

# CARACTERISTICAS DE LOS MEDIOS DE RED



## Objetivo

- Conocer los diferentes medios para transmitir datos en la red.

## Manual de clases

Última modificación:  
13 de julio de 2023

Tema 1 de:  
MEDIOS DE TRANSMISIÓN  
Edison Coimbra G.

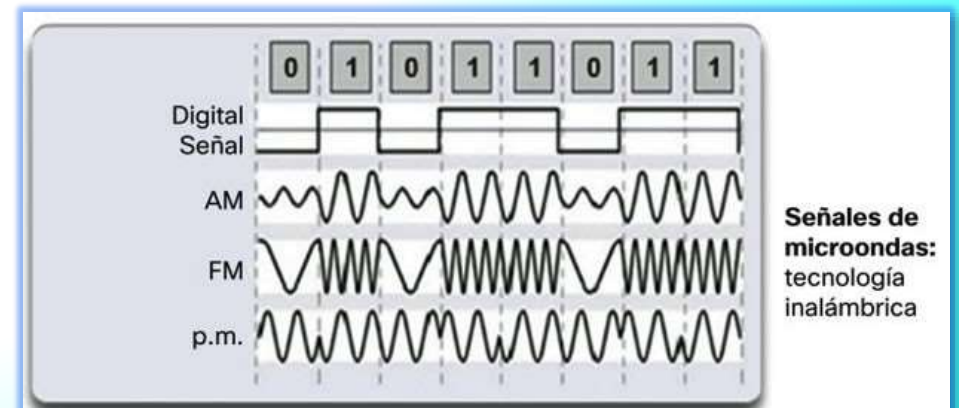
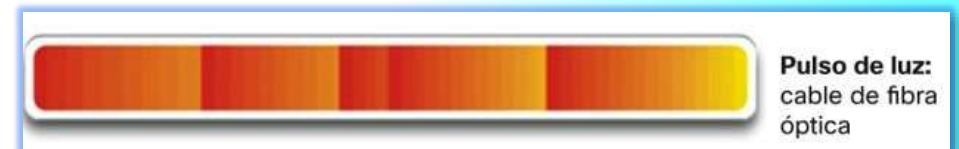
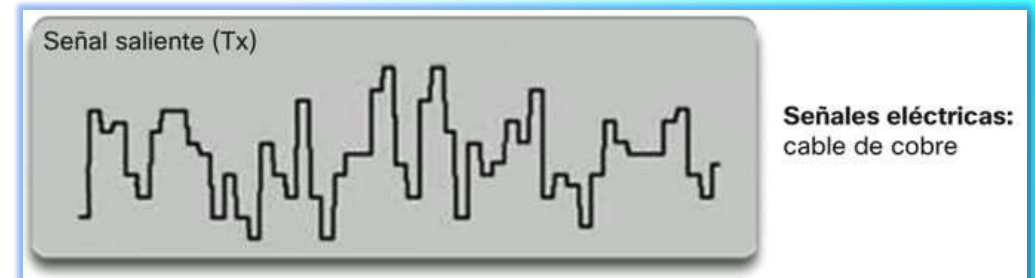
# 1. MEDIOS DE LA CAPA FÍSICA

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

### Medios de la capa física

(CISCO, 2016)

- **Existen tres** formas básicas de medios de red. La capa física produce la representación y las agrupaciones de bits para cada uno de los siguientes tipos de medios:
  - **▶1. Cable de cobre.** Las señales son patrones de impulsos eléctricos, voltajes.
  - **▶2. Cable de fibra óptica.** Las señales son patrones luminosos, pulsos de luz.
  - **▶3. Inalámbrico.** Las señales son patrones de ondas de radio, símbolos de radio.
- **Para habilitar** la interoperabilidad de la capa física, los organismos de estandarización controlan todos los aspectos de estas funciones.



# Medios de la capa física

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

### Estandares de la capa física

(CISCO, 2016)

- **Los protocolos** y operaciones de las capas superiores del modelo Internet se aplican mediante software diseñado por ingenieros de software e informáticos. Por ejemplo, el **IETF** (Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet) define los servicios y protocolos del conjunto de protocolos TCP/IP en las RFC (Petición de comentarios).
- **La capa física** está formada por circuitos electrónicos, medios y conectores desarrollados por ingenieros. Por tanto, es necesario que las principales organizaciones especializadas en ingeniería eléctrica y comunicaciones definan los estándares que rigen este hardware.
- **Existen muchos organismos** nacionales e internacionales, organismos de regulación gubernamentales y empresas privadas que intervienen en el establecimiento y el mantenimiento de los estándares de la capa física. Por ejemplo, los siguientes organismos definen y controlan los estándares de hardware, medios, codificación y señalización de la capa física:
  - **ISO** (Organización Internacional de Estandarización).
  - **TIA/EIA** (Asociación de la Industria de Telecomunicaciones/Asociación de Industrias Electrónicas).
  - **ITU** (Unión Internacional de Telecomunicaciones).
  - **ANSI** (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares).
  - **IEEE** (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).
  - **Autoridades** nacionales reguladoras de las telecomunicaciones, incluyendo la **FCC** (Comisión Federal de Comunicaciones) en EE.UU. y el **ETSI** (Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones).

