

REDES DE COMPUTADORAS

EC5751



USB

Capa Física

Prof. Mariano Arias

LA CAPA FISICA



Contenido

- Terminología y Conceptos
- Transmisión Análogo y Digital
- Codificación de datos
- Bases teóricas
- Modulación
- Multiplexaje
- Conmutación
- Medios de transmisión guiados
- Transmisión inalámbrica

LA CAPA FISICA

La capa Física se encarga de:

- Manipular los dígitos binarios que procesa una computadora en representaciones de señales digitales o analógicas para poderlas transmitir a través de un medio físico.
- Definir las especificaciones eléctricas, mecánicas, de procedimiento y funcionales, para activar y mantener el enlace físico entre sistemas finales

LA CAPA FISICA

La capa toma en cuenta:

- Propiedades de cables, fibra y medios inalámbricos ya que limitan lo que las redes pueden hacer
- Técnicas para insertar datos en los medios como Modulación y Codificación.
- Conectores, topología de la red, (Representación de los bits en los medios (voltajes y tipos de señales)).
- Sistema de circuitos del receptor y transmisor en los dispositivos de red.

Las principales herramientas son:

- Análisis de Fourier
- Características de las señales (ancho de banda limitado)
- Tasa de transferencia máxima de un canal

LA CAPA FISICA

Terminología

- Punto a punto

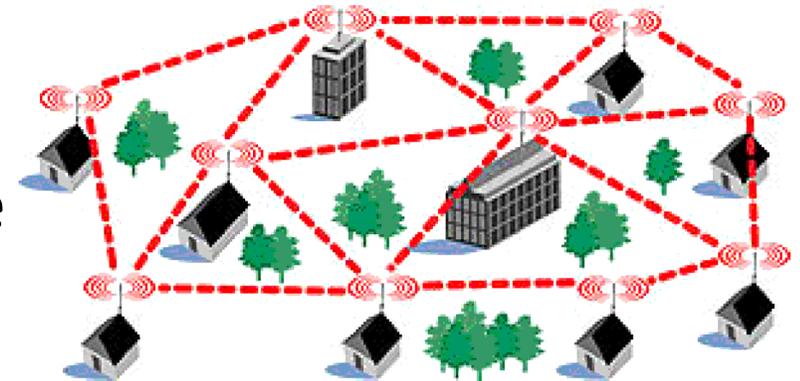
Enlace directo

Solo dos dispositivos comparten el enlace



- Multipunto

Mas de 2 dispositivos comparten el enlace



LA CAPA FISICA

Terminología

- **Enlace Simplex**

En una dirección (televisión)



- **Enlace Semi-duplex o Half-duplex**

Ambas direcciones pero solo una vía al tiempo (Radio de taxis)



- **Enlace Duplex o full-duplex**

Ambas direcciones al mismo tiempo (Teléfono)



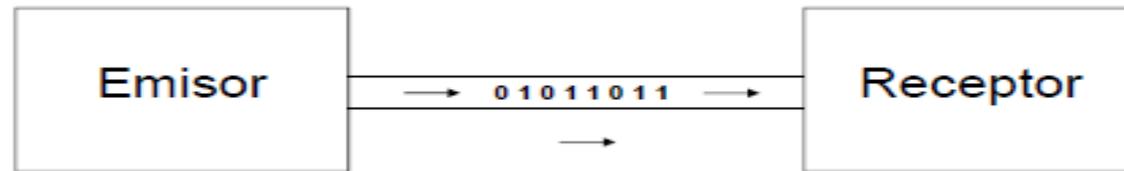
En el caso dúplex y semi-dúplex el enlace puede ser simétrico (misma velocidad en ambos sentidos) o asimétrico.

LA CAPA FISICA

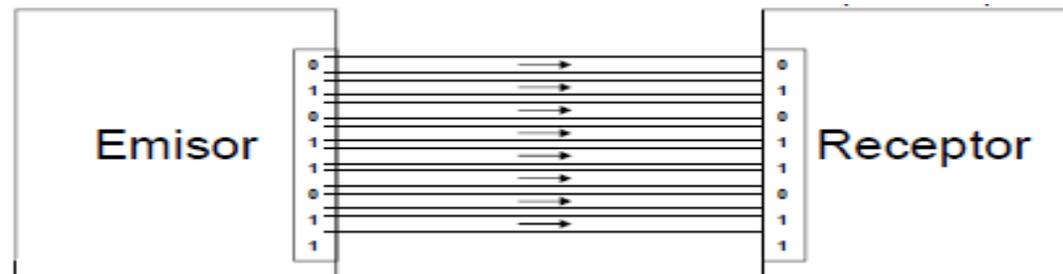
Terminología

Modo de transmisión

- **SERIE:** Envía un bit tras otro mediante un único circuito o hilo de comunicación.



- **PARALELA:** Se transmiten simultáneamente una palabra de información, utilizando tantos hilos de comunicación como bits componen la palabra.



LA CAPA FISICA

Tipos según destino:

Según el número de destinatarios un paquete enviado puede ser:

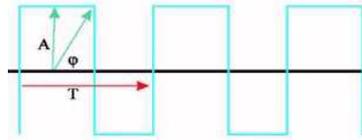
- **Unicast:** si se envía a un destinatario concreto. (El mas habitual).
- **Broadcast:** si se envía a todos los destinatarios posibles (anunciar nuevos servicios).
- **Multicast:** si se envía a un grupo selecto de destinatarios de entre todos los que hay en la red (videoconferencia).
- **Anycast:** si se envía a uno cualquiera de un conjunto de destinatarios posibles (Un cliente solicita información y recibe respuesta de un servidor de varios posibles).

LA CAPA FISICA

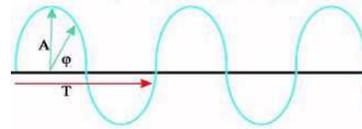
Transmision Análogo y Digital

- Dato: Entidad que transporta un significado
- Señales: Representación eléctrica o electrónica del dato

— Digitales



— Analógicas

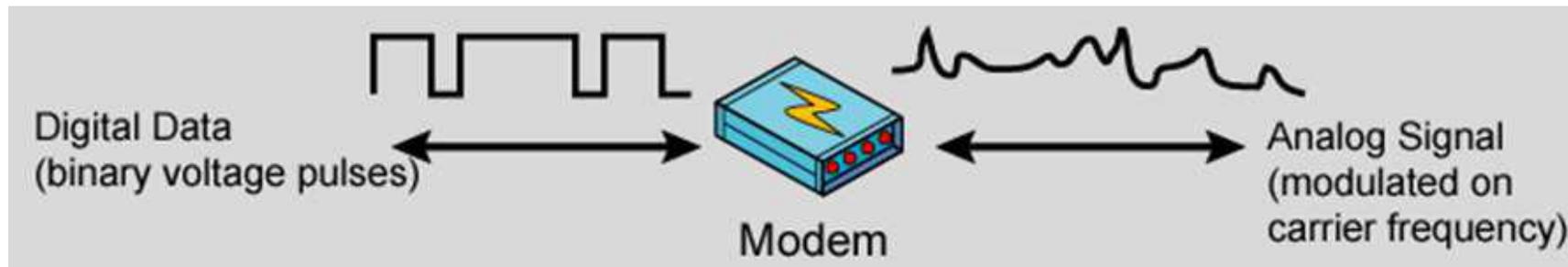
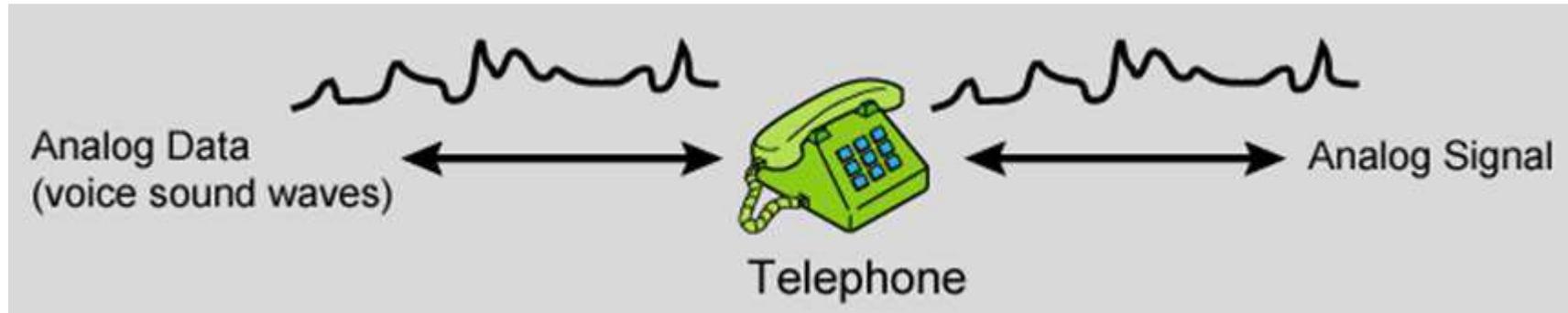


