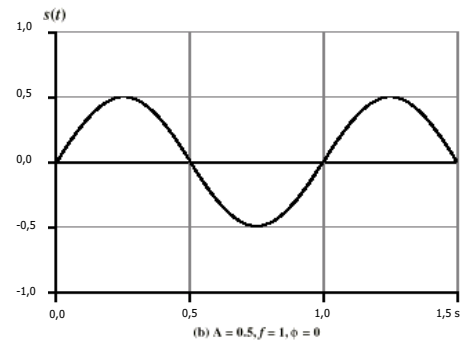
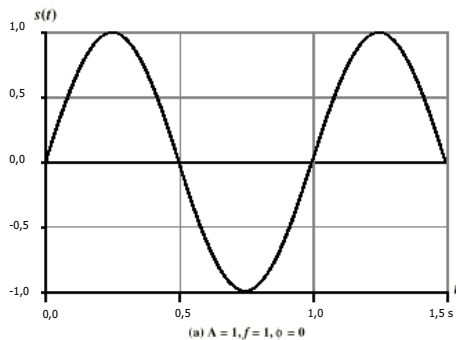


(b) Onda cuadrada

Onda sinusoidal

- Amplitud de pico (A):
 - Valor máximo de la señal.
 - Voltios.
- Frecuencia (f):
 - Razón a la que la señal se repite.
 - Hertzios (Hz) o ciclos por segundo.
 - Periodo: tiempo transcurrido entre dos repeticiones consecutivas de la señal (T).
 - $T = 1/f$
- Fase (ϕ):
 - Posición relativa de la señal dentro de un periodo.

Ondas sinusoidales variables



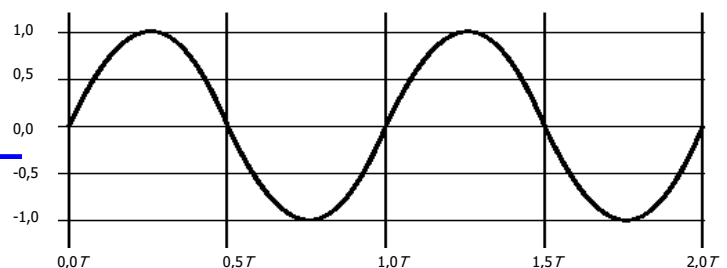
Longitudud de onda

- Distancia que ocupa un ciclo.
- Distancia entre dos puntos de igual fase en dos ciclos consecutivos.
- λ
- Supóngase que la señal se propaga a una velocidad v :
 - $\lambda = vT$
 - $\lambda f = v$
 - $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}^{-1}$ (velocidad igual a la de la luz en el espacio libre).

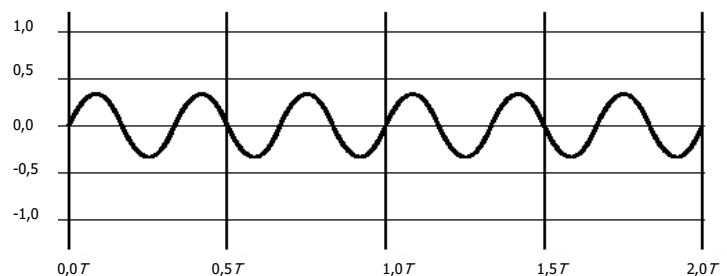
Conceptos del dominio de la frecuencia

- La señal puede estar compuesta de muchas frecuencias.
- Los componentes son ondas sinusoidales.
- Se puede demostrar, usando el análisis de Fourier, que cualquier señal está constituida por componentes sinusoidales.
- Se pueden expresar funciones en el dominio de la frecuencia.