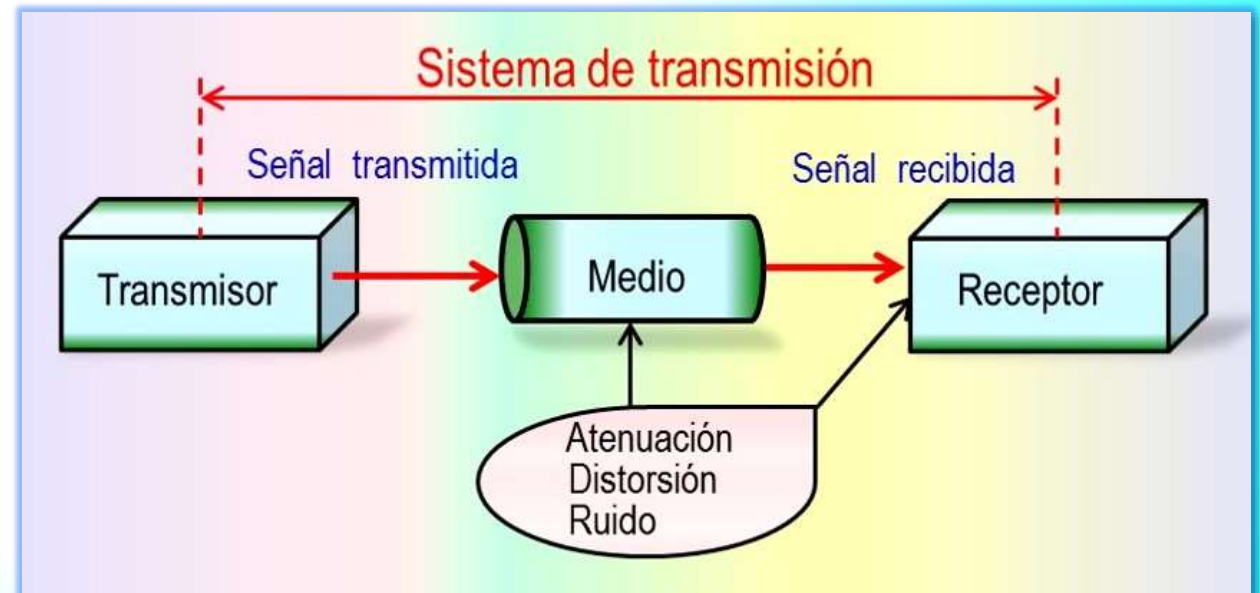
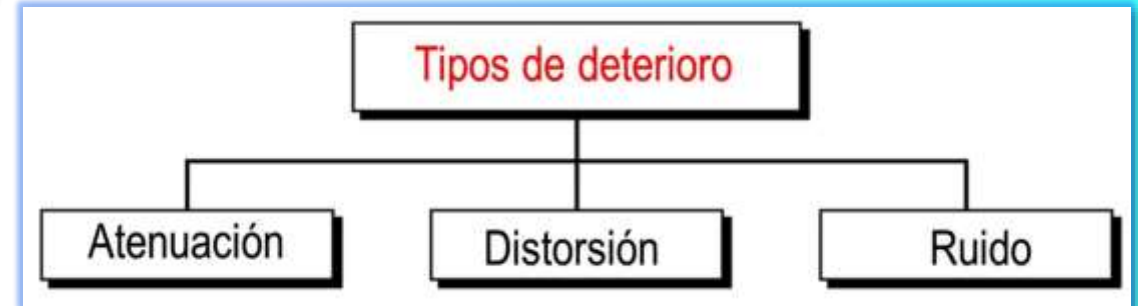
# Medios de la capa física

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

### Las señales se deterioran durante la transmisión

- **Los medios de transmisión** por los que viajan las señales no son perfectos. Estas imperfecciones causan **deterioros** en las señales.
- **Habitualmente** ocurren **3 tipos** de deterioro.
- **¿Dónde se producen?** La señal transmitida se deteriora durante su trayecto por el medio de transmisión y al llegar al receptor.
- **¿Significa**, por tanto, que la señal transmitida y la recibida son distintas?
- **En este documento** se analizarán los tres tipos de deterioro: **atenuación**, **distorsión** y **ruido**.

(Forouzan, 2020)



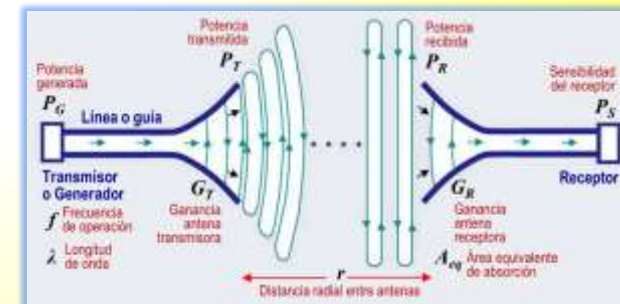
# 2. ATENUACIÓN DE LA SEÑAL

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

¿Qué es la atenuación de la señal?

