

Redes de Computadores

CURSO 2014/15

2º Semestre

Plan 2009

Redes de Computadores

- 1. Introducción a las comunicaciones**
- 2. Arquitectura TCP/IP**
- 3. Tecnologías de Redes de área local**
- 4. Nivel de transporte y aplicaciones**
- 5. Redes de Área Extensa e Internet**

Redes de Computadores

Analizar el medio de conexión, las señales y las unidades de datos transportadas de los principales protocolos TCP/IP en Internet

Tema 1

Introducción a las Comunicaciones

Introducción.

1.1 Conceptos básicos de transmisión de datos

1.1.1 Señales

1.1.2 Representación espectral.

1.1.3 Ancho de banda

1.1.4 Régimen binario versus ancho de banda del canal

1.1.5 Ejercicios

1.2 Medios de Transmisión. Capacidad de un canal

1.2.1 Perturbaciones

1.2.1.1 Atenuación

1.2.1.2 Ruido

1.2.1.3 Ejercicios

1.2.2 Capacidad de un canal

1.2.2.1 Teorema de Nyquist

1.2.2.2 Teorema de Shanon para canales con ruido

1.2.3 Ejercicios

Tema 1

Introducción a las Comunicaciones

1.3 Técnicas de transmisión

1.3.1 Transmisión analógica y transmisión digital

1.3.2 Codificaciones digitales

1.3.2.1 Unipolar, polar

1.3.2.2 Con retorno a cero y sin retorno a cero

1.3.2.3 Manchester y Manchester diferencial

1.3.2.4 De bloque y Multinivel

1.3.3 Transmisión analógica. Modulaciones

1.3.3.1 Modulaciones digitales: ASK, FM, PSK y DPSK

1.3.3.2 Modulaciones multinivel: QPSK y QAM

1.3.4 Transmisión digital

1.3.4.1 Modulación MIC

1.3.4.2 Digitalización de la voz

1.3.5 Ejercicios

Tema 1

Introducción a las Comunicaciones

1.4 Distribución de Ancho de Banda.

1.4.1 Multiplexación

1.4.1.1 En Frecuencia (MDF)

1.4.1.2 En longitud de Onda

1.4.1.2 En el tiempo (MDT)

1.4.2 Espectro expandido

1.4.3 Ejercicios

1.5 Técnicas de comunicación de datos

1.5.1 Control de flujo

1.5.2 Control de errores

1.5.6 Ejercicios

1.6 Ejercicios: Tema 1

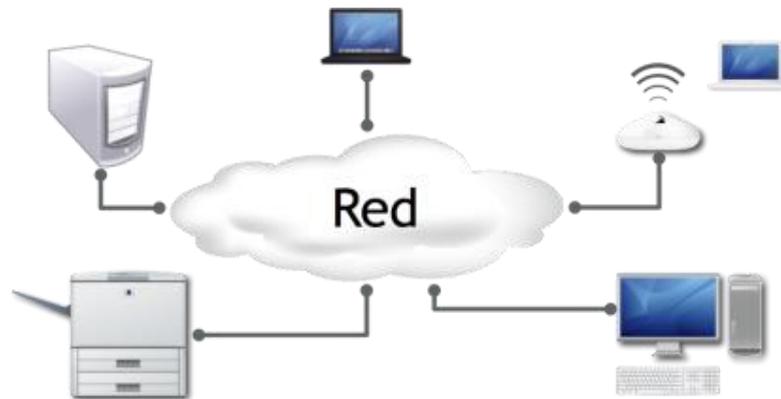
Bibliografía

- **“Data and Computer Networks”**, 9th edition, W. Stallings. Prentice Hall, 2010.
- **“Computer Networks”**, 5th edition, Andrew S. Tanenbaum & David J. Wetherall. Pearson Education, Inc. 2011.
- **“Computer Networks. A Top-Down Approach”**, 1st edition. Behrouz A. Forouzan & Firouz Mosharraf. Mc Graw Hill, 2011.
- **“Computer Networking: A Top-Down Approach”**, 6th edition. James F. Kurose & Keith W. Ross. Addison Wesley, 2012.
- **“Data Communications and Networking”**. 5ª edición. Behrouz A. Forouzan. Ed. McGraw-Hill. 2013.

Introducción

Concepto de Red

Red de comunicaciones: medio común de comunicación y compartición de recursos, que vamos a representar gráficamente mediante una “nube”



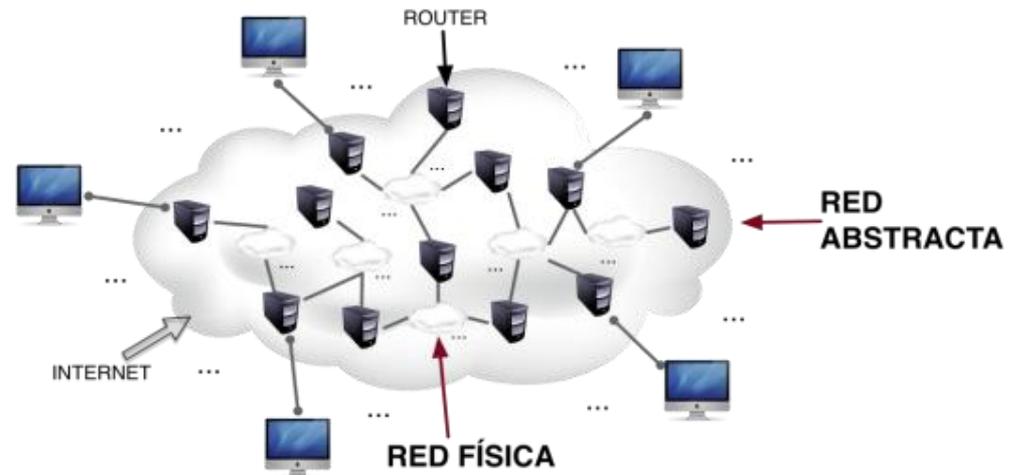
- **Red:** solución para conectar personas/dispositivos localizados en lugares diferentes con el fin de comunicarse/transferirse información y/o compartir recursos, etc.
- **Debe haber un método para identificar cada dispositivo conectado en red: dirección de red**

Conceptos de Red

Redes de Comunicaciones (o redes físicas): Engloban cualquier tipo de red existente para proporcionar cualquier tipo de servicio de comunicaciones (voz, datos, vídeo, etc.). Por ejemplo, una red de cable Ethernet o una red inalámbrica WiFi.

Redes de Computadoras (o redes abstractas): Formadas por la interconexión de redes de comunicaciones. Se basan en el uso de una técnica de direccionamiento y un mismo conjunto de protocolos de comunicaciones que permiten la interoperabilidad entre procesos iguales que se ejecutan en el mismo nivel de comunicaciones en computadoras diferentes. El ejemplo más significativo es la red Internet

- **INTERNET:** Una inmensa red de computadoras con tecnología TCP/IP y un formato IP de direccionamiento común



Ejemplo de redes de comunicaciones

- **Los Operadores de Telecomunicaciones (Movistar, Jazztel, Ono, Vodafone, etc.) tienen varias redes de comuniones de tecnología diversa**
 - **Redes de telefonía fija**
 - **Redes móviles**
 - **GSM**
 - **3G**
 - **4G**
 - **Redes de datos**
 - **X-25; FR; ATM (antiguas)**
 - **IP-MPLS**
 - **Ethernet**
 - **Primera red de datos en España: RSAN de Telefónica en 1972**

Redes de Computadoras (ordenadores)

- **Varios ordenadores interconectados (capaces de transferirse información) a través de redes de comunicaciones.**
- **Algunos problemas que plantea la transferencia de información entre dos máquinas, por ejemplo un fichero de 1GByte:**
 - La información se transmite por los medios de transmisión que conectan ambas máquinas. El ruido de los medios de transmisión provoca errores en los bits transmitidos. ¿Cómo lograr transmisión sin errores entre máquinas adyacentes?
 - ¿Como localizar y hacer llegar los datos a la otra máquina en una red distinta?
 - La comunicación pasa por dispositivos de comunicaciones (nodos de las redes de comunicaciones, y éstos pueden perder datos. ¿Cómo recuperar dicha información para garantizar que la comunicación sea fiable?
 - ¿Qué hacer si durante la transferencia de información la comunicación se interrumpe? ¿Volver a retransmitir todo el fichero o solo la parte que falta?
 - Diferentes representaciones internas (en los ordenadores) de caracteres: ASCII, Unicode, EBCDIC.