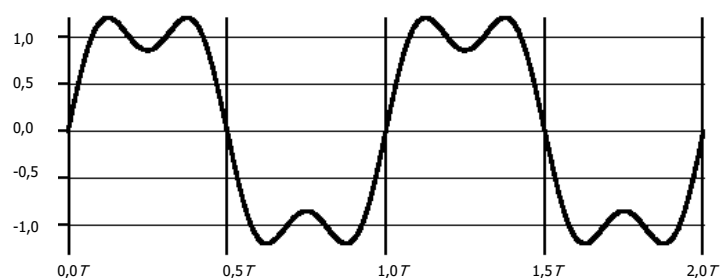
Suma de componentes en frecuencia



(a) $\text{sen}(2\pi ft)$

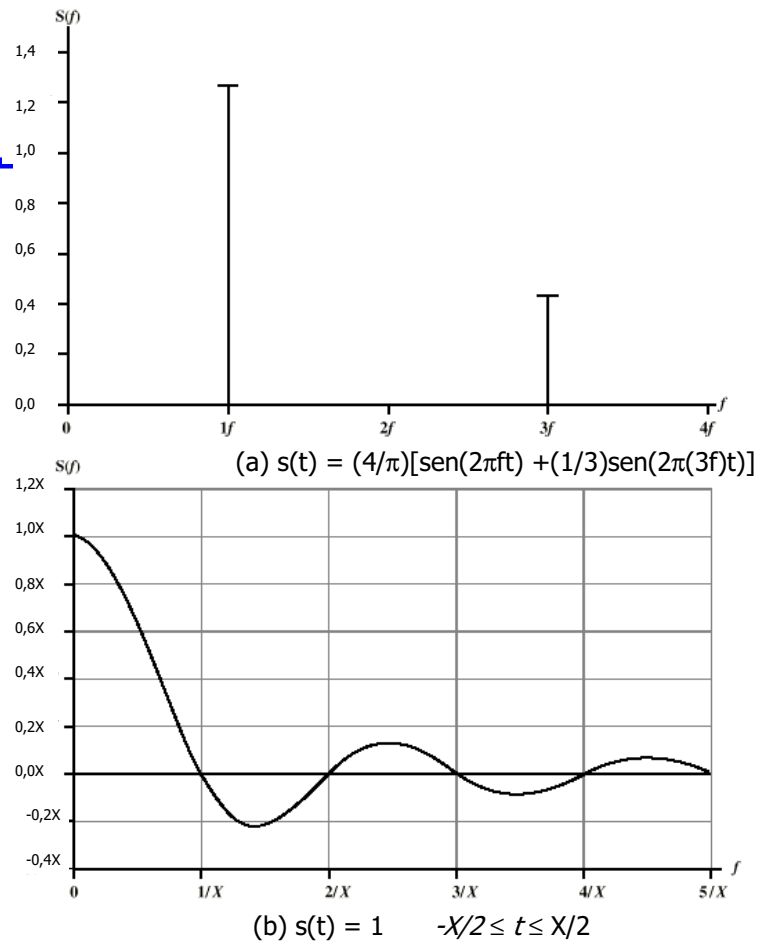


(b) $(1/3)\text{sen}(2\pi(3f)t)$



(c) $(4/\pi) [\text{sen}(2\pi ft) + (1/3)\text{sen}(2\pi(3f)t)]$

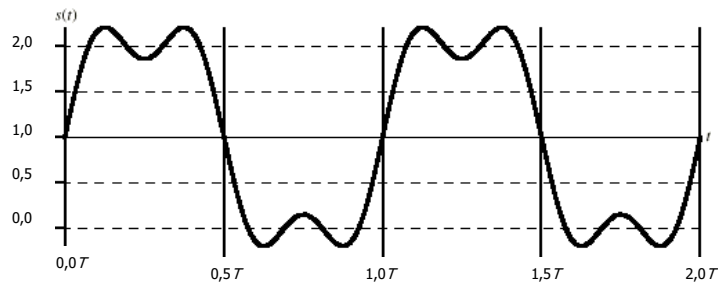
Dominio de la frecuencia



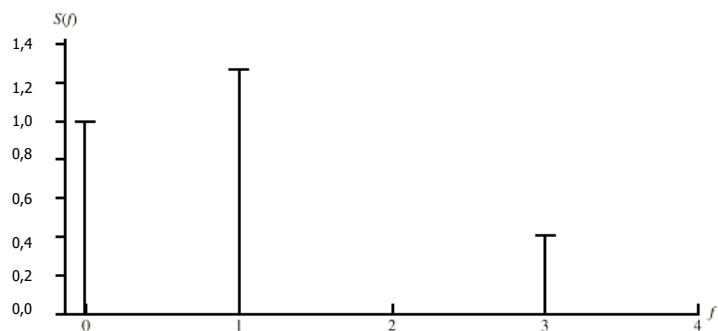
Espectro y ancho de banda

- Espectro:
 - Conjunto de frecuencias que constituyen una señal.
- Ancho de banda absoluto:
 - Anchura del espectro.
- Ancho de banda efectivo:
 - O simplemente *ancho de banda*.
 - Banda de frecuencias relativamente estrecha que contiene la mayor parte de energía.
- Componente continua (dc):
 - Componente de frecuencia cero.

Señal con componente continua