(Blake, 2004)

- **Atenuación significa pérdida de energía.** Cuando una señal viaja a través de un medio de transmisión, pierde algo de su energía debido a las imperfecciones o a las características del medio transmisión.
- **¿A qué se debe la pérdida de energía?**
- **▶ En cables de cobre** (par trenzado y coaxial), se debe a la resistencia eléctrica de los conductores. Parte de la energía eléctrica se convierte en calor; por esta razón los cables que llevan señales eléctricas se calientan, si no arden después de un cierto tiempo. La resistencia aumenta con la frecuencia.
- **▶ En fibras ópticas** se debe a la dispersión de luz, que se produce cuando el rayo de luz choca contra una impureza de la fibra y se dispersa en todas las direcciones, perdiendo energía óptica.
- **▶ En ondas de radio** se debe al esparcimiento de la onda radiada. La onda pierde energía electromagnética porque se esparce en el espacio. La pérdida aumenta con la distancia y la frecuencia.
- **Para mantener la energía** de la señal se utilizan amplificadores o repetidores.

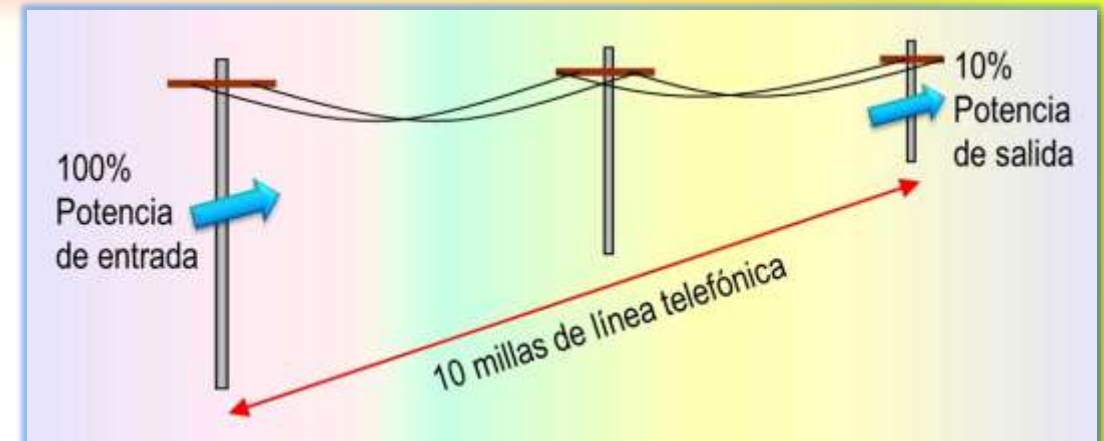


# Atenuación de la señal

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

### La atenuación se mide en decibeles

(Forouzan, 2020)



- **Pero**, ¿dónde se origina el decibel?
- **Se origina** en los **Bell Labs**, por la necesidad de definir una unidad que diera una idea de la pérdida de potencia (**atenuación**) obtenida a la salida de una línea telefónica con respecto a la entrada.
- **Los primeros sistemas telefónicos** usaban líneas abiertas (alambres de acero paralelos de 0.9 mm de diámetro). Se observó que cuando se inyectaba una potencia a la entrada, a una frecuencia de 886 Hz, al cabo de **10 millas** la potencia se reducía a **1/10** (a un **10%**).
- **Esta proporción de 10:1** entre la potencia de entrada y de salida se volvió una unidad de medida: se llamó **Bel**, en honor al inventor del teléfono Alexander Graham Bell.
- **Pero**, debido a que la proporción 10:1 es grande, se la dividió en unidades más pequeñas, es así que nació el **decibel** (dB).
- **El decibel** queda definido como una **relación de dos potencias**, una de entrada  $P_1$  y otra de salida  $P_2$ , luego se lo extiende para relacionar voltajes, corrientes o cualquier otro parámetro.
- **Ejemplo 1. Atenuación en línea.** Una señal viaja a través de una línea de transmisión y su potencia se reduce a la mitad. Calcule la atenuación en dB.

$$A = -3\text{dB}$$

$$A = 10 \log_{10} \left( \frac{P_2}{P_1} \right)$$

A = atenuación, en **dB**.