Implementación de una red de ordenadores

➤ Recursos hardware

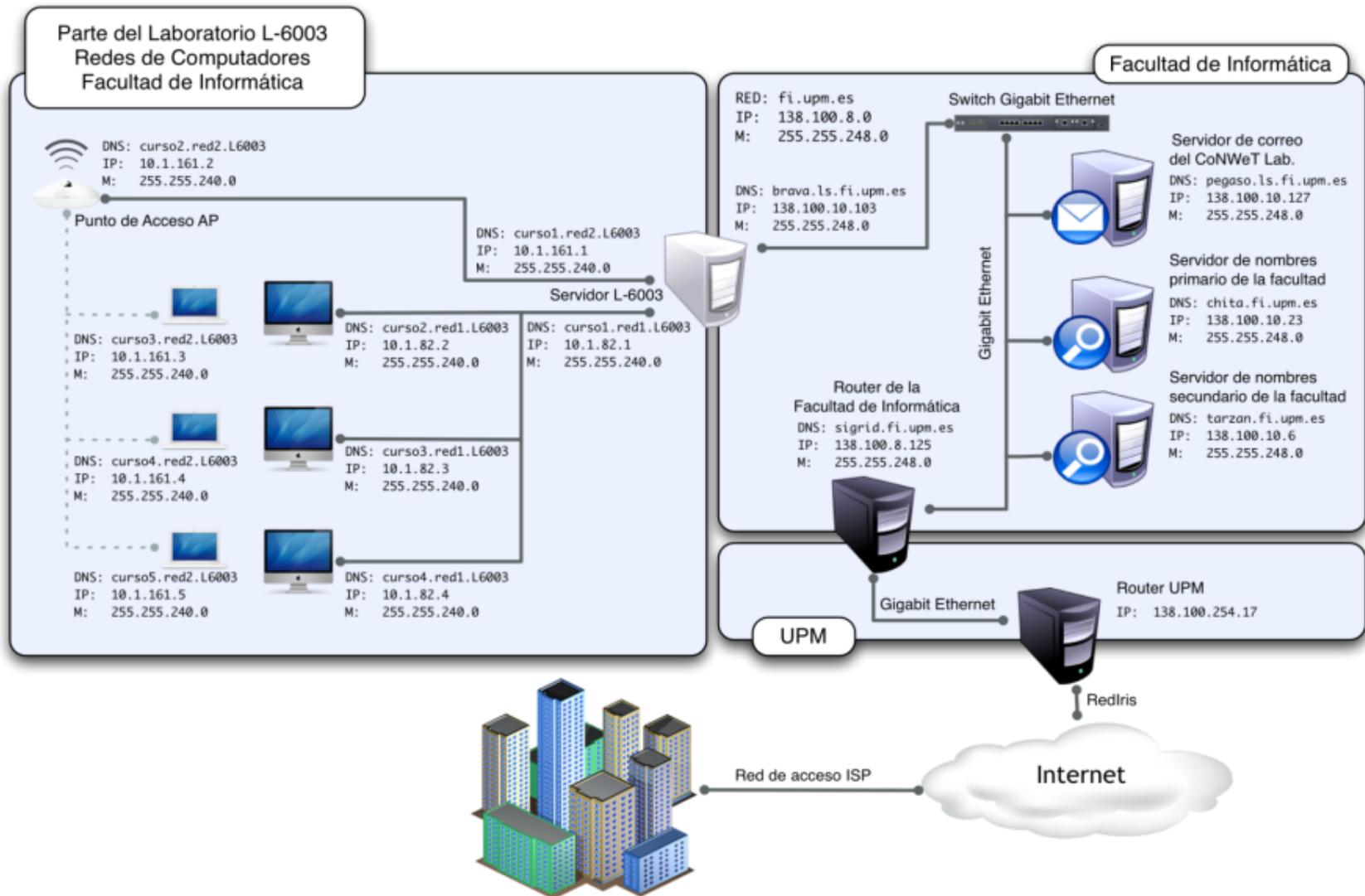
- Medios de transmisión/líneas de comunicaciones
- Dispositivos de comunicaciones

➤ Recursos software

- Programas que resuelven el problema de transferencia de información entre máquinas. Se denominan “arquitecturas de comunicaciones (ordenadores)”

➤ Primera red de ordenadores: ARPANET en 1969

Redes de Computadores



Concepto de Sistema

Sistema: *Entidad direccionable* dentro de una red capaz de ejecutar un conjunto de protocolos de comunicaciones.

Sistema final: *Aquél que está situado en el extremo de una comunicación.* Puede ser cualquier tipo de sistema origen o destino de la comunicación. Dispone de su propia arquitectura de comunicaciones y dirección de red

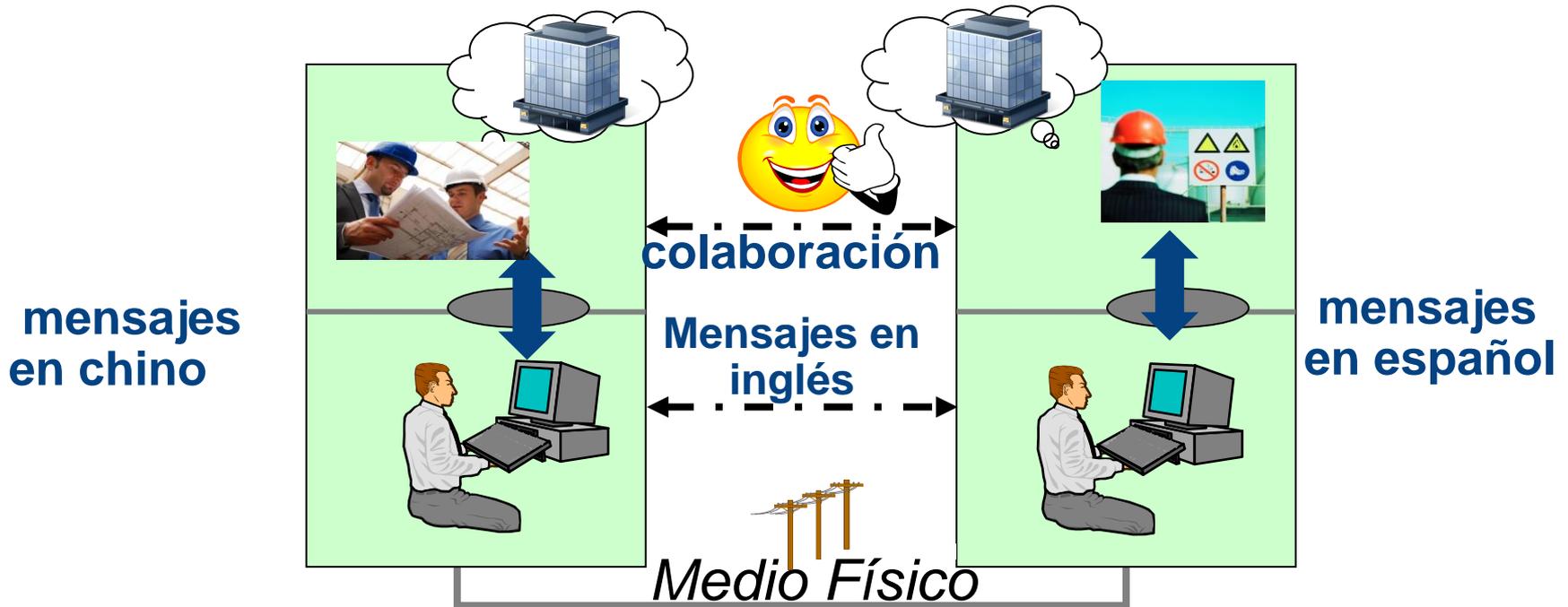
Sistema intermedio (router): *Aquél que hace de intermediario entre dos sistemas finales y permite encaminar las unidades de datos en función de la dirección de red del sistema final destinatario.* Suele ser un equipo especializado que dispone de su propia arquitectura de comunicaciones.

Arquitecturas de Comunicaciones

- **Casi todas las soluciones resuelven los problemas estructurando el software en niveles**
 - **Estratificación en niveles:**
 - Reduce la complejidad del desarrollo: favorece la labor de diseño. Estructura más comprensible en diferentes niveles de comunicaciones mutuamente independientes.
 - Facilita el cambio tecnológico: los cambios realizados en un nivel no afecten al resto de los niveles
 - **Protocolo:** Conjunto de reglas que controlan la interacción entre entidades pares o iguales de máquinas distintas
 - **Interfaz:** Conjunto de reglas que controlan la interacción entre entidades de niveles contiguos en el mismo sistema