- Transmisión: Comunicación de datos por propagación y/o procesamiento de las señales

LA CAPA FISICA

Señales análogas transportan datos análogos y digitales

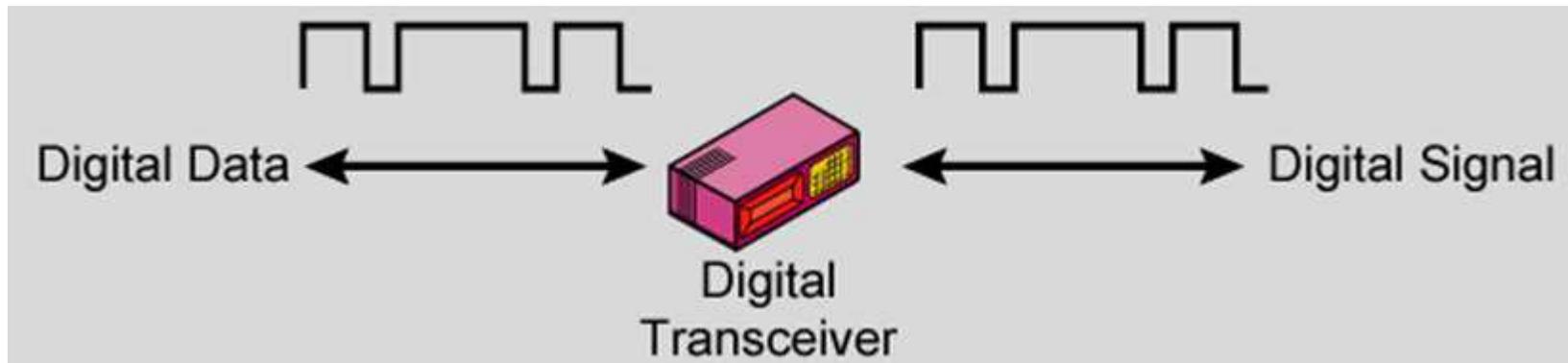
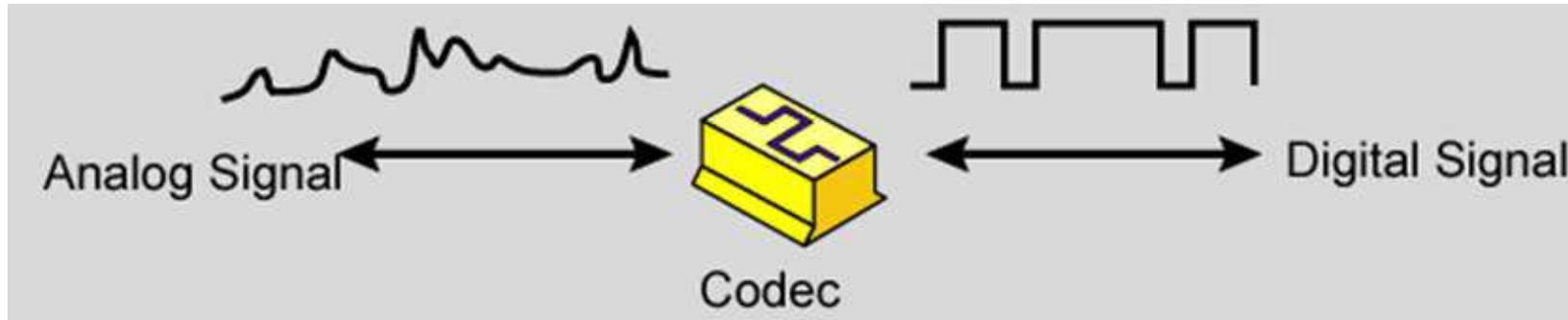
- Las Señales Analógicas: representan los datos y se manifiestan variando de forma continua las ondas electromagnéticas



LA CAPA FISICA

Señales digitales transportan datos análogos y digitales

- Las Señales Digitales: representan los datos y se manifiestan con secuencias de pulso de voltaje



LA CAPA FISICA

Codificación de Datos

- Se entiende por Codificación al proceso de conversión de un sistema de datos de origen a otro sistema de datos de destino.
- Para transmitir datos es necesario codificarlos en señales.
- El tipo de codificación depende del medio que transporte las señales.
- La codificación de datos es histórica, por ejemplo, señales de humo, código Morse, etc. El código lleva mensajes específicos.

Ejemplo: Señal de Auxilio o SOS

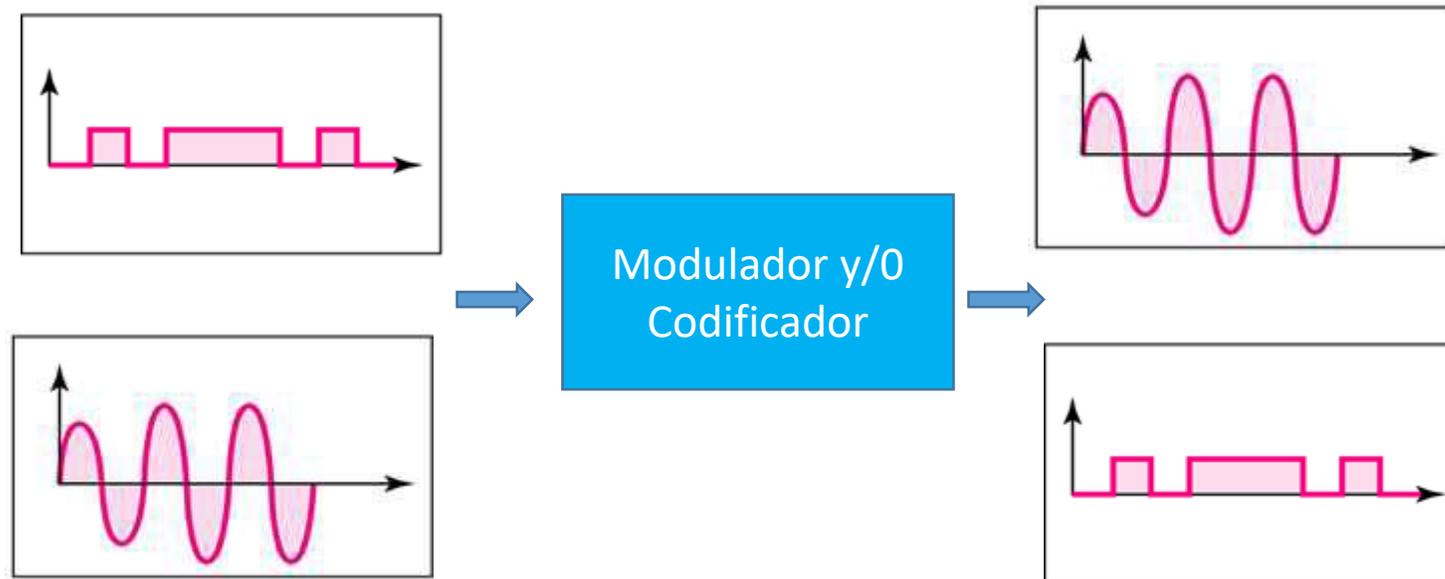
En código Morse es: ... --- ...