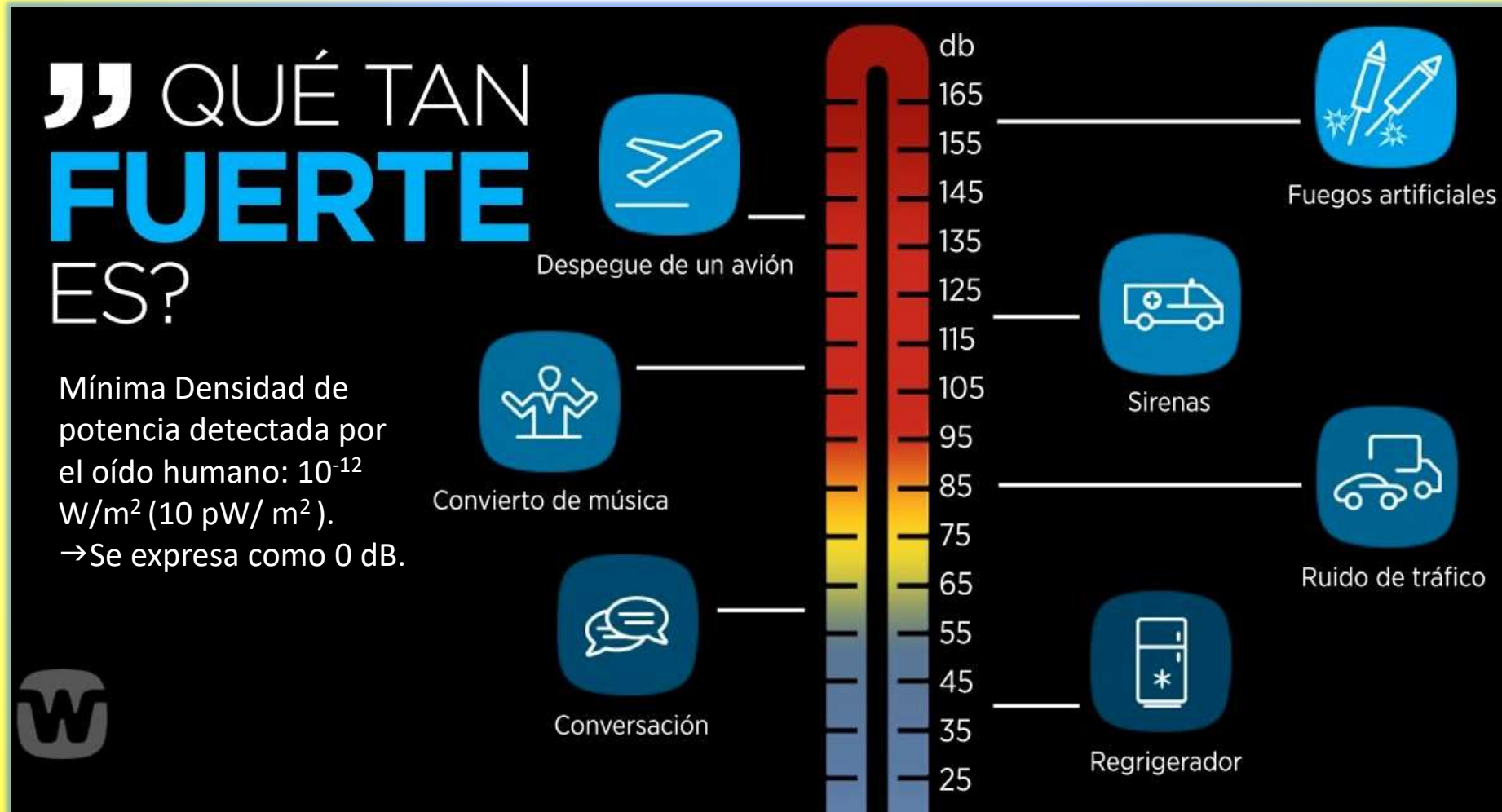
$P_1$  = potencia de entrada, en **W**.

$P_2$  = potencia de salida, en **W**.

# Atenuación de la señal

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

Decibeles para medir la intensidad del sonido



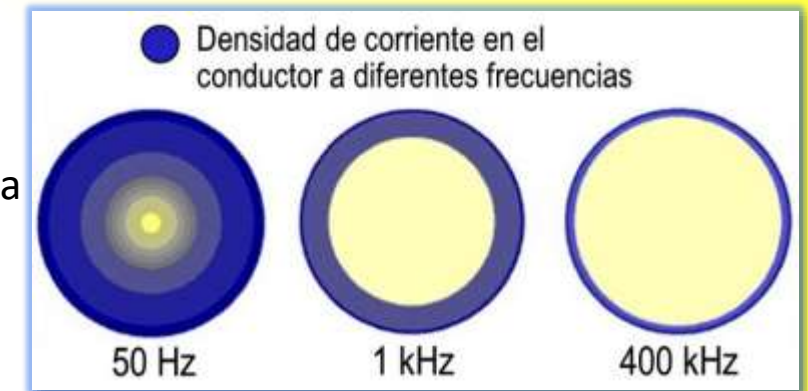
# Atenuación de la señal

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

### Mecanismos de pérdidas en cables de cobre

(Anguera, 2008) (Blake, 2004)

- ▶ **1. Resistencia de los conductores.** La pérdida más obvia de una línea se debe a la resistencia de los conductores. Parte de la energía eléctrica se convierte en calor.
  - ▶ **Esta pérdida aumenta** con la frecuencia debido al **efecto skin**, que es la tendencia de la corriente a acumularse en la capa superficial de los conductores. La **resistencia** aumenta porque disminuye el área transversal útil del conductor.
- ▶ **2. Conductancia del dieléctrico.** El dieléctrico o aislante de una línea no es perfecto y tiene **resistividad** finita, por lo que parte de la corriente se **"fuga"** entre los conductores, contribuyendo a la pérdida.
  - ▶ **La conductancia del dieléctrico** aumenta con la **frecuencia**. El cable coaxial con dieléctrico de espuma tiene menor pérdida que el que utiliza polietileno sólido.