Ejemplo de solución estructurada en niveles

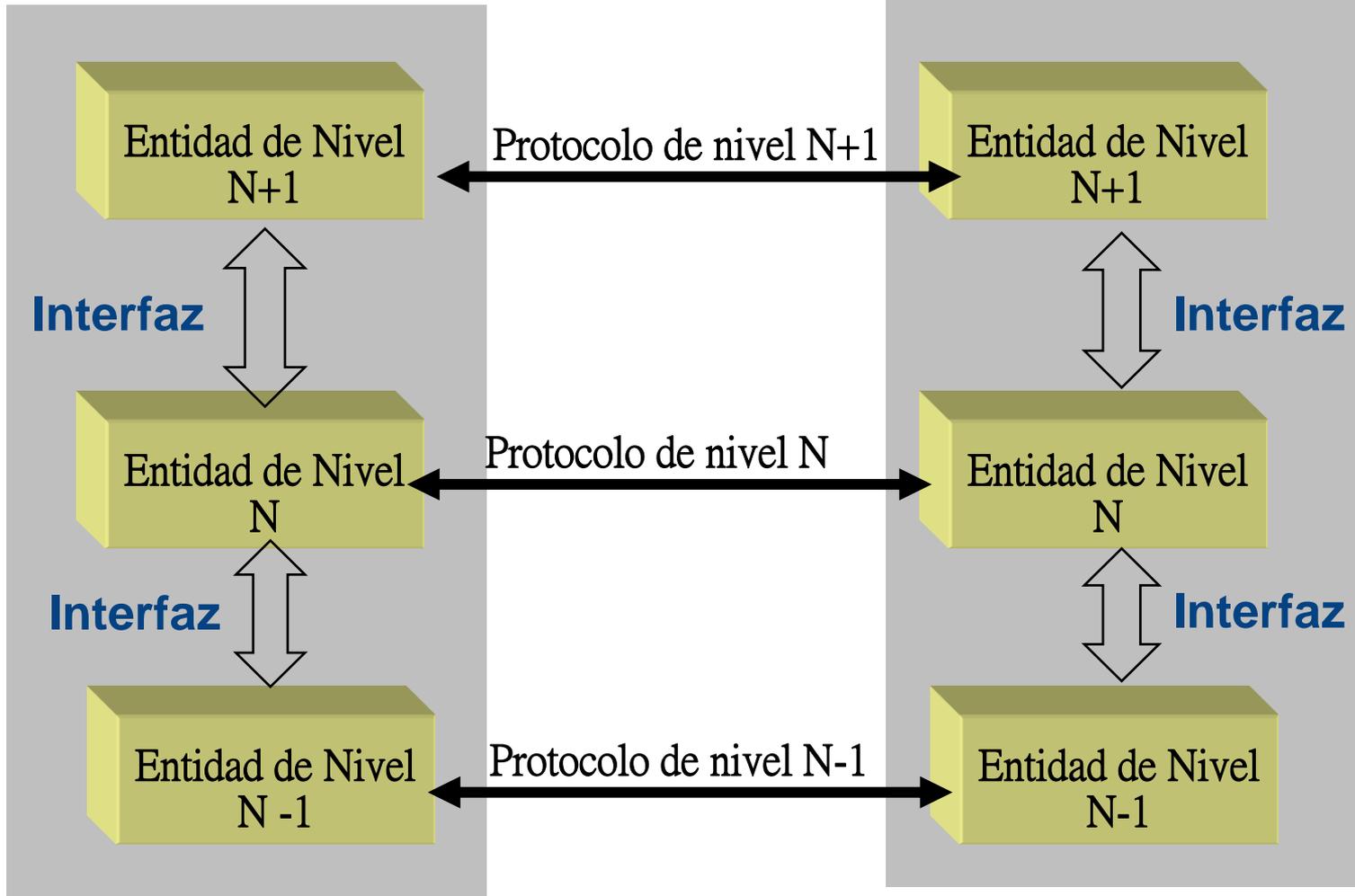
Dos sistemas con sólo 3 niveles: Aplicación, traducción y Físico



Modelo de servicio: Protocolo e Interfaz

Máquina A

Máquina B



Arquitecturas de comunicaciones

Generalidades

- **Estándares** en las arquitecturas estructuradas de comunicaciones: Definir, proponer, aprobar y publicar los protocolos estratificados

Dos tipos:

- **De Iure** (por razón, justicia, ...): Arquitectura de comunicaciones OSI del ISO (*International Standards Organization*)
- **De Facto** (hecho): Arquitectura de comunicaciones TCP/IP del IAB (*Internet Advisory Board*) de Internet

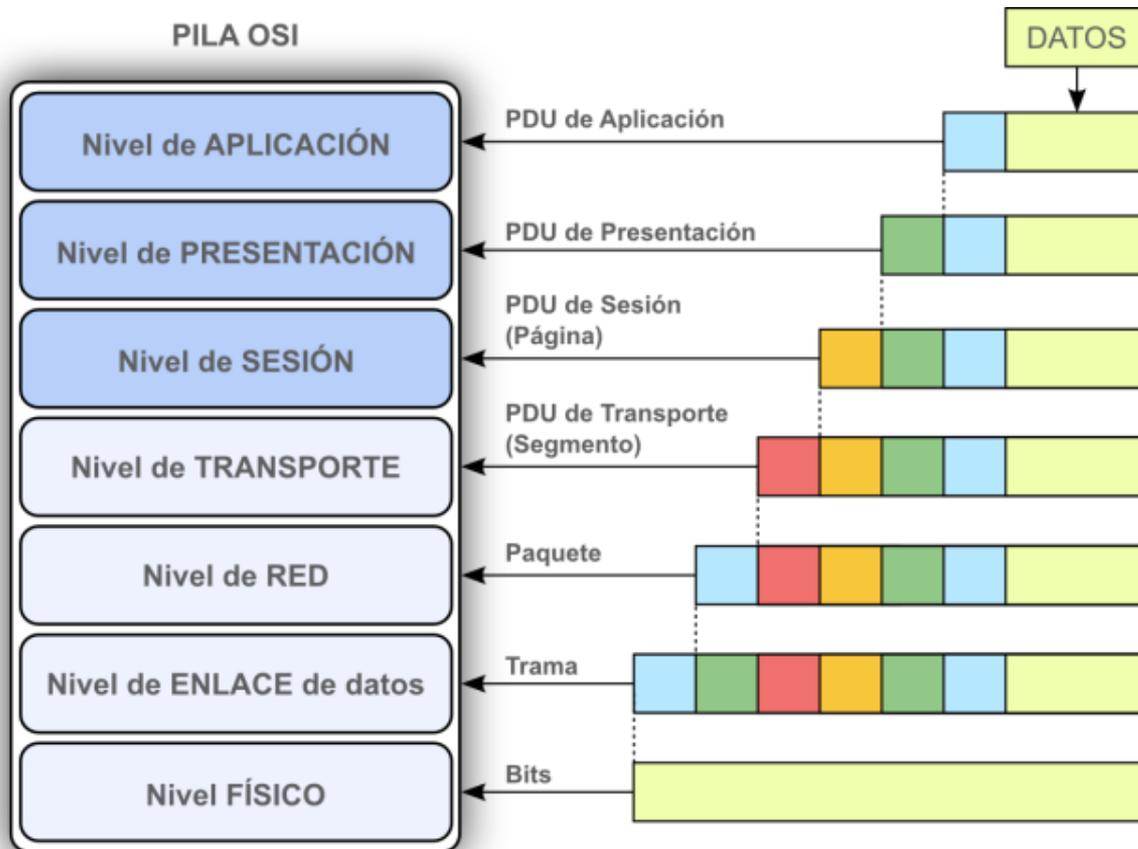
Arquitecturas de comunicaciones

Modelo de referencia OSI

- Modelo de Arquitectura de Comunicaciones (software) para Interconexión de Sistemas Abiertos
- Antes de OSI y TCP/IP (Internet): Computadoras = Sistemas cerrados o sistemas propietarios (sistemas de un fabricante incapaces de comunicarse con el de otros)
- Cada organización o empresa compraba los ordenadores y dispositivos de comunicaciones a un fabricante
- Torre de Babel: Protocolos de comunicaciones de los distintos fabricantes incompatibles
- **Estandarizado en 1984 ((ISO/IEC 7498-1) y descartado en 1992**
- Hoy se utiliza para la descripción conceptual de los niveles de comunicaciones de otras arquitecturas