$$(a) s(t) = 1 + 4 \left(\frac{4}{\pi}\right) [\text{sen}(2\pi ft) + (1/3)\text{sen}(2\pi(3f)t)]$$



(b) $S(f)$

Velocidad de transmisión y ancho de banda

- Cualquier sistema de transmisión sólo puede transferir una banda limitada de frecuencias.
- Esto limita la velocidad de transmisión máxima en el medio.

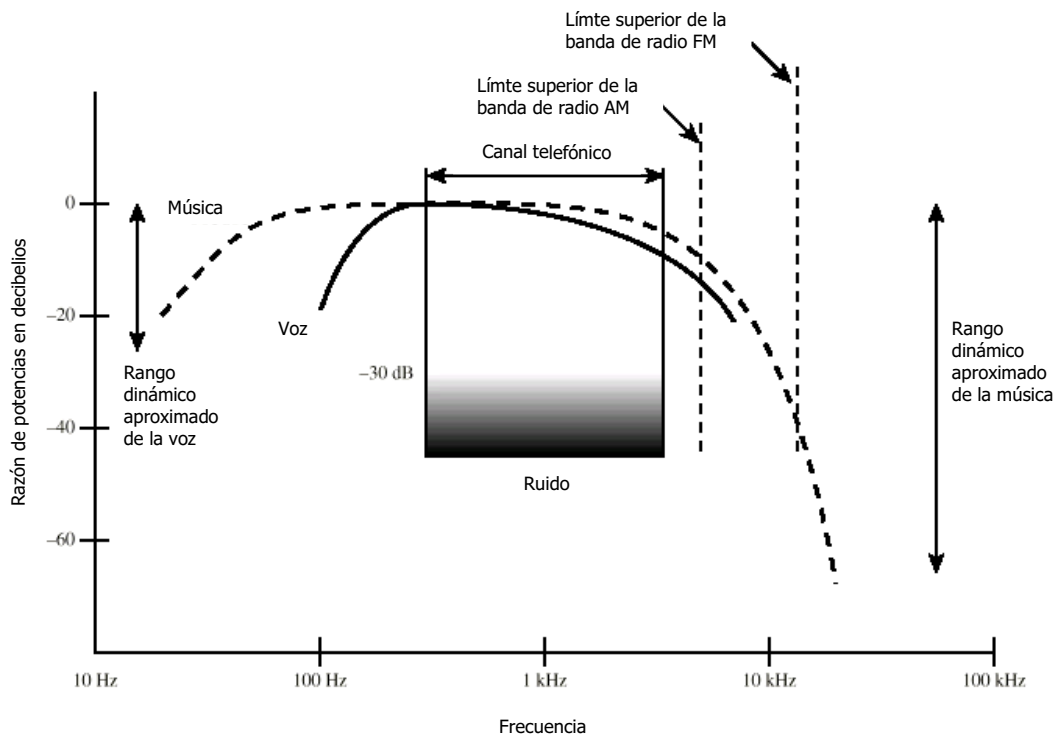
Transmisión de datos analógicos y digitales

- Datos:
 - Entidades capaces de transportar información.
- Señales:
 - Representaciones eléctricas o electromagnéticas de datos.
- Transmisión:
 - Comunicación de datos mediante la propagación y el procesamiento de señales.

Datos

- Analógicos:
 - Valores en algún intervalo continuo.
 - Ejemplos: el video y la voz.
- Digitales:
 - Valores discretos.
 - Ejemplos: los textos o los números enteros.