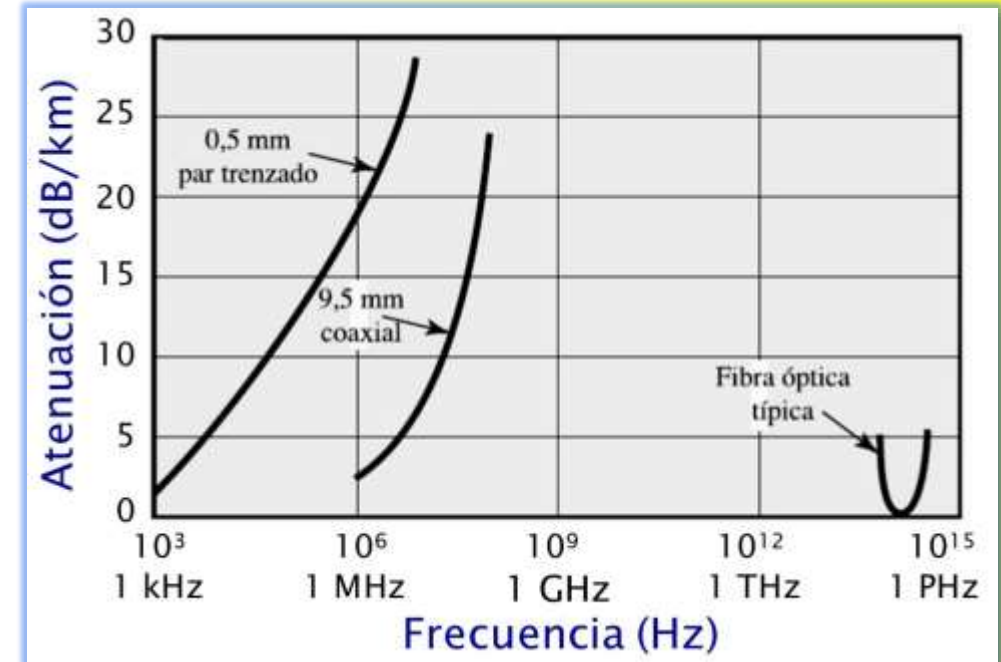
# Atenuación de la señal

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

### Atenuación vs. Frecuencia de la señal

(Stallings, 2004)

- **¿Cómo varía** la atenuación en función de la frecuencia? Al elegir un medio de transmisión, debe ponerse atención a las pérdidas.
- **A modo de comparación**, se muestra la curva de atenuación de algunos medios de transmisión en función de la **frecuencia** de operación del sistema.
- **Recuerde** que una pérdida de 3 dB en una línea, entre un transmisor y su antena, significa que sólo la mitad de la potencia del transmisor llega a la antena. El resto de la potencia circula como calor en la línea.
- **La tabla muestra** los valores de atenuación típicos más comunes utilizados en enlaces punto a punto de larga distancia.
- **El par trenzado** y cable coaxial no se usan en frecuencias de microondas, mayores que 1 GHz.



Medio	Rango de frecuencias	Atenuación típica
● Par trenzado	● 0 a 1 MHz	● 3dB/km @ 1kHz
● Cable coaxial	● 0 a 500 MHz	● 7dB/km @ 10MHz
● Fibra óptica	● 180 a 370 THz	● 0,2 a 0,5 dB/km

# Atenuación de la señal

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

### Ejemplos de atenuación en líneas de cobre

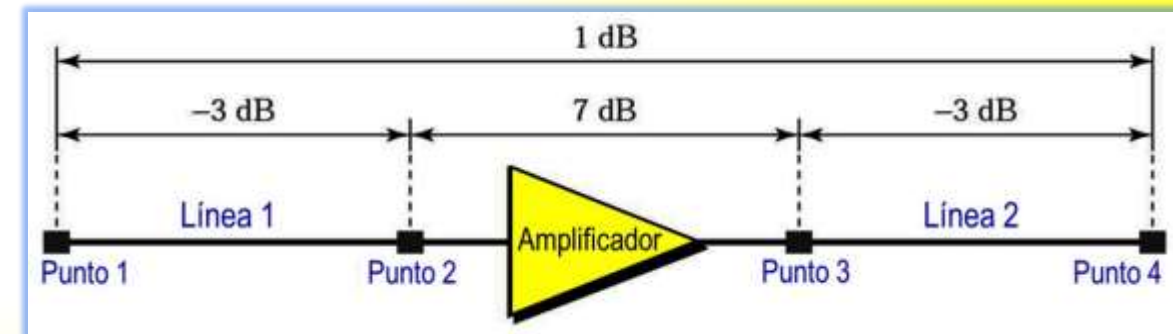
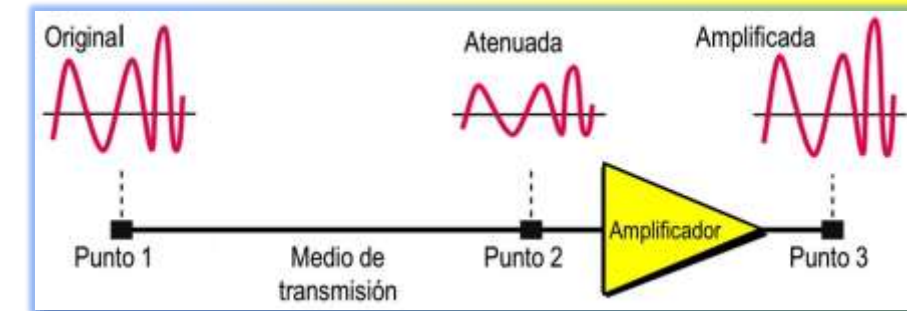
(Blake, 2004)