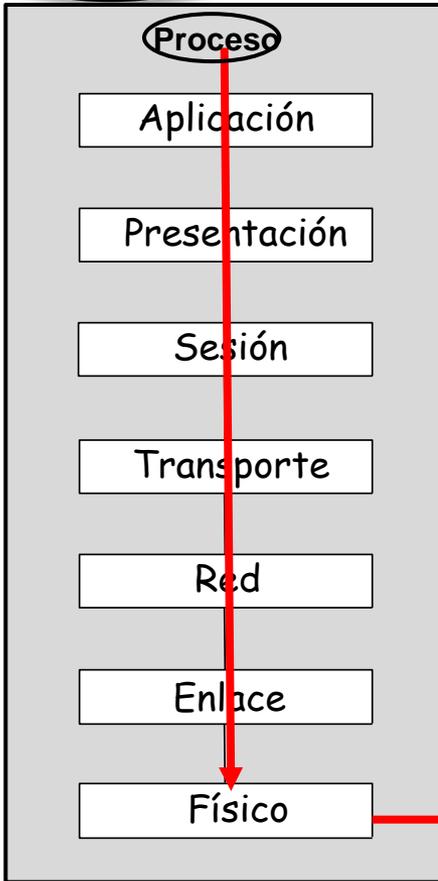
Arquitecturas de comunicaciones

Modelo de referencia OSI



PDU: Protocol Data Unit = Unidad de Datos del Protocolo

Arquitectura OSI

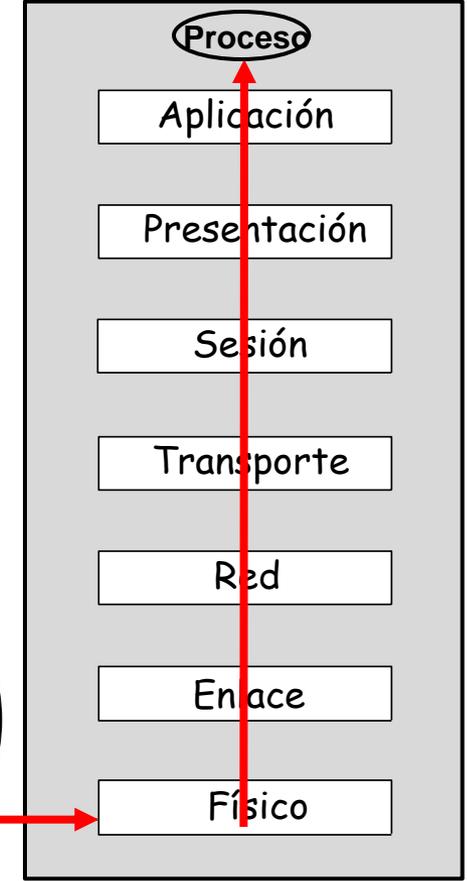
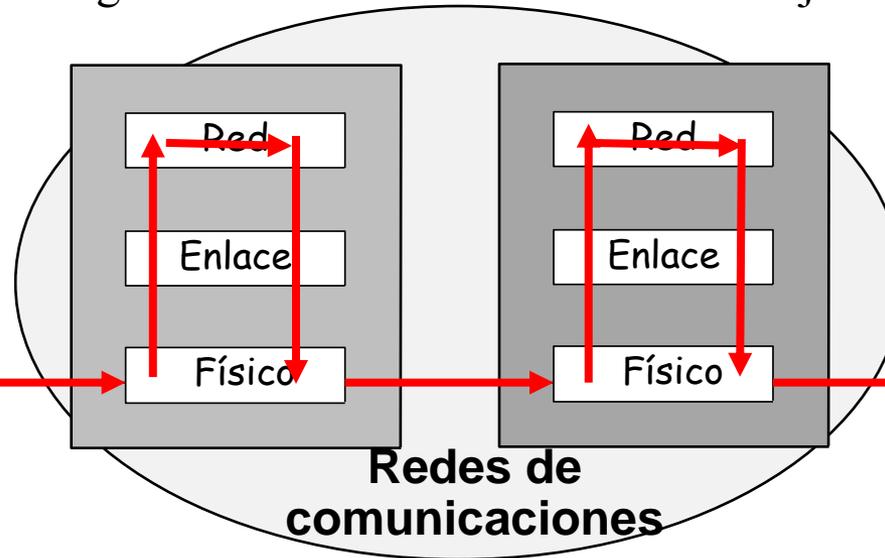


Aplicaciones: transferencia de ficheros....

Formatos y representación de los datos

Control del diálogo

Entrega confiable/no confiable de "mensajes"



Arquitectura TCP/IP

➤ **Protocolos TCP (Transmission Control Protocol) IP (Internet Protocol)**

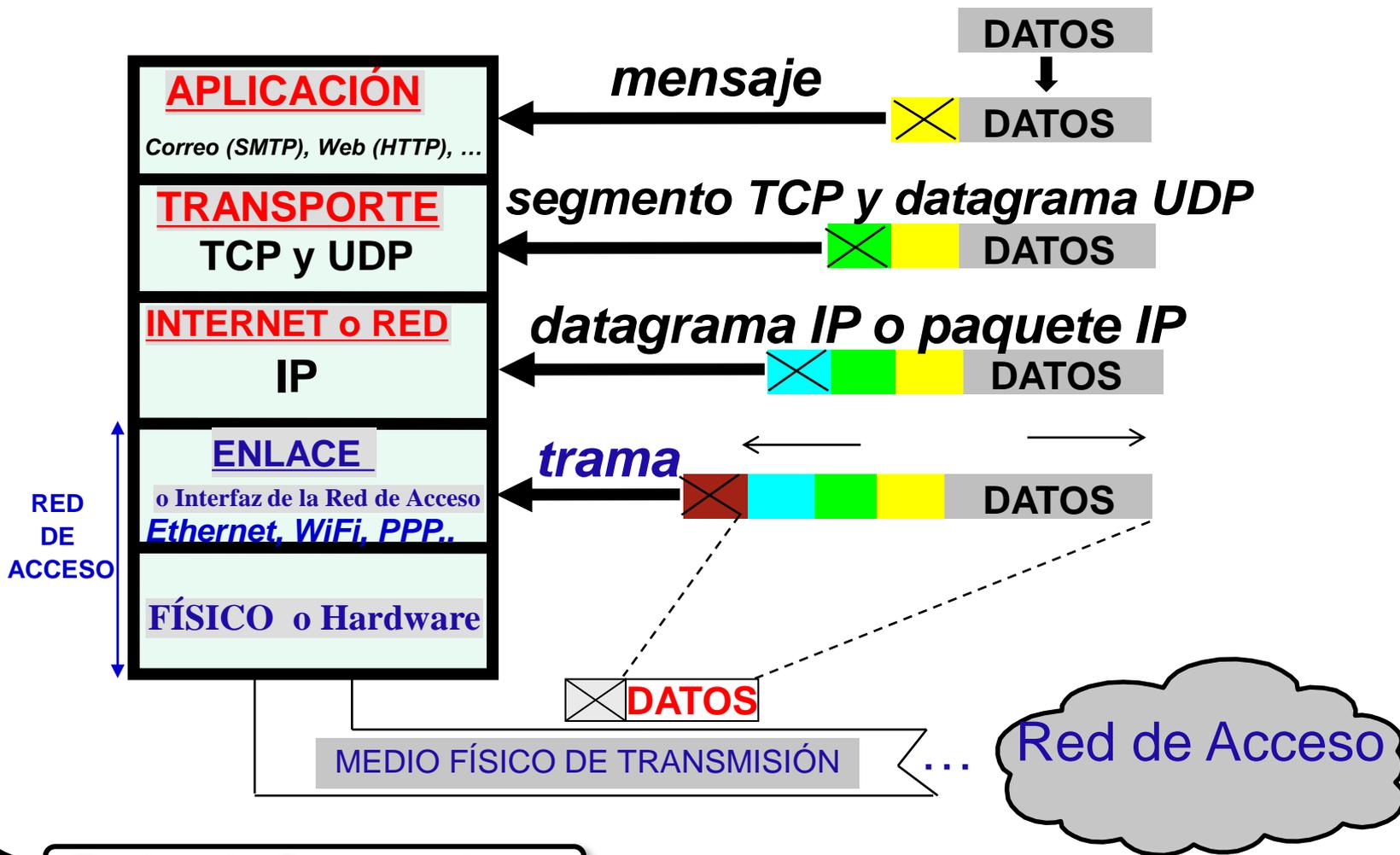
- Primero, como un solo protocolo en 1973. Después en 1980, como dos protocolos separados (RFC's 760 y 761)

➤ **Objetivo:**

- **IP:** Transmisión de datagramas desde la máquina origen a la máquina destino, mediante la dirección y el encaminamiento a través de dispositivos intermedios (gateways-routers)
 - **TCP:** garantizar la transmisión fiable de segmentos
- **Primera Implementación en el S.O Unix BSD 4.2 en 1984**