(Morse tenía varios competidores que crearon sofisticados dispositivos para transmitir eléctricamente "un carácter" y él tuvo la idea de la codificación. Esa idea se mantiene).

LA CAPA FISICA

Técnicas de Codificación de Datos

- Datos Digitales, señales digitales.
- Datos Analógicos, señales digitales.
- Datos Digitales, señales analógicas.
- Datos Analógicos, señales analógicas.

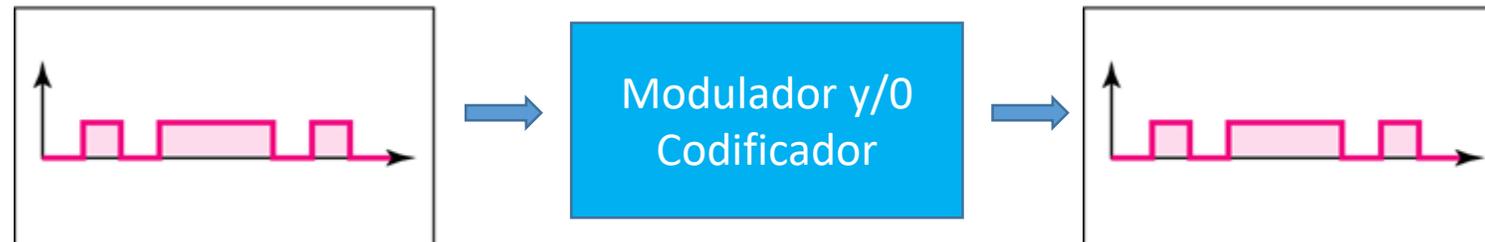


LA CAPA FISICA

Datos digitales, señales digitales

Algunas técnicas de codificación por variaciones de amplitud

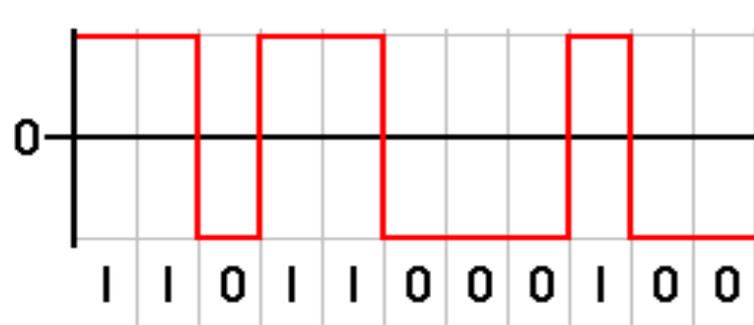
- No retorno a cero (NRZ)
- Retorno a cero (RZ)
- AMI - Bipolar(Alternate Mark Inversion)
- Manchester
- Manchester diferencial.



LA CAPA FISICA

No retorno a cero (NRZ)

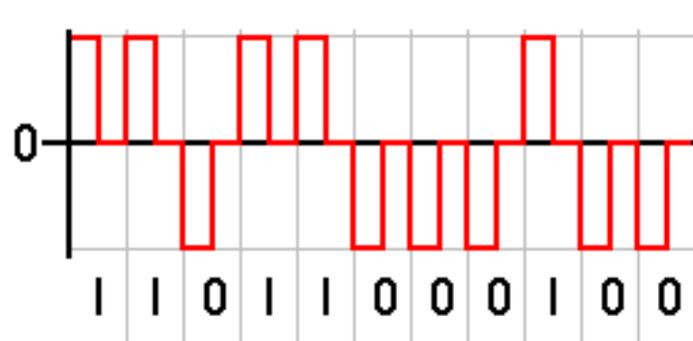
- Es el más frecuente y sencillo para transmitir señales digitales.
- Se basa en la transmisión de señales con diferente tensión para cada uno de los bits (0,1).
- Se usa con regularidad en las grabaciones de cintas magnéticas
- Dificulta recuperar el reloj si hay muchos “ceros” o “unos”.



LA CAPA FISICA

Retorno a cero (RZ)

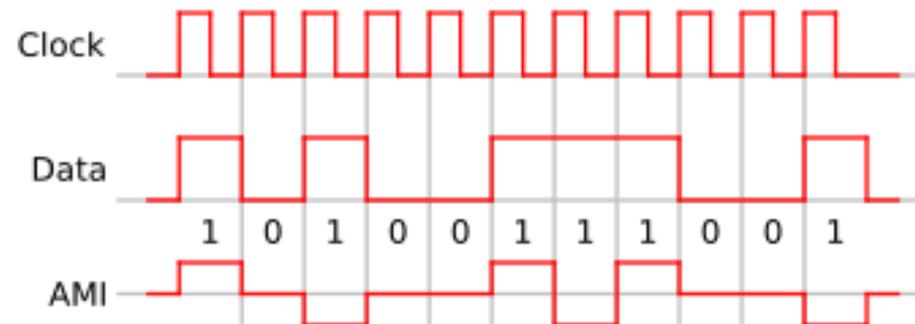
- Cada bit codificado retorna al cero analógico en algún instante
- El retorno se hace dentro del tiempo del intervalo de bit.
- Facilita la recuperación del reloj en las secuencias largas de “unos” o de “ceros”.
- Reduce el numero de errores por ruido en el canal.



LA CAPA FISICA

AMI – Bipolar (Alternate Mark Inversion)

- Es muy parecido al código NRZ, pero con mejoras.
- Tipo de Binario Multinivel.
- Representa el 0 como una ausencia de señal y el 1 con un pulso positivo o negativo, que se alterna.
- Reduce el numero de errores por ruido en el canal.
- Presenta problemas de sincronización con las cadenas continuas de ceros.



LA CAPA FISICA

Scrambling

- Reemplazar secuencias de datos que producen tensión constante por secuencias con transiciones para mantener el sincronismo.
- La secuencia de relleno debe
 - Producir suficientes transiciones para sincronizar
 - Ser reconocida por el receptor y restablecer la original
 - Tener la misma longitud que la original

OBJETIVOS:

- Eliminar la componente continua
- Evitar que las secuencias largas sean señales de tensión continua
- No reducir la velocidad de transmisión de datos
- Tener capacidad de detectar errores

LA CAPA FISICA

Scrambling: B8ZS (Norteamérica)