Espectro acústico (analógico)



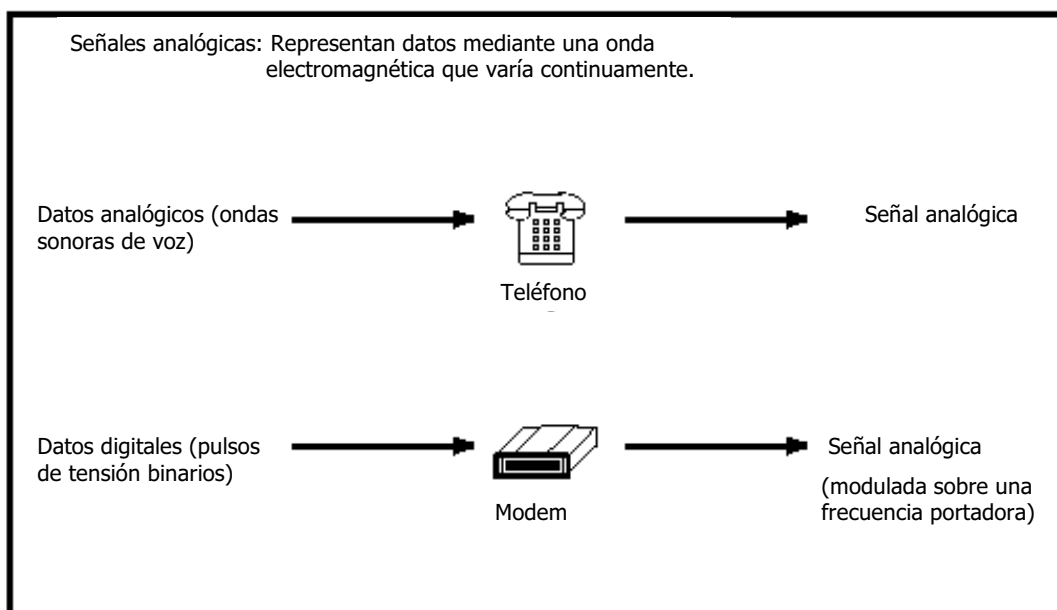
Señales

- Medios a través de los cuales se propagan los datos.
- Analógicas:
 - Varían continuamente.
 - Pueden propagarse a través de una serie de medios:
 - ┆ Cable, fibra óptica, a través del espacio.
 - Ancho de banda de la voz entre 100Hz y 7kHz.
 - Ancho de banda del teléfono entre 300Hz y 3400Hz.
 - Ancho de banda del vídeo de 4MHz.
- Digital:
 - Se usan dos niveles de tensión constante (dc).