Arquitectura TCP/IP

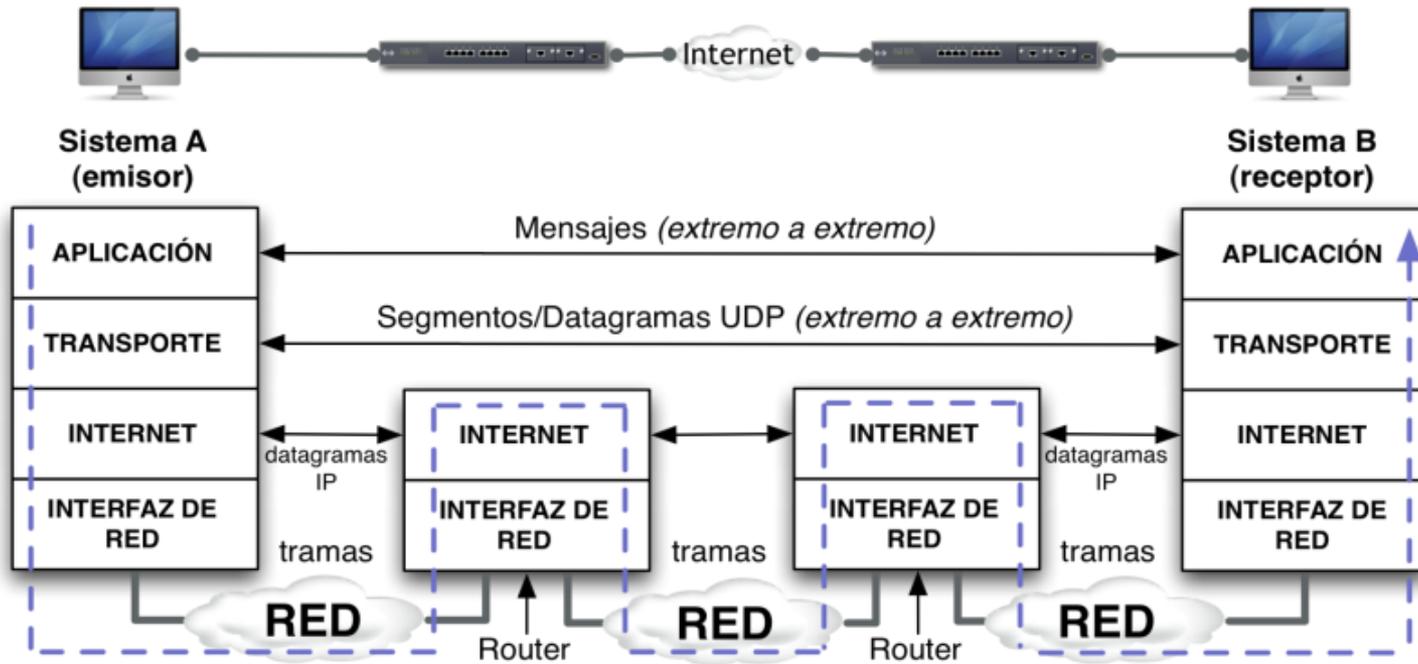
Niveles y Unidades de Datos



Arquitectura TCP/IP

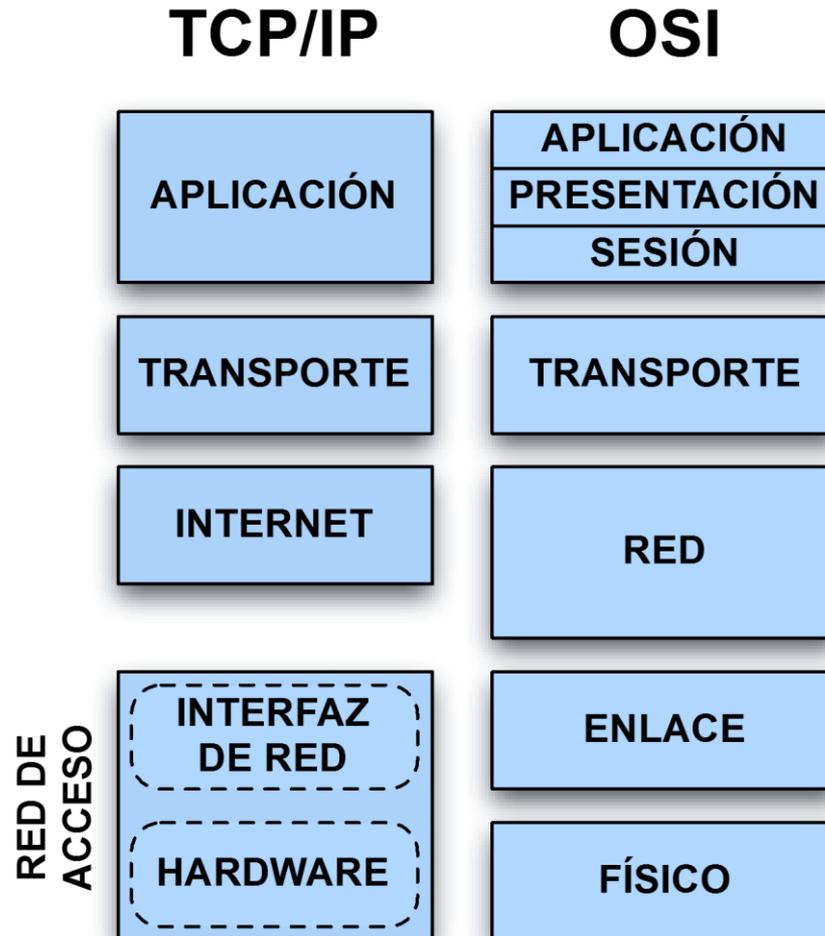
Comunicación entre niveles

- Comunicación entre sistemas no vecinos vía *routers*
- Los *routers* implementan el protocolo IP



Arquitecturas de comunicaciones

Comparativa TCP/IP y OSI



1. Introducción a las comunicaciones

Introducción

1.1. Conceptos básicos de transmisión de datos

1.2. Medios de Transmisión. Capacidad de un canal

1.3 Técnicas de transmisión

1.4 Distribución de ancho de banda

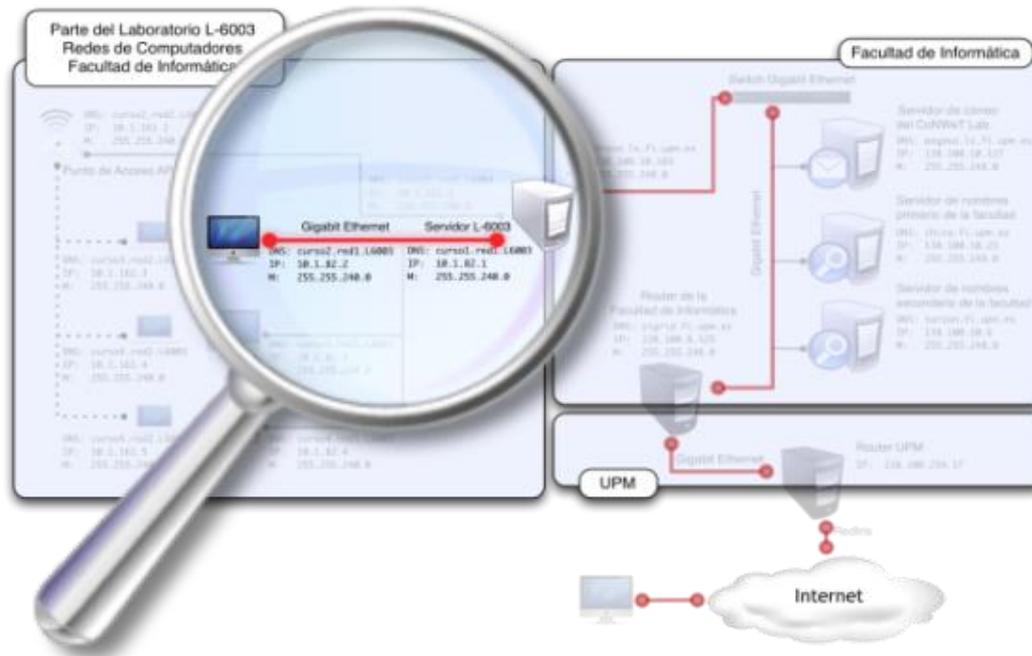
1.5. Técnicas de comunicaciones de datos

1. 6 Supuestos: Tema 1

1.1 Conceptos básicos de transmisión de datos

- 1.1.1 Señales
- 1.1.2 Ancho de banda
- 1.1.3 Representación espectral.
- 1.1.4 Régimen binario versus ancho de banda del canal
- 1.1.5 Ejemplos

Conceptos básicos. Transmisión de datos



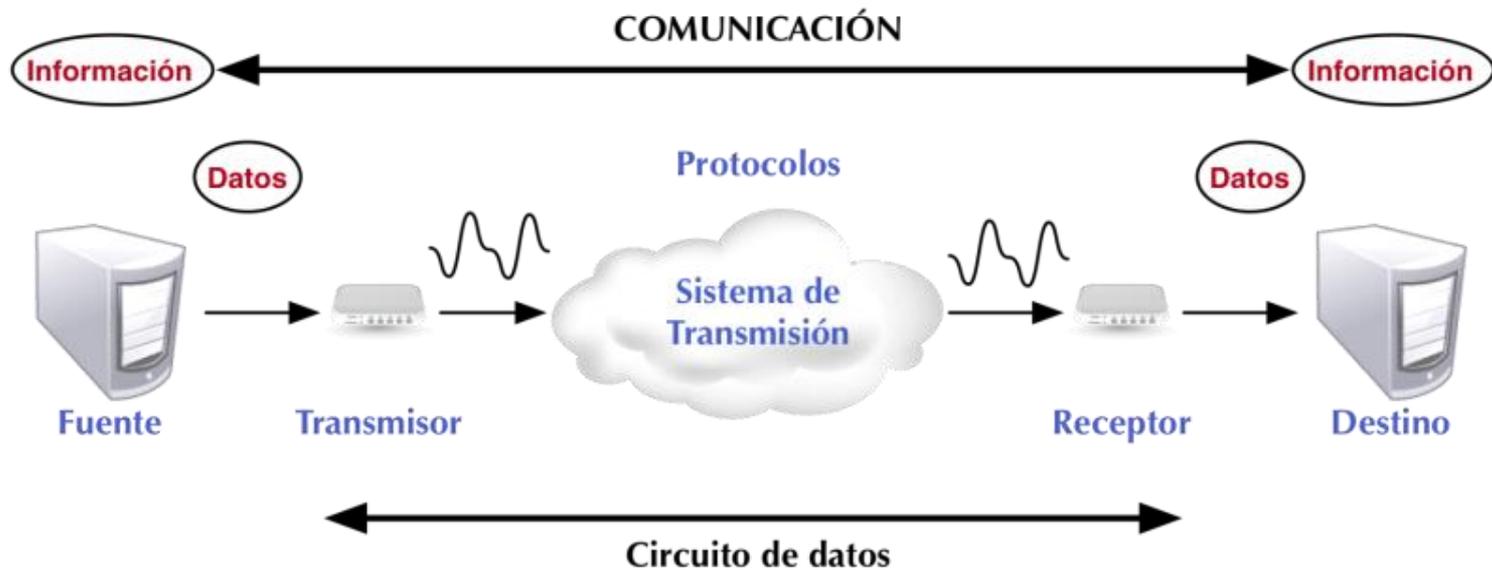
Problema a resolver:

- Mover información (bits/datos) entre máquinas

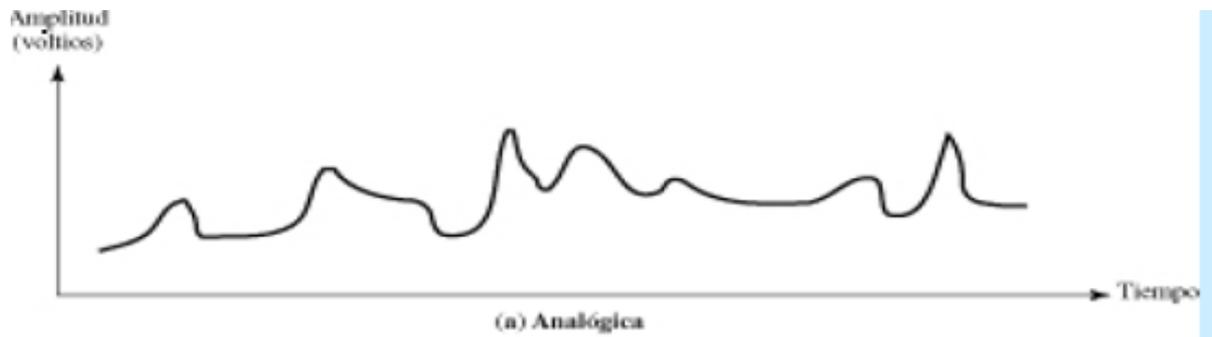
Solución a nivel físico:

- Medios de transmisión
- Señales electromagnéticas

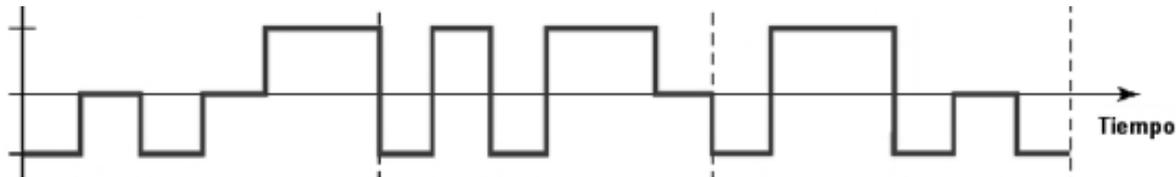
Conceptos básicos. Transmisión de datos



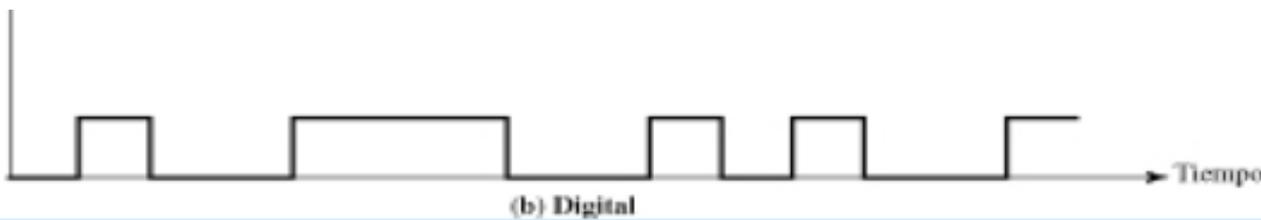
Señales analógicas y digitales



Analógica



Digital (multinivel)

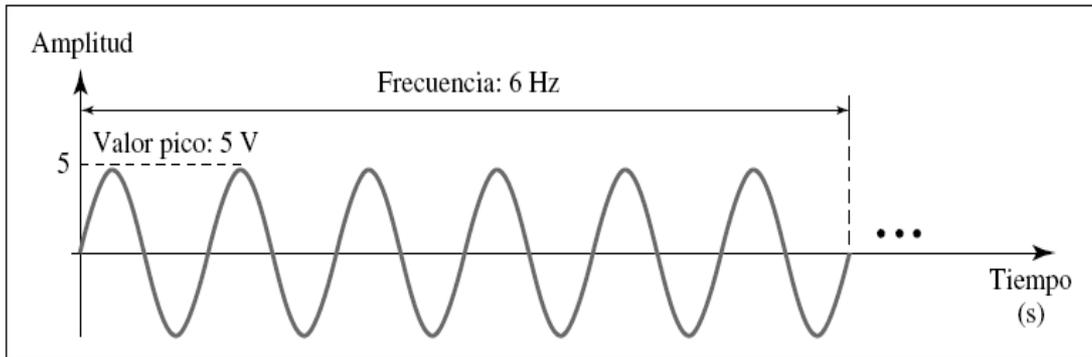


Digital (binaria)

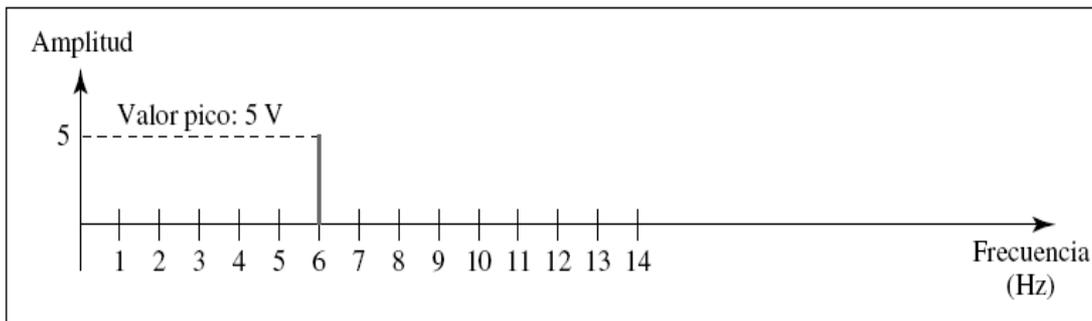
Señales periódicas.

Ejemplo: señal sinusoidal

▪ Dominio del tiempo



a. Una onda seno en el dominio del tiempo (valor pico: 5 V, frecuencia: 6 Hz) $\text{Hz} = \text{ciclos/seg}$
 $T = 1/f$; $T = 166,6 \text{ mseg.}$



b. La misma onda seno en el dominio de frecuencia (valor pico: 5 V, frecuencia: 6 Hz)

▪ Dominio de la frecuencia: espectro

▪ Periodo:

- Es el tiempo transcurrido entre dos puntos equivalentes de la onda

▪ Amplitud

- Valor de pico

▪ Frecuencia

- Frecuencia es la inversa del periodo

▪ Fase:

- Posición de la onda respecto a $t=0$

Ancho de banda de un medio de transmisión

- Un medio de transmisión se comporta como un filtro selectivo a la frecuencia.
- Su ancho de banda W es la diferencia entre las frecuencias máxima y mínima que deja pasar
- Un medio físico se convierte en un canal cuando se le acopla un transmisor en un extremo y un receptor en el otro
- Ejemplo:
 - Medio de transmisión: par trenzado que constituye el bucle de acceso a las redes telefónicas
 - Su ancho de banda depende de la distancia: 1 MHz a 6 Km
- Canal telefónico para transmisión de voz:
 - Se ha limitado su ancho de banda a 4 KHz

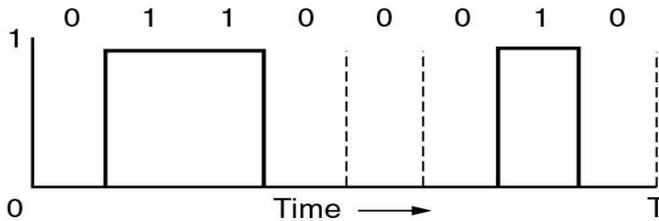
Análisis de Fourier

- Cualquier señal periódica $x(t)$ puede representarse como:

$$x(t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos(2\pi n f_0 t) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \text{sen}(2\pi n f_0 t) \quad f_0 = \frac{1}{T}$$

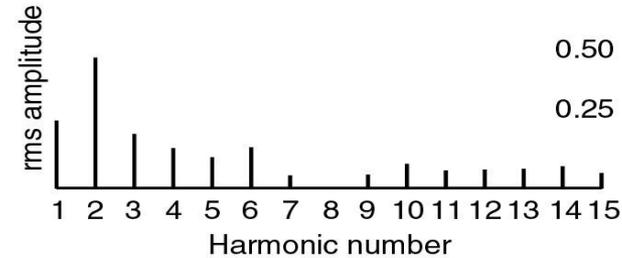
$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt \quad a_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cos(2\pi n f_0 t) dt \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \text{sen}(2\pi n f_0 t) dt$$

Representación espectral de señales digitales y reconstrucción (I)

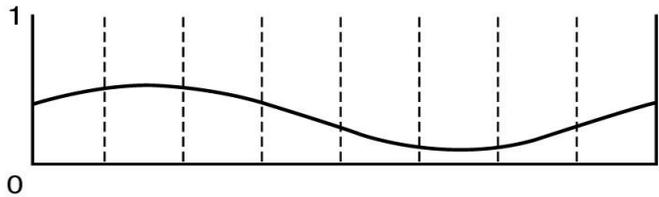


Carácter ASCII b

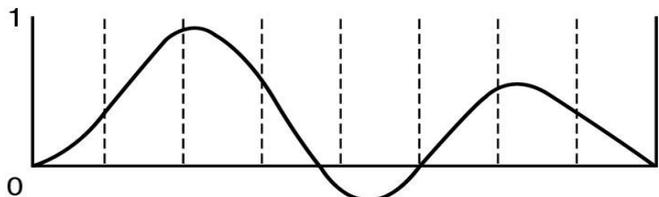
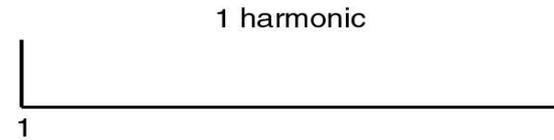
(a)



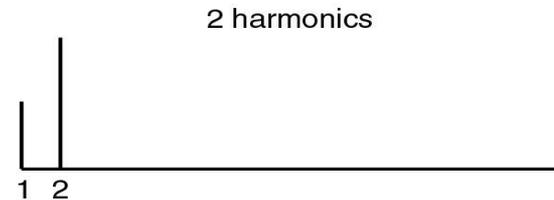
Espectro (análisis de Fourier)



(b)