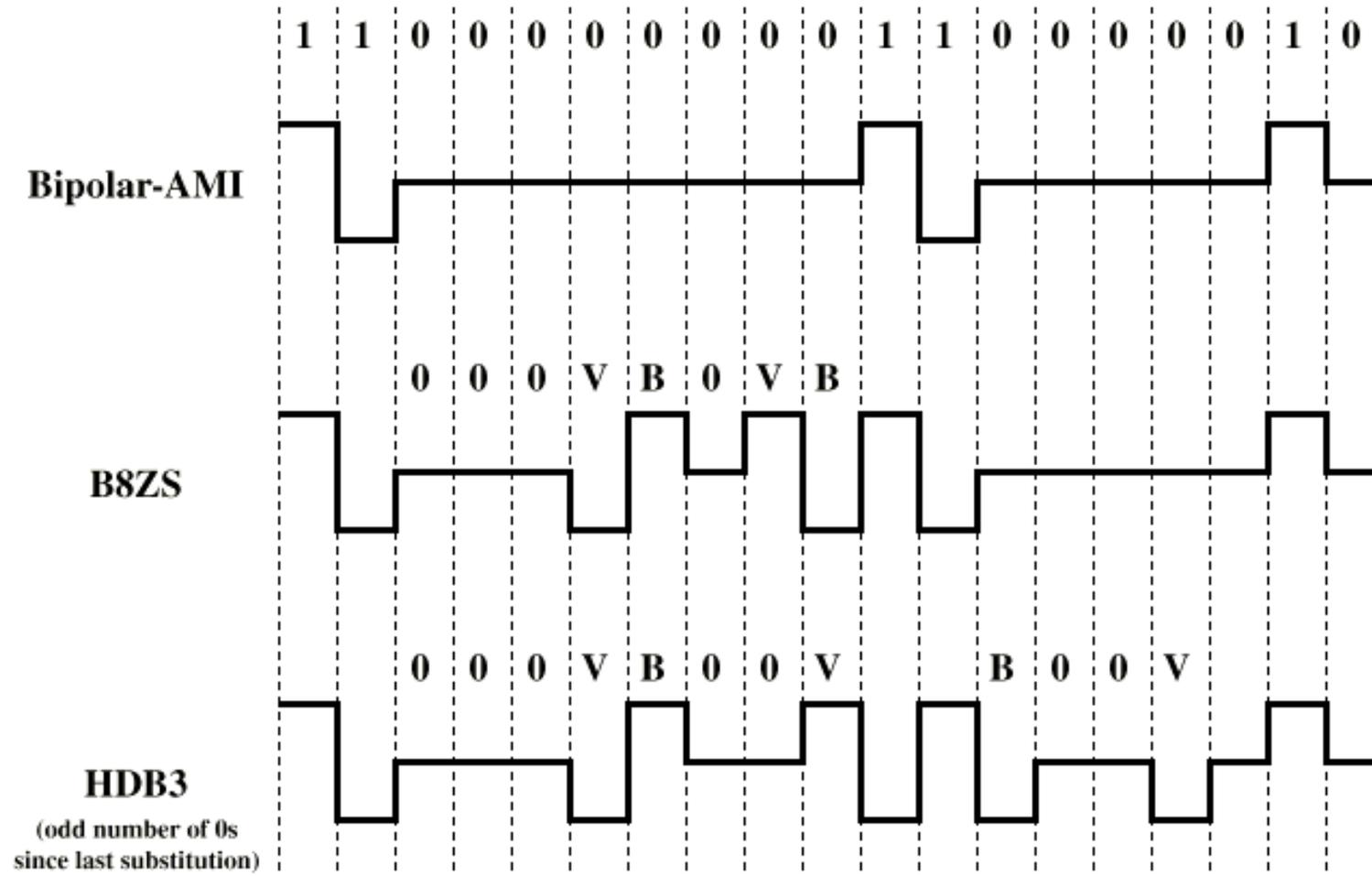
- Basado en AMI bipolar, busca secuencias de 8 ceros.
- Si aparece un octeto de ceros y el valor de tensión anterior a dicho octeto fue positivo, se codifica dicho octeto como: 000+-0-+
- Si aparece un octeto de ceros y el valor de tensión anterior a dicho octeto fue negativo, se codifica dicho octeto como: 000-+0+-

Scrambling: HDB3 (Europa y Japón)

- Basado en AMI bipolar, busca secuencias de 4 ceros.
- Si aparece un cuarteto de ceros y el último valor de polaridad fue negativo, se codifica dicho cuarteto como 000- o bien +00+
- Si aparece un cuarteto de ceros y el último valor de polaridad fue positivo, se codifica dicho cuarteto como 000+ o bien -00-
- En las violaciones siguientes se alternan las polaridades de las violaciones para evitar la componente continua

LA CAPA FISICA

Scrambling:

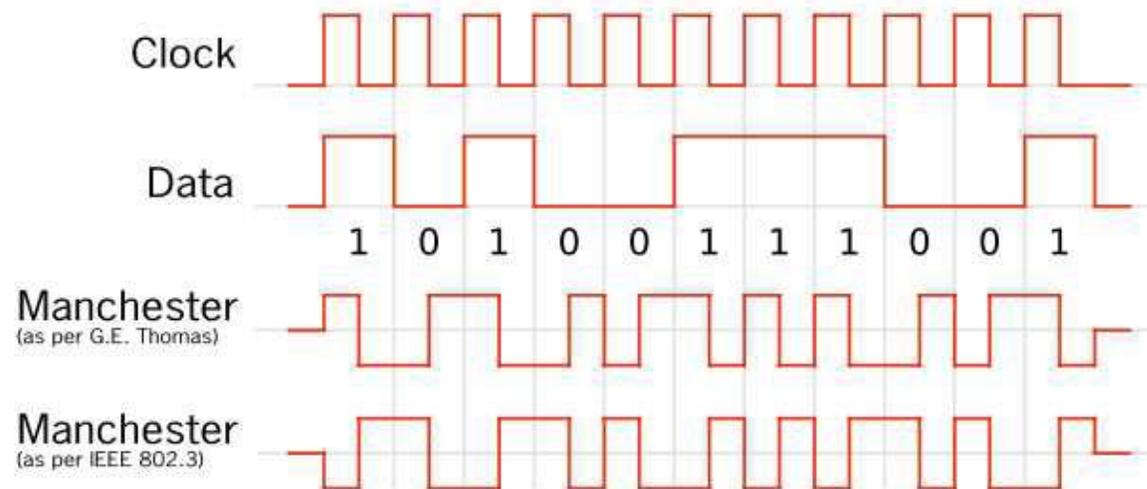


B = Valid bipolar signal
V = Bipolar violation

LA CAPA FISICA

Manchester

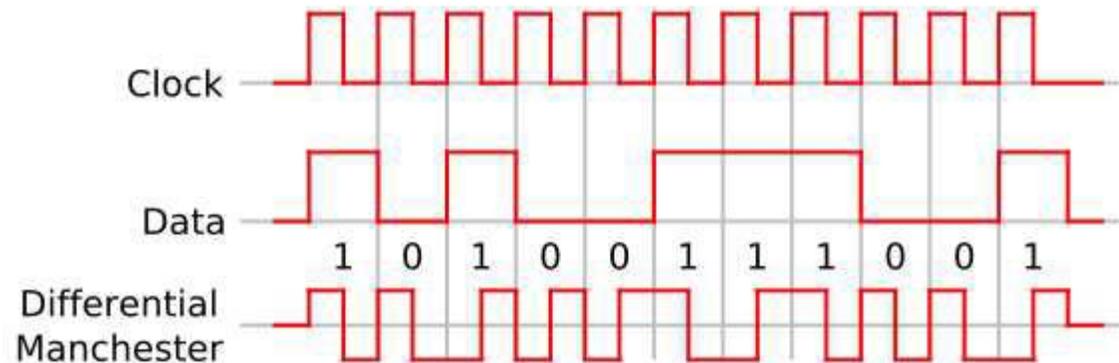
- Es una técnica de codificación alternativa al NRZ o al Binario Multinivel (bipolar-AMI).
- Para mantener la sincronización en este tipo de codificación existe una transición a la mitad de cada bit o, mejor dicho, de lo que representa.
- El 1 binario se representa con un cambio de transición de bajo a alto; el 0 de alto a bajo.