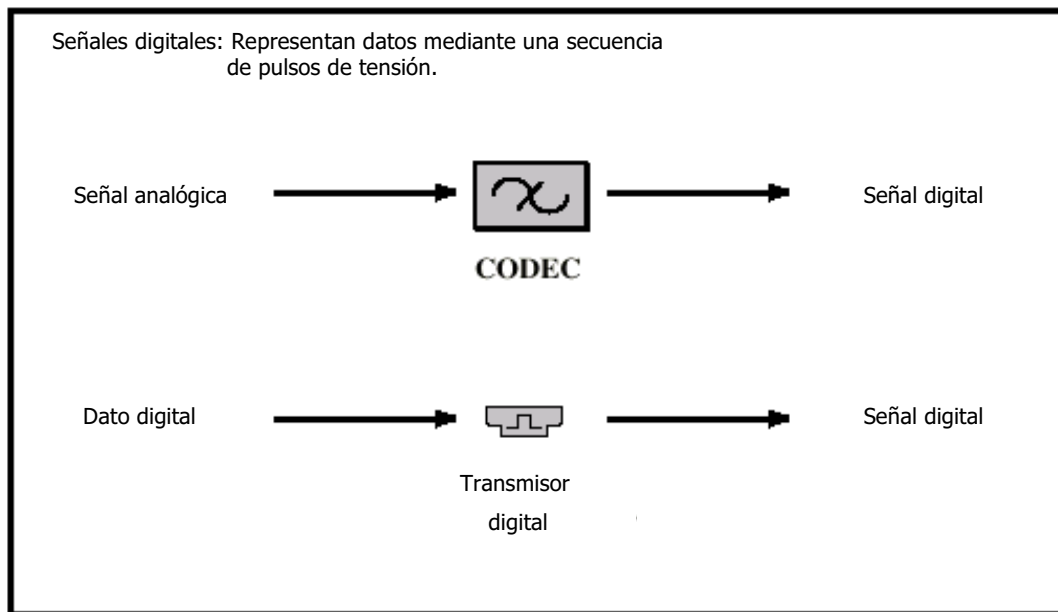
Datos y señales

- Normalmente, se usan señales analógicas para representar datos analógicos, y señales digitales para representar datos digitales.
- Los datos digitales se pueden representar mediante señales analógicas:
 - *Modems.*
- Los datos analógicos se pueden representar mediante señales digitales:
 - Compact Disc.

Señalización analógica de datos analógicos y digitales



Señalización digital de datos analógicos y digitales



Transmisión analógica

- Transmisión de las señales analógicas independientemente de su contenido.
- Pueden ser datos analógicos o digitales.
- Se debilita con la distancia.
- Incluye amplificadores que inyectan energía a la señal.
- También amplifica el ruido.

Transmisión digital

- Depende del contenido de la señal.
- La atenuación, el ruido y otros aspectos negativos pueden afectar a la integridad de los datos transmitidos.
- Se usan repetidores.
- El repetidor recibe una señal.
- Regenera el patrón de ceros y unos.
- Los retransmite.
- Se evita la atenuación.
- El ruido no es acumulativo.

Ventajas de la transmisión digital

- Tecnología digital:
 - Disminución del coste en las tecnologías LSI/VLSI.
- Integridad de los datos:
 - Transmisión de datos a distancias mayores utilizando líneas de calidad inferior.
- Utilización de la capacidad:
 - El tendido de líneas de transmisión de banda ancha es económico.
 - Alto grado de multiplexación más fácil usando técnicas digitales.
- Seguridad y privacidad:
 - Técnicas de encriptación.
- Integración:
 - El tratamiento de datos analógicos y digitales es similar.

Perturbaciones en la transmisión

- Puede que la la señal que se recibe difiera de la señal transmitida.
- Senales analógicas - degradación de la calidad de la señal.
- Señales digitales - bit erróneos.
- Las perturbaciones más significativas son:
 - La atenuación y la distorsión de atenuación.
 - La distorsión de retardo.
 - El ruido.

Atenuación

- La energía de la señal decae con la distancia.
- Depende del medio.
- La señal recibida:
 - Debe tener suficiente energía para ser detectada.
 - Para ser percibida sin error, debe conservar un nivel suficientemente mayor que el ruido.
- La atenuación es una función creciente de la frecuencia.

Distorsión de retardo

- Sólo se da en los medios guiados.
- La velocidad de propagación varía con la frecuencia.

Ruido

- Señales adicionales que se insertan entre el emisor y el receptor.
- Ruido térmico:
 - Se debe a la agitación térmica de los electrones.
 - Uniformemente distribuido.
 - Ruido blanco.
- Ruido de intermodulación:
 - Señales a frecuencias que sean suma o diferencia de las dos frecuencias originales que comparten el mismo medio.

Ruido

- **Diafonía:**
 - Acoplamiento entre las líneas que transportan las señales.
- **Ruido impulsivo:**
 - Pulsos o picos irregulares.
 - Ejemplo: perturbaciones electromagnéticas externas.
 - De corta duración.
 - De amplitud grande.

Capacidad de canal

- **Velocidad de transmisión de los datos:**
 - En bits por segundo.
 - Velocidad a la que se pueden transmitir los datos.
- **Ancho de banda:**
 - En ciclos por segundo o hertzios.
 - Limitado por el transmisor y por la naturaleza del medio.

Lecturas recomendadas

- Stallings, W. *Comunicaciones y Redes de Computadores*, sexta edición. Madrid: Prentice Hall, 2000: Capítulo 3.