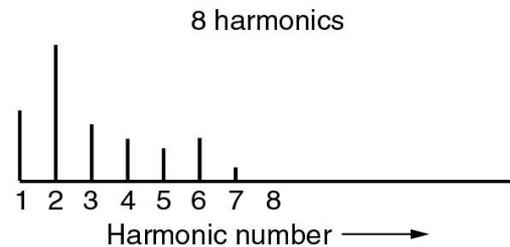
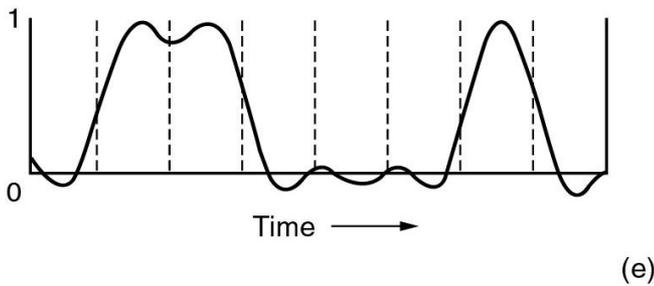
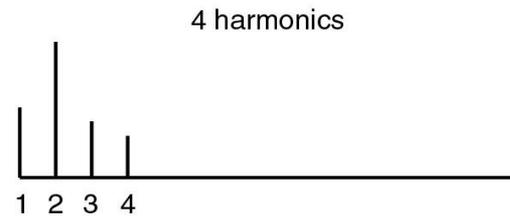
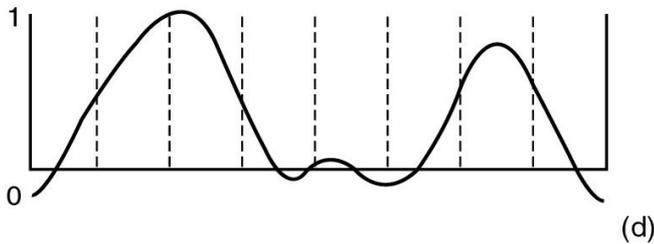


(c)



[TANE11]

Representación espectral de señales digitales y reconstrucción (II)



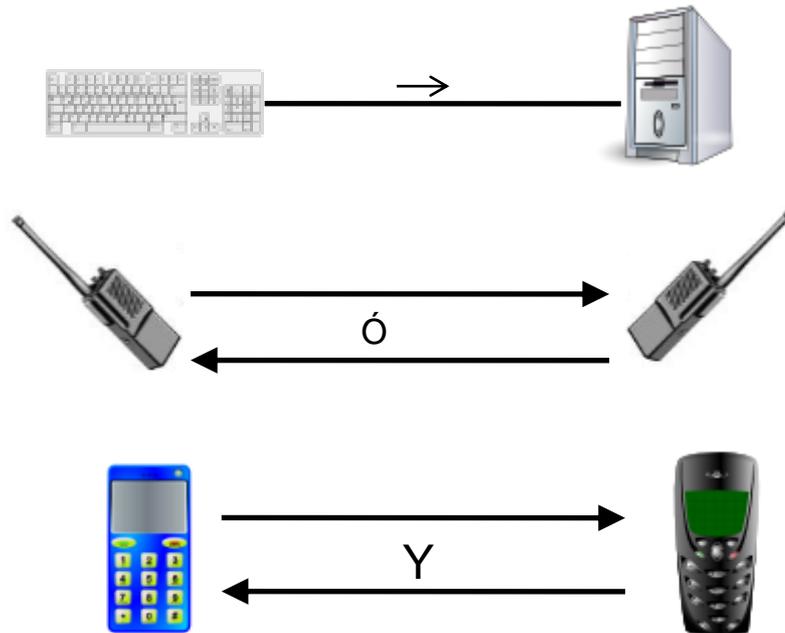
[TANE11]

Régimen binario-ancho de banda del canal. Ejemplo canal telefónico (3 KHz)

Bps	T (msec)	First harmonic (Hz)	# Harmonics sent
300	26.67	37.5	80
600	13.33	75	40
1200	6.67	150	20
2400	3.33	300	10
4800	1.67	600	5
9600	0.83	1200	2
19200	0.42	2400	1
38400	0.21	4800	0

[TANE11]

Transmisión Simplex, semidúplex y dúplex



1. Introducción a las comunicaciones

Introducción

1.1. Conceptos básicos de transmisión de datos

1.2. Medios de Transmisión. Capacidad de un canal

1.3 Técnicas de transmisión

1.4 Distribución de ancho de banda

1.5. Técnicas de comunicaciones de datos

1. 6 Supuestos: Tema 1

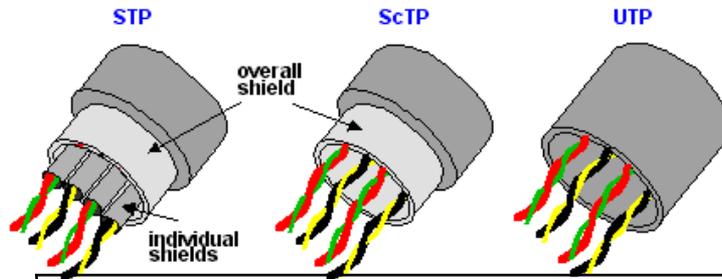
1.2. Medios de transmisión. Capacidad de un canal

- Perturbaciones
 - Atenuación
 - Ruido
- Capacidad de un canal
 - Teorema de Nyquist
 - Teorema de Shannon para canales con ruido

Medios de transmisión

- Par trenzado
- Cable coaxial
- Fibra óptica
- Medios inalámbricos

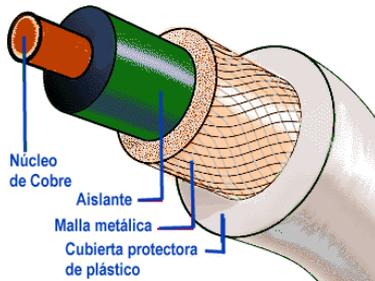
Par trenzado



- STP: Shielded Twisted Pair
- ScTP: Screened Twisted Pair
- UTP: Unshielded Twisted Pair

UTP			
Categoría	Ancho de banda	Velocidad	Aplicaciones
Cat 1	400 KHz	1 Mbps	Redes telefónicas (acceso)
Cat 2		4 Mbps	
Cat 3	16 MHz	16 Mbps	Ethernet. 10 Base T
Cat 4		20 Mbps	
Cat 5	100-125 MHz	100 Mbps	Ethernet. 100/1000 Base T
Cat 5e	100-125 MHz	1Gbps	Ethernet. 100/1000 Base T
Cat 6	250 MHz	1 Gbps	! Giga Base T
Cat 7	600 MHz	1Gbps	10 Giga Base T

Cable coaxial



**Ancho de banda del
orden de 500 MHz**

- **Utilización actual:**
 - **Distribución de señales de TV**
 - **Acceso a Internet**

Fibra óptica

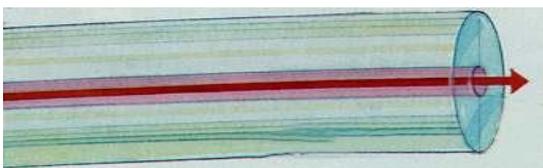
850 nm

1.320 nm

1.550 nm

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

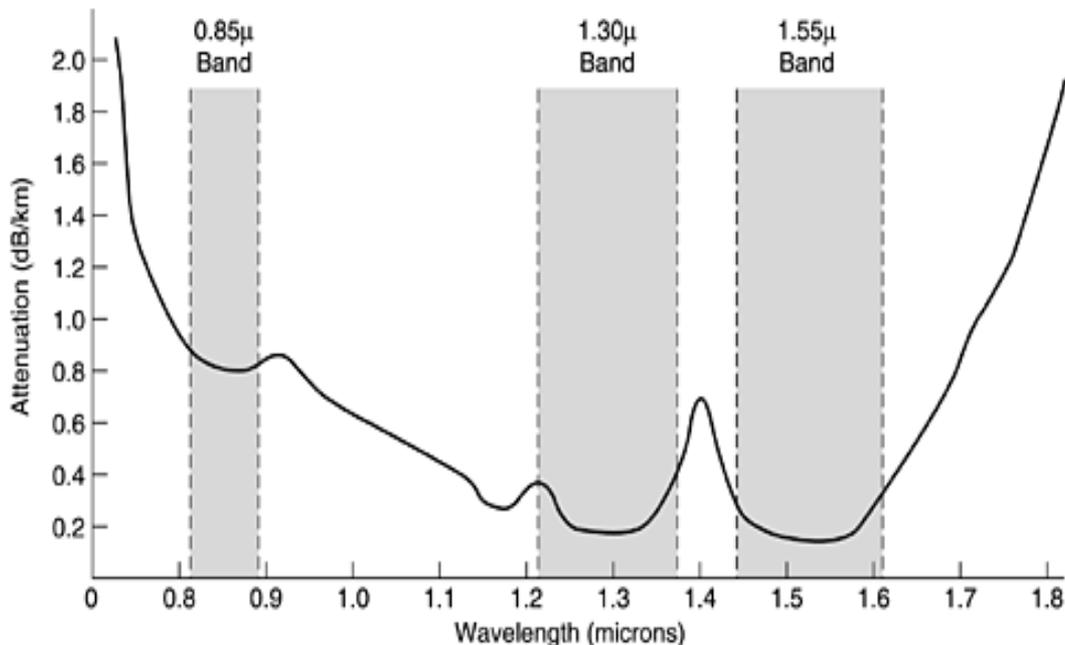
λ : longitud de onda
 c : velocidad de la luz
 f : frecuencia