LA CAPA FISICA

Manchester Diferencial

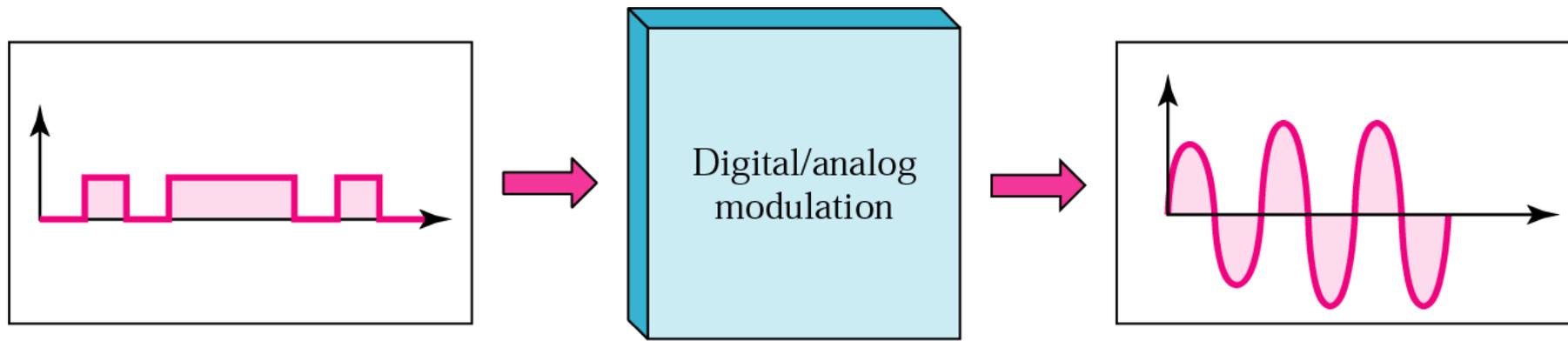
- Es una codificación diferencial, usa la presencia o ausencia de transiciones para indicar el valor lógico. Aporta ventajas sobre la Codificación Manchester .
- Un '1' se indica haciendo en la primera mitad de la señal igual a la última mitad del bit anterior, sin transición al principio del bit.
- Un '0' se indica haciendo la primera mitad de la señal contraria a la última mitad del último bit, con una transición al principio del bit.
- En la mitad del bit hay siempre una transición, ya sea de high hacia low o viceversa.



LA CAPA FISICA

Datos digitales, señales analógicas

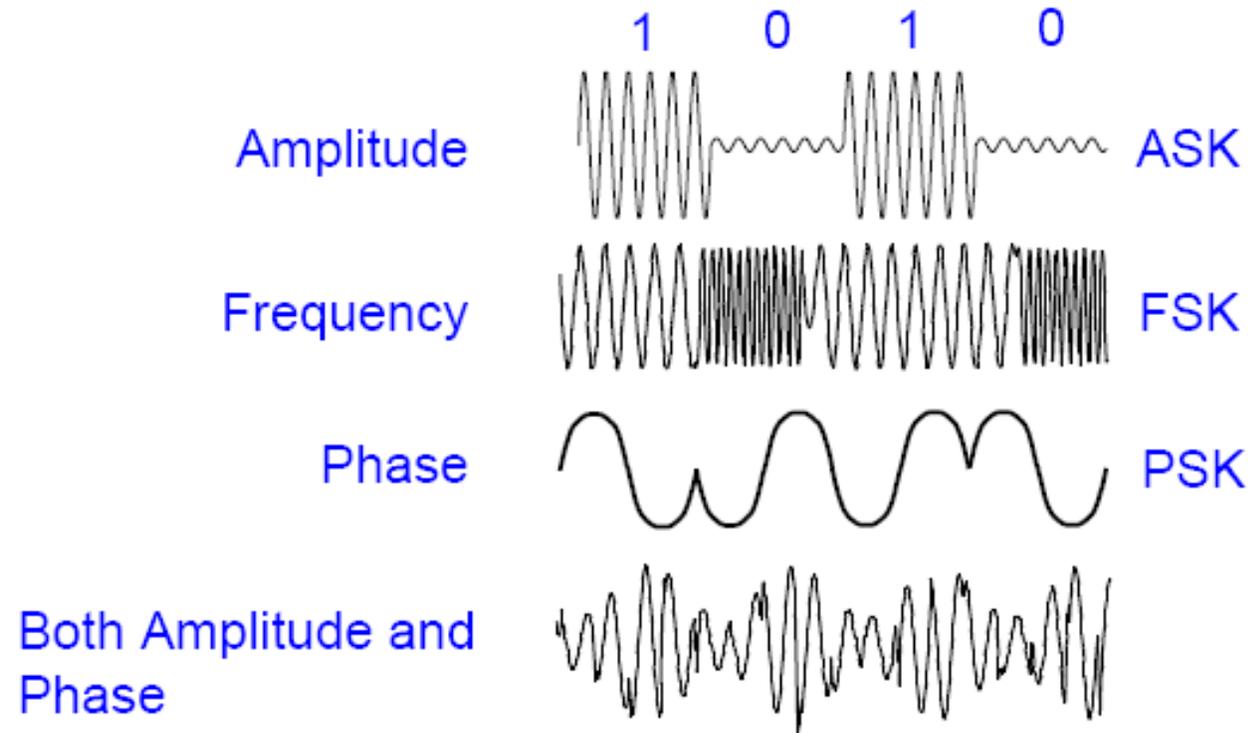
- **Modulación:** Es un proceso que engloba el conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una **Onda Portadora**, típicamente una onda sinusoidal.
- Estas técnicas permiten aprovechar al máximo el canal de comunicación, logrando transmitir más información simultánea y reduciendo ruidos e interferencias.
- Consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor, de acuerdo con las variaciones de la señal que queremos transmitir (**Moduladora**).



LA CAPA FISICA

Datos digitales, señales analógicas

Existen 4 Técnicas en uso, inicialmente en el mundo de los datos se desarrollaron en Modems Telefónicos pero se usan en radios para redes inalámbricas y equipos de largas distancias.



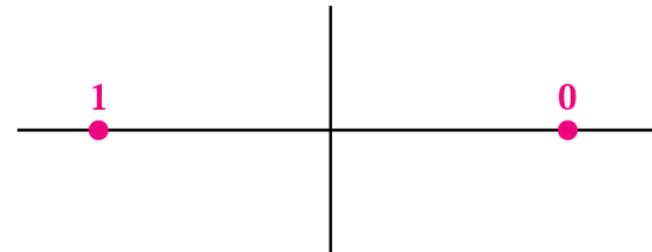
LA CAPA FISICA

Datos digitales, señales analógicas

- BPSK

Bit	Phase
0	0
1	180

Bits

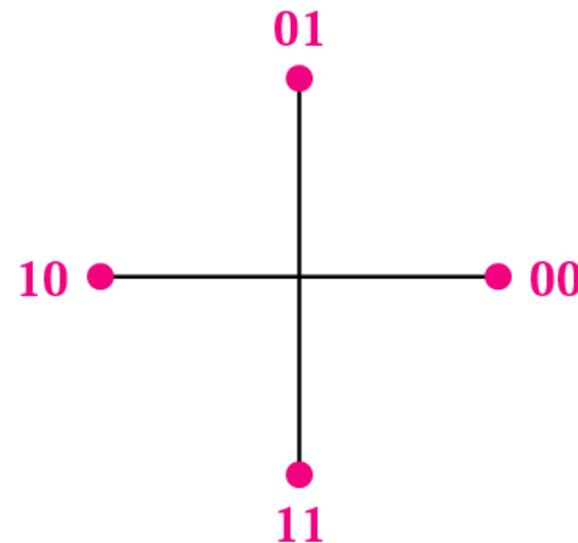


Constellation diagram

- 4PSK

Dibit	Phase
00	0
01	90
10	180
11	270

Dibit
(2 bits)