- **Ejemplo 2. Atenuación en línea.** Las pérdidas de las líneas regularmente se dan en dB por 100 metros. Una línea de transmisión tiene una pérdida de **1.5 dB/100 m**. Si se suministran 10 W a la entrada de la línea, ¿cuántos W llegan a la carga situada a 27 m?
- **Ejemplo 3. Amplificación.** Para compensar la pérdida de energía, se usan amplificadores. Los amplificadores usados en electrónica se especifican en dB. Por ejemplo, un amplificador de 20 dB de Ganancia amplificará la señal de entrada 100 veces. En cambio, uno de 30 dB la amplificará 1.000 veces.
- **Ejemplo 4. Suma y resta de dB.** Una razón por la que los ingenieros usan dB para medir cambios de potencia de una señal es que los **dB se suman o restan** cuando se miden varios puntos. La Figura muestra una señal que viaja desde el punto 1 al 4. Se atenúa al llegar al 2. Entre 2 y 3, se amplifica. Entre 3 y 4, se atenúa. Se obtienen los dB resultantes sin más que sumar los dB medidos entre cada par de puntos; el resultado es **+1dB**, se amplifica la señal.

$$A = 10 \log_{10} \left( \frac{P_2}{P_1} \right)$$



$$P_L = 9,1 \text{ W}$$



# 3. DISTORSIÓN DE LA SEÑAL

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

### ¿Qué significa la distorsión?

(Forouzan, 2020)

- **Significa** que la señal cambia su forma de onda. Ocurre en una señal compuesta, formada por **distintas frecuencias**.
- **Cada componente** tiene su propia **velocidad de propagación** a través del medio y, por tanto, su propio **retraso** en la llegada al destino final. Las diferencias en los retrasos pueden crear un desfase si el retraso no es exactamente el mismo que la duración del periodicos.



- **En otras palabras**, los componentes de la señal en el receptor tienen **fases distintas** de las que tenían en el emisor. La forma de la señal compuesta es por tanto distinta.
- **Para contrarrestar** la distorsión por el retardo se usan técnicas de ecualización.

# 4. RUIDO EN LA SEÑAL

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

### ¿Cómo se define el ruido?

(Blake, 2004)

- **Se define** como cualquier energía eléctrica **no deseada** que aparece en la frecuencia de la señal deseada e interfiere con ella perturbando la comunicación.
- **La señal no deseada** se produce fuera del sistema que trata la señal, y se introduce en él por medio de un acoplamiento eléctrico o magnético. Entre los más comunes:
  - ► **Ruido térmico constante.** Se produce por el movimiento aleatorio de los electrones en un cable o componente electrónico, que crea una señal extra no enviada originalmente por el transmisor.
  - ► **Ruido impulsivo.** Se produce por el por el pico de energía alta en un periodo de tiempo muy corto que viene de líneas de potencia o de iluminación.

Imagen con ruido térmico

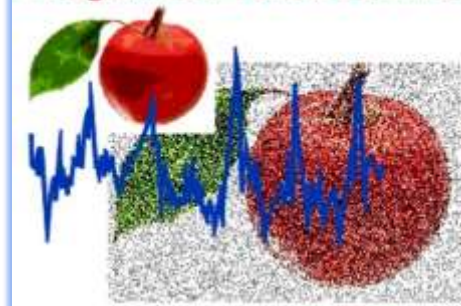
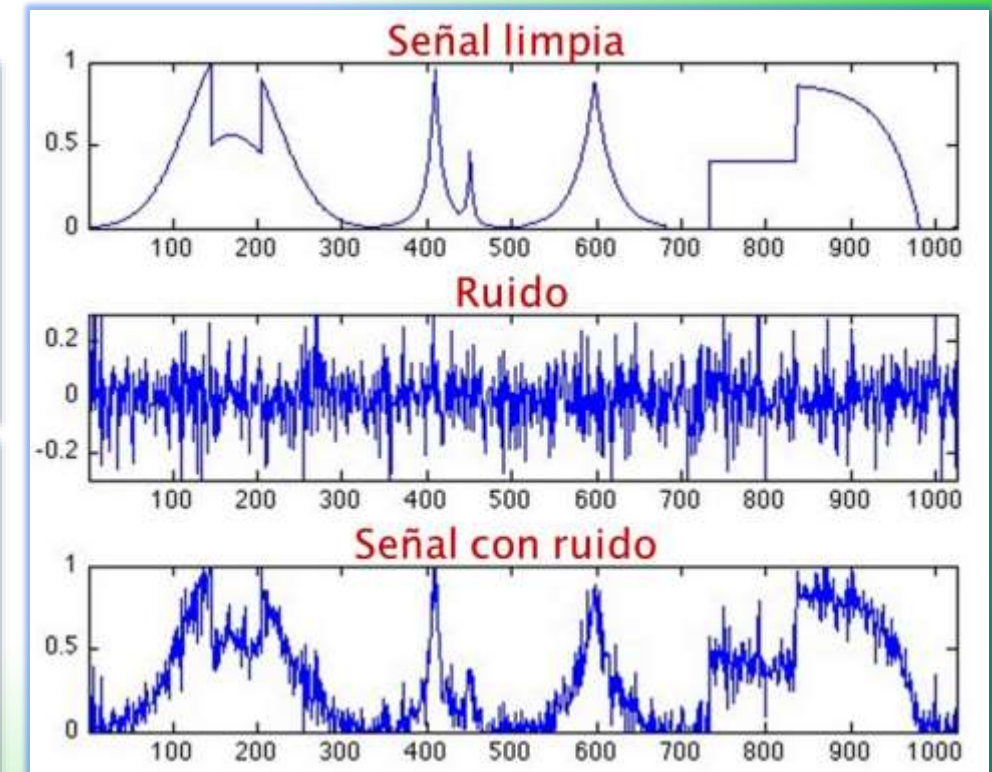