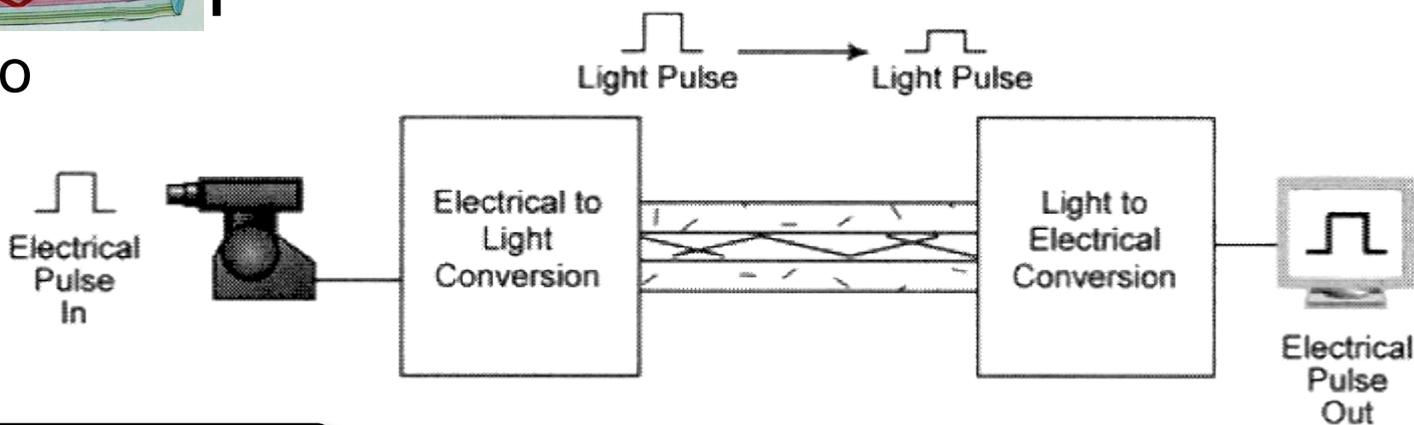
Monomodo



Multimodo



Banda de 0,3 a 3 micras; de 100 THz a 1.000 THz



Espectro de comunicaciones por radio (aire)

BANDAS DE RADIO CORRESPONDIENTES AL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

NOMBRE DE LA BANDA	FRECUENCIAS	LONGITUDES DE ONDA	APLICACIONES
Banda VLF (<i>Very Low Frequencies – Frecuencias Muy Bajas</i>)	3 – 30 kHz	100 000 – 10 000 m	Submarinos, Radnaveg
Banda LF (<i>Low Frequencies – Frecuencias Bajas</i>)	30 – 300 kHz	10 000 – 1 000 m	Estaciones de radio OL
Banda MF (<i>Medium Frequencies – Frecuencias Medias</i>)	300 – 3.000 kHz	1 000 – 100 m	Est. Radio OM
Banda HF (<i>High Frequencies – Frecuencias Altas</i>)	3 – 30 MHz	100 – 10 m	Est. Rad Onda Corta
Banda VHF (<i>Very High Frequencies – Frecuencias Muy Altas</i>)	30 – 300 MHz	10 – 1 m	Est. Radio FM
Banda UHF (<i>Ultra High Frequencies – Frecuencias Ultra Altas</i>)	300 – 3.000 MHz	1 m – 10 cm	Wifi, TDT; RM, Satellite
Banda SHF (<i>Super High Frequencies – Frecuencias Super Altas</i>)	3 – 30 GHz	10 – 1 cm	Wifi, Satélite, REnlace
Banda EHF (<i>Extremely High Frequencies – Frecuencias Extremadamente Altas</i>)	30 – 300 GHz	1 cm – 1 mm	RE, Satélite

Perturbaciones de la señal en los medios de transmisión

Atenuación: Disminución en amplitud de la corriente o potencia de una señal durante su transmisión entre dos puntos.

La atenuación de la señal se mide en decibelios

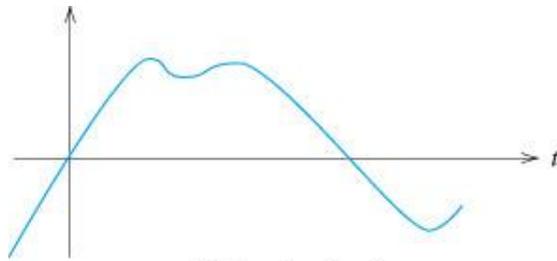
$$\text{dB} = 10 \log_{10} P2/P1$$

Ruido: Señales no deseadas que se combinan con la señal transmitida. Si el nivel de ruido es alto puede enmascarar a la señal transmitida.

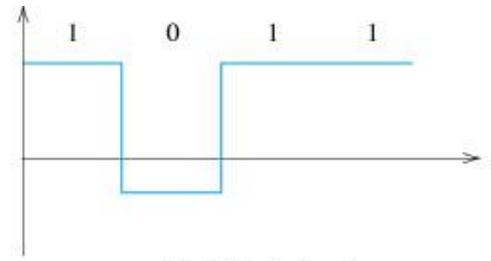
La influencia del ruido en la señal se mide en decibelios

$$\left(\frac{S}{R}\right)_{dB} = 10 \log_{10} \frac{\text{Pot} \text{ _ Señal}}{\text{Pot} \text{ _ Ruido}}$$

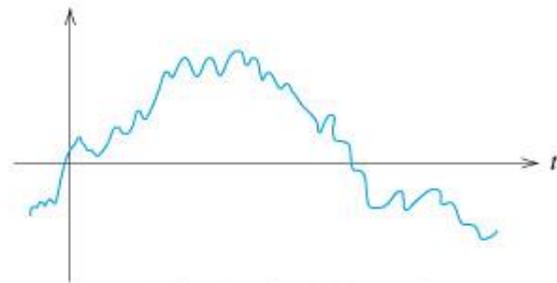
Transmisión analógica y transmisión digital



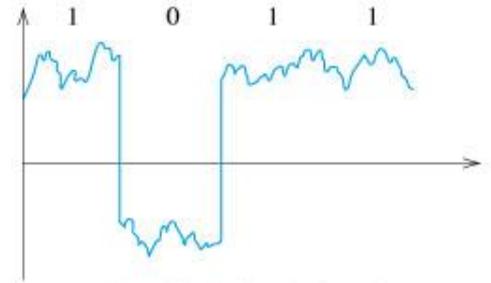
(a) Analog signal



(b) Digital signal



(c) Analog signal plus noise



(d) Digital signal plus noise

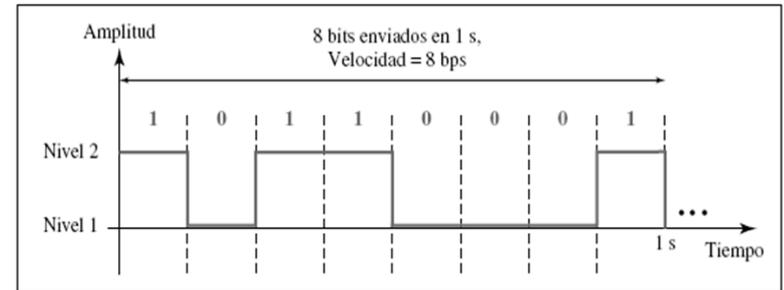
- La atenuación se corrige mediante amplificadores
- La señal analógica no se podrá reconstruir totalmente.
- La transmisión analógica siempre añade ruido

- La atenuación se corrige mediante regeneradores
- La señal digital si se puede reconstruir.
- La transmisión digital de señales es sin ruido

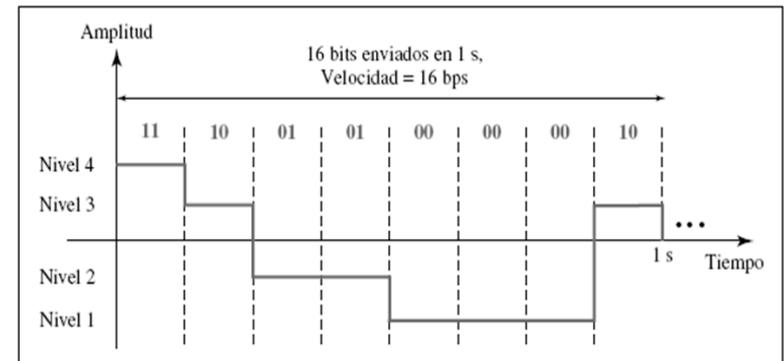
Velocidad de Transmisión- Velocidad de Señalización

- Velocidad de Transmisión, $V(\text{Bits/s})$:
 - Número de bits por segundo
 - Es igual a $1/T$ siendo T la duración de 1 BIT

- Velocidad de Señalización, $V(\text{Baudios})$:
 - Número de elementos de señalización por segundo
 - Es igual a $1/T_s$ siendo T_s la duración de un intervalo de señal



a. Una señal digital con dos niveles



b. Una señal digital con cuatro niveles

Capacidad del Canal

- Canales sin ruido (**Teorema de Nyquist**):

$$C = 2W \log_2 N \quad \text{Bits / seg}$$

- Canales con ruido (**Teorema de Shannon**):

$$N_{\max} = [(S + R)/R]^{1/2}$$

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{R}\right) \quad \text{Bits / seg}$$

1. Introducción a las comunicaciones

Introducción

1.1. Conceptos básicos de transmisión de datos

1.2. Medios de Transmisión. Capacidad de un canal

1.3 Técnicas de transmisión

1.4 Distribución de ancho de banda

1.5. Técnicas de comunicaciones de datos

1. 6 Supuestos: Tema 1