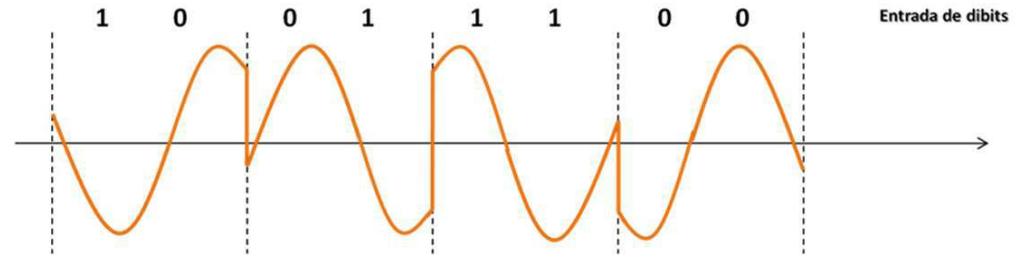
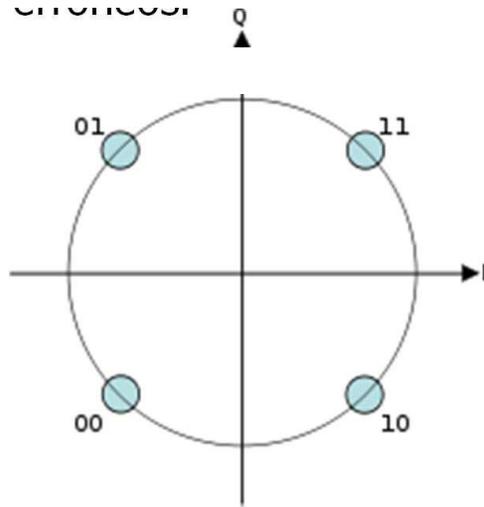


Constellation diagram

LA CAPA FISICA

Datos digitales, señales analógicas

- QPSK

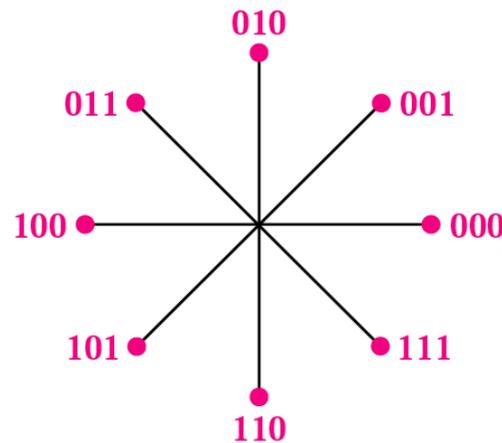


Entrada Binaria	Fase de Salida QPSK
00	$3\pi/4$
01	$-3\pi/4$
10	$\pi/4$
11	$-\pi/4$

- 8PSK

Tribit	Phase
000	0
001	45
010	90
011	135
100	180
101	225
110	270
111	315

Tribits
(3 bits)

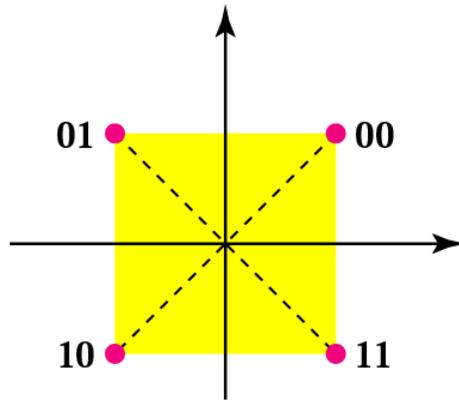


Constellation diagram

LA CAPA FISICA

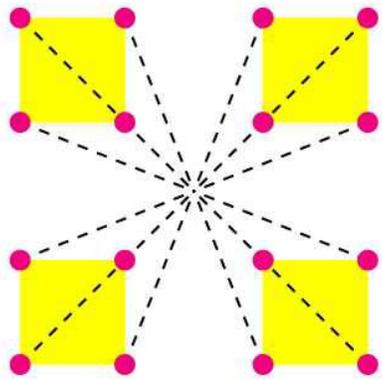
Datos digitales, señales analógicas

Quadrature Amplitud Modulation (QAM): combinación de ASK y PSK

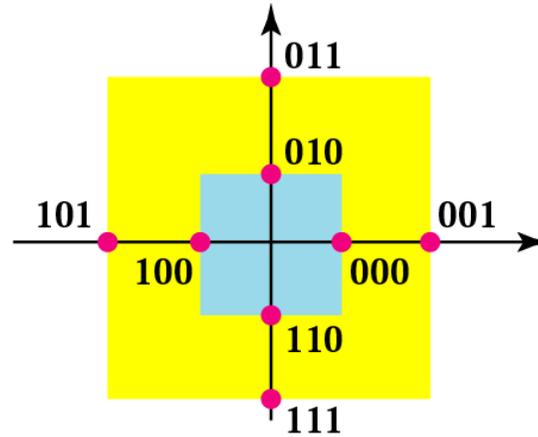


4-QAM

1 amplitud, 4 fases
3 amplitudes, 12 fases

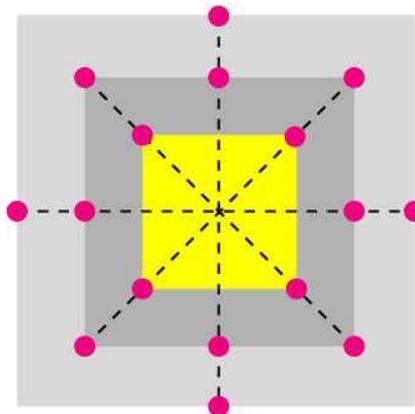


16-QAM

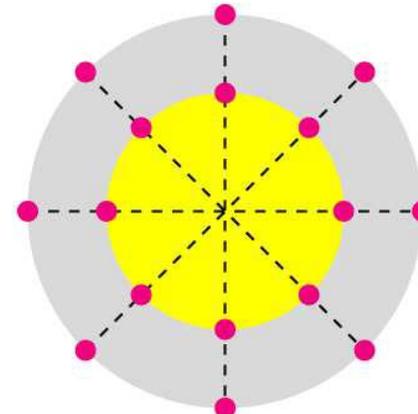


8-QAM

2 amplitudes, 4 fases
4 amplitudes, 8 fases
2 amplitudes, 8 fases



16-QAM



16-QAM

LA CAPA FISICA

Datos digitales, señales analógicas

Ventajas:

- PSK es menos susceptible a errores que ASK, y ocupa el mismo ancho de banda.
- Es más eficiente en el uso del ancho de banda (permite mayores tasa de datos)
- A medida que se incrementa la complejidad de la modulación, el radio se vuelve más eficiente espectralmente

Desventajas:

- Se requiere de un sistema más complejo para la detección de las señales y los procesos de recuperación (recovery)
- Mientras mas compleja la modulación es más susceptible a errores causados por el ruido y la distorsión de la señal.

LA CAPA FISICA

Tasa de baudios y bits

- Una señal Analógica puede llevar o representar 4 bits por cada cambio de la señal (16QAM)
- Si se envían 1.000 unidades de señal por segundo, ¿cuál será la tasa de Baudios y la tasa de Bits?

(Baudios = señales por segundo)

Tasa de Baudios = 1.000 baudios por segundo (baud/seg)

Tasas de Bits = $1.000 \times 4 = 4.000$ bps

- La misma señal con modulación 128QAM?

Tasa de Baudios = 1.000 baudios por segundo (baud/seg)