Imagen con ruido impulsivo



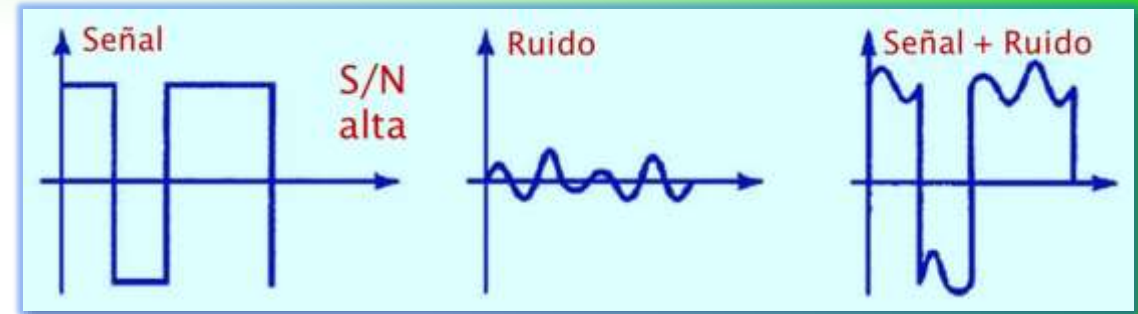
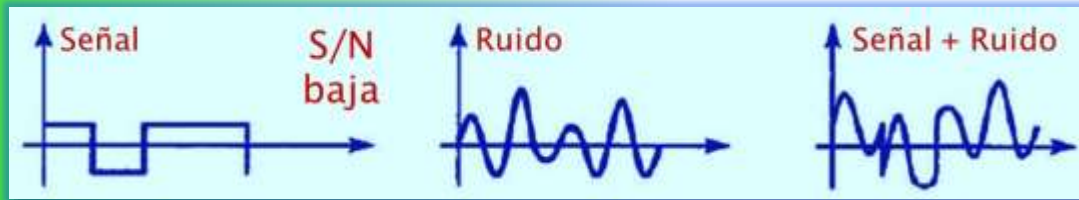
# Ruido en la señal

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

(Forouzan, 2020)

### La importancia de la relación señal a ruido

- **La relación señal-ruido** (SNR, S/N), es una medida relativa de la potencia media de la señal recibida (es decir de la información que se está transmitiendo) y de la potencia media del ruido recibido. Normalmente la S/N se mide en dB.
- **La cantidad de ruido** no es lo que interesa, sino la cantidad de ruido **comparada** con el nivel de señal deseada, es decir lo que importa es la **relación** de potencia de la señal y la potencia de ruido.
- **Una S/N baja** indica que la señal está muy corrompida por el ruido.



$$S/N = \frac{\text{Potencia media de la señal}(W)}{\text{Potencia media del ruido}(W)}$$

$$S/N(\text{dB}) = 10 \log(S/N)$$

S/N es la razón entre lo que se quiere (señal) y lo que no se quiere (ruido).

$$S/N = 10.000 = 40 \text{ dB}$$

- **Ejemplo.** La potencia de una señal es **10 mW** y la potencia del ruido es **1 μW**. Calcule los valores de S/N como relación de potencias y en dB.
- **Una línea telefónica** tiene una relación S/N de **35 dB**. Por su parte, en un sistema **CATV** la relación de la potencia de la portadora a la potencia de ruido típica es de **69 dB**.
- **Esta relación, S/N**, es una de las especificaciones más importantes de cualquier sistema de comunicaciones.

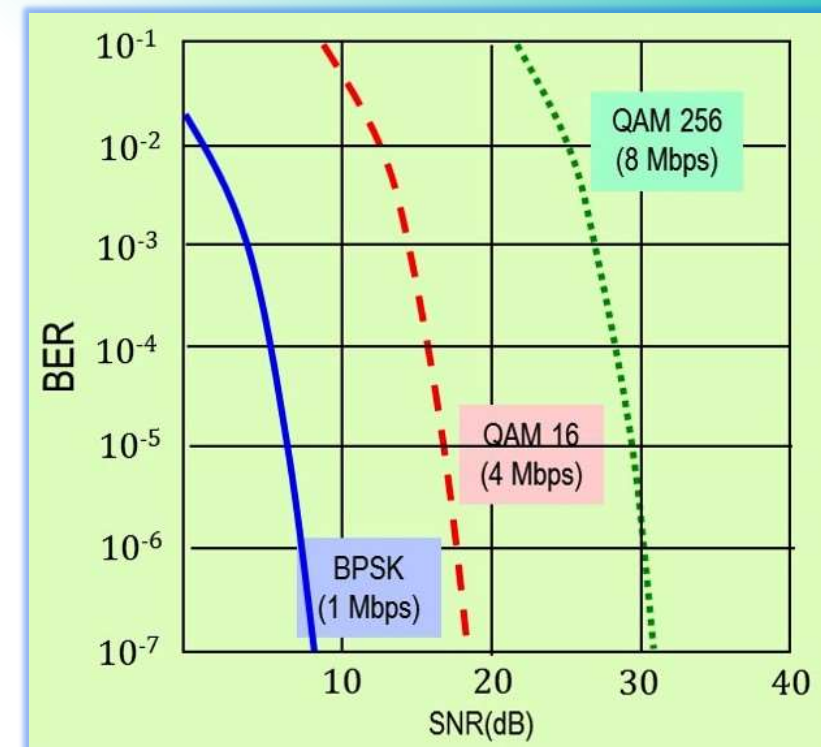
# 5. TASA DE ERROR

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

### La tasa de errores de bit (BER)

(Kurose, 2017)