Tasas de Bits = $1.000 \times 7 = 7.000$ bps

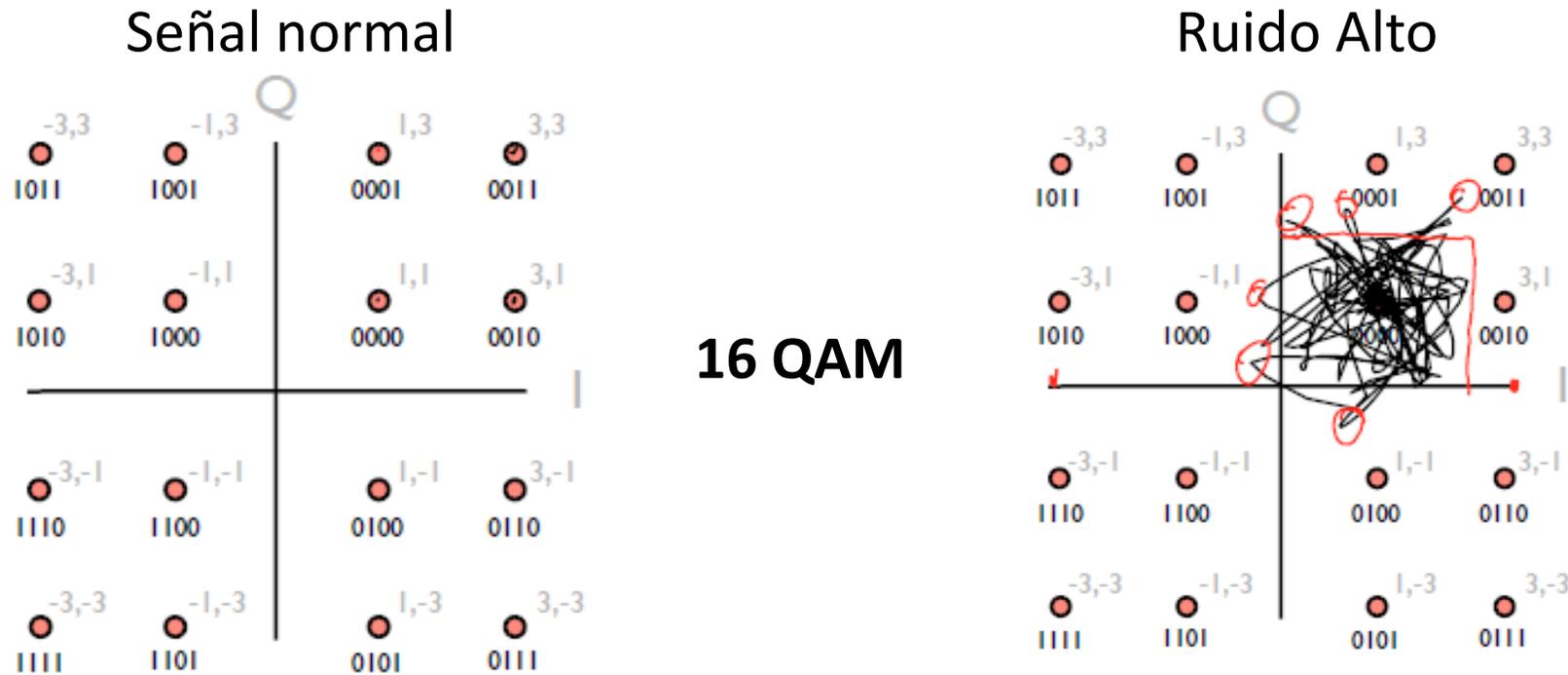
LA CAPA FISICA

Tasa de baudios y bits

Modulation	Units	Bits/Baud	Baud rate	Bit Rate
ASK, FSK, 2-PSK	Bit	1	N	N
4-PSK, 4-QAM	Dibit	2	N	2N
8-PSK, 8-QAM	Tribit	3	N	3N
16-QAM	Quadbit	4	N	4N
32-QAM	Pentabit	5	N	5N
64-QAM	Hexabit	6	N	6N
128-QAM	Septabit	7	N	7N
256-QAM	Octabit	8	N	8N

LA CAPA FISICA

Ganancia de Código (CODING)



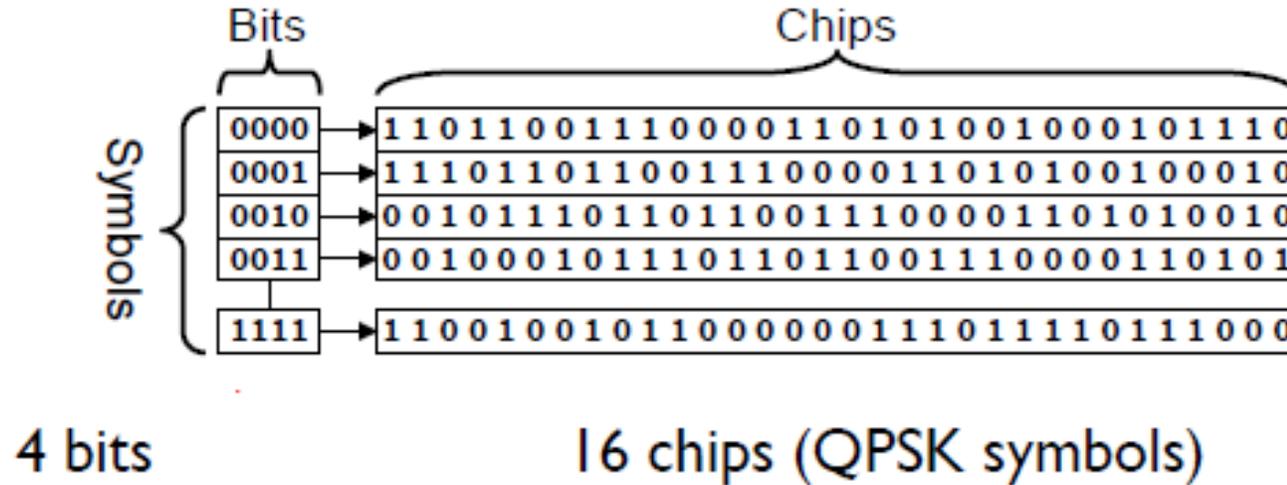
Redundancia en capa física permite reducir errores

Ganancia de código: ratio de bits en la capa de enlace vs la capa física

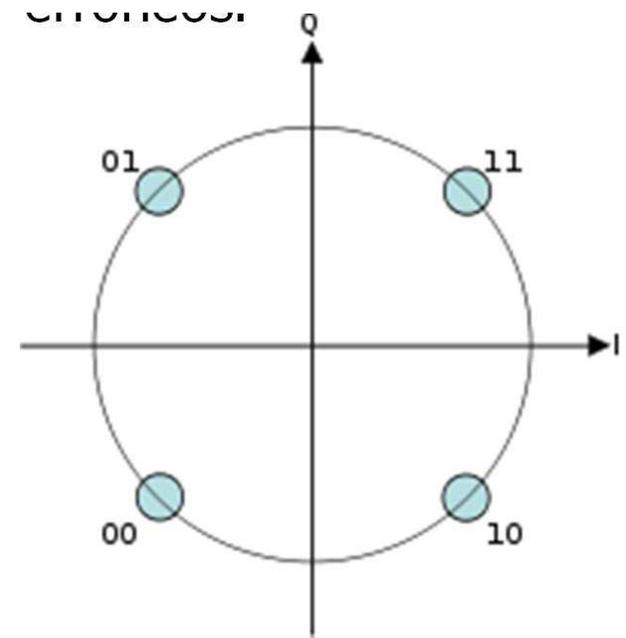
- Código $\frac{1}{2}$: cada bit de enlace son dos bits físicos
- Código $\frac{3}{4}$ cada 3 bit de enlace son 4 bits físicos

LA CAPA FISICA

Ganancia de Código (CODING)



Esquema usado en 802.15.4 (Zigbee)



Como calculo la rata real de bits/seg?