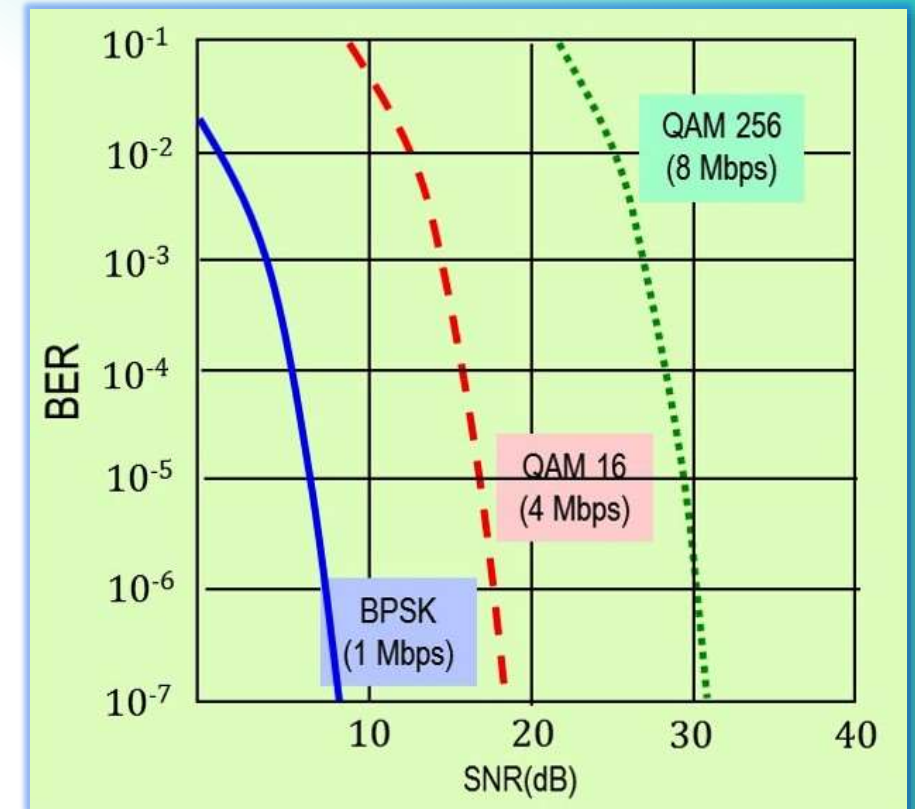
- **La tasa de errores de bit (BER)** se calcula dividiendo la cantidad de bits recibidos con errores entre el número total de bits transmitidos dentro del mismo periodo de tiempo.
- **De forma simple**, es la probabilidad de que un bit transmitido llegue de forma errónea al receptor. Por ejemplo, una transmisión puede tener un  $BER = 10^{-6}$ , lo que significa que de 1.000.000 de bits transmitidos y recibidos, 1 bit tenía error ( $1/10^6 = 10^{-6}$ ).
- **La figura** muestra la tasa de errores de bit (BER) en función de la relación señal a ruido, SNR, para tres técnicas de modulación distintas utilizadas para codificar la información para su transmisión a través de un canal idealizado.
- **En dicha** figura se aprecian varias características de la capa física que son importantes a la hora de comprender los protocolos de comunicación inalámbrica de las capas superiores.



### BER en función del incremento de potencia

(Kurose, 2017)

- **Para un determinado** esquema de modulación, cuanto mayor es la SNR menor es la BER, dado que un emisor puede incrementar la SNR aumentando su potencia de transmisión, podrá reducir la probabilidad de que una trama se reciba de forma errónea aumentando esa potencia de transmisión .
- **Observe**, sin embargo, que existe muy poca ventaja practica cuando se incrementa la potencia más allá de un cierto umbral para, por ejemplo , reducir la BER de  $10^{-12}$  a  $10^{-13}$ .
- **También** existen **desventajas** asociadas con ese incremento de la potencia de transmisión: el emisor tendrá que gastar más energía (lo que es una consideración de gran importancia para los usuarios, principalmente móviles, por ejemplo, alimentados por baterías) y es más probable que las transmisiones del emisor interfieran con las de otros emisores.
- **Un BER** de  $10^{-9}$  se considera un valor aceptable en el ámbito de las telecomunicaciones, mientras que un valor de  $10^{-13}$  es una BER mínima apropiada para la transmisión de datos.



# Referencias bibliográficas

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE RED

### Referencias bibliográficas

- CISCO (2015). *CCNA Routing and Switching. Introduction to Networks*. CISCO.
- CISCO (2016). *Introducción a las redes*. Madrid: Pearson Education, S.A.
- Forouzan, B. A. (2020). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Huawei Technologies (2020). *Basics of data communication networks*. Huawei.
- Kurose, J. Keith, R. (2017). *Redes de computadoras: un enfoque descendente*. Madrid: Pearson Education, S.A.

FIN

Tema 1 de:  
MEDIOS DE TRANSMISIÓN  
Edison Coimbra G.