Ejemplo quiero transmitir a 250 Kbps (capa lógica)

Ganancia de código 4/32 es decir 1/8

En el canal físico deben viajar $8 * 250 \text{ Kb} = 2 \text{ Mbps}$

Que corresponden a 1.000.000 símbolos por segundo (baudios)

LA CAPA FISICA

Ganancia de Código (CODING)

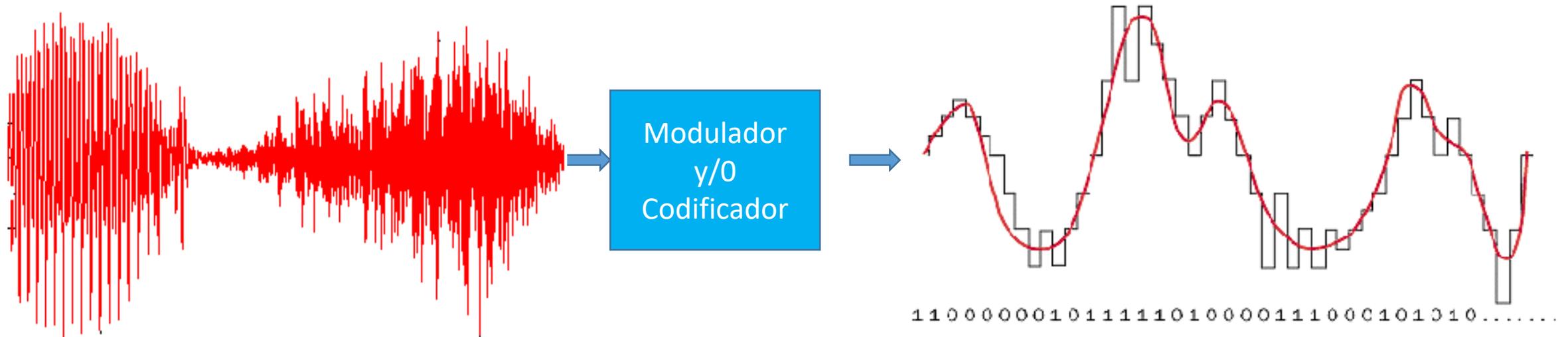
Esquemas usados por 802.11n (WiFi)

MCS Index	Spatial Streams	Modulation	Coding	Data Rate (Mbps)			
				20MHz Channel		40 MHz Channel	
				800ns GI	↓ 400ns GI	800ns GI	↓ 400ns GI
0	1	BPSK	1/2	6.5	7.2	13.5	15.0
1	1	QPSK	1/2	13.0	14.4	27.0	30.0
2	1	QPSK	3/4	19.5	21.7	40.5	45.0
3	1	16-QAM	1/2	26	28.9	54.0	60.0
4	1	16-QAM	3/4	39	43.3	81.0	90.0
5	1	64-QAM	2/3	52	57.8	108.0	120.0
6	1	64-QAM	3/4	58.5	65.0	121.5	135.0
7	1	64-QAM	5/6	65	72.2	135.0	150.0

LA CAPA FISICA

Datos analógicos, señales digitales

- Se emplean para digitalizar señales del mundo real
- En telecomunicaciones para aprovechar las características del procesamiento digital de las señales

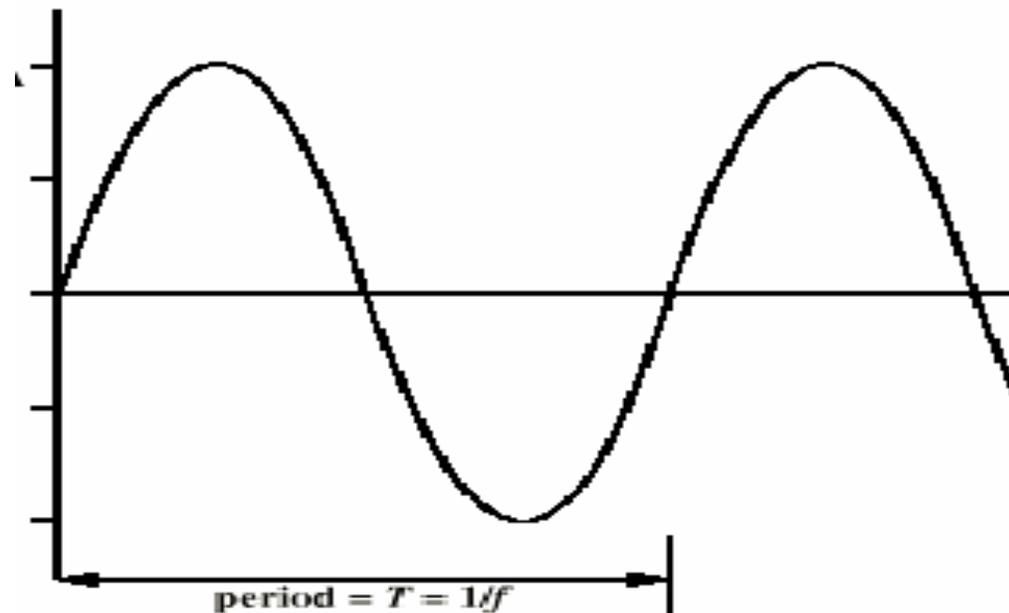


LA CAPA FISICA

Datos analógicos, señales digitales

Características de las señales:

- Amplitud pico (A): Altura máxima de la señal (voltios)
- Frecuencia (f): Velocidad de cambio de la señal Hertz (Hz)
- Periodo (T): Tiempo de una repetición ($T/1 = f$)
- Fase (ϕ) Posición relativa en el tiempo
- Longitud de Onda (λ): tiempo ocupado por un ciclo ($\lambda=vT$)

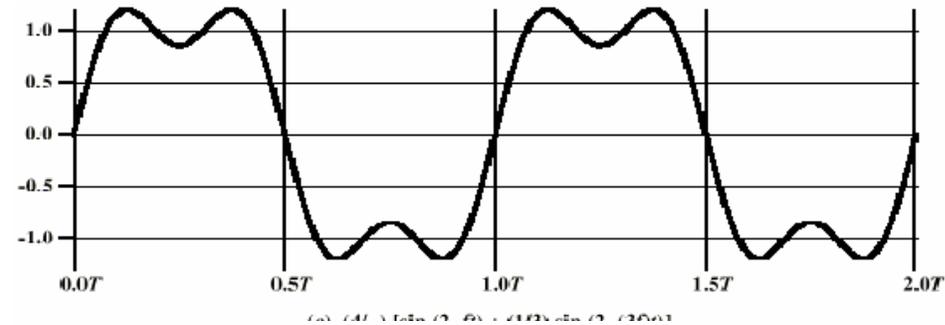
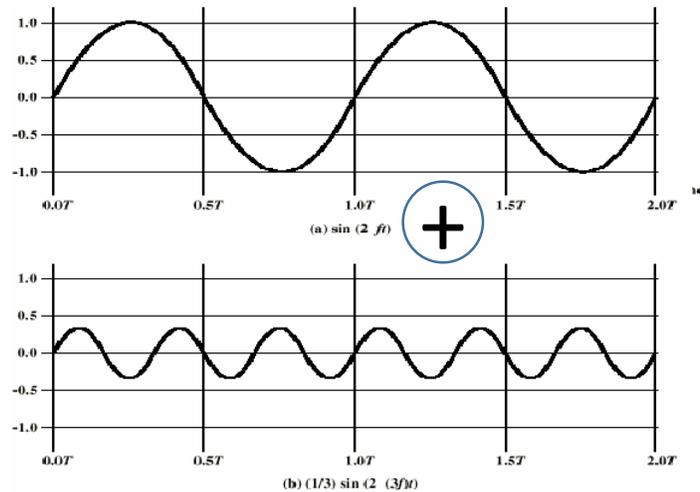


LA CAPA FISICA

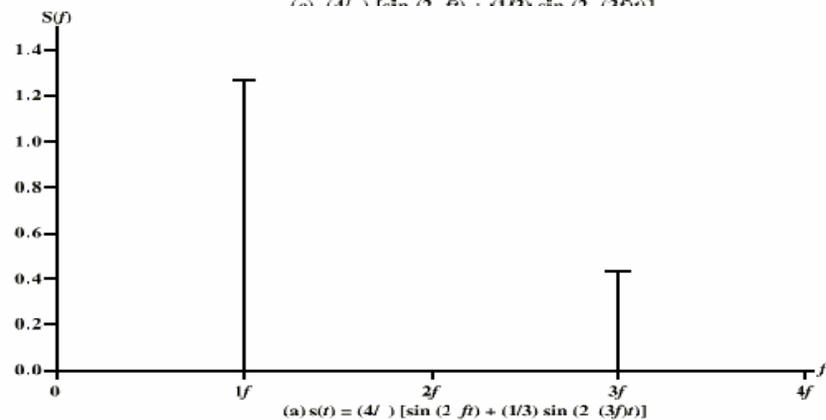
Bases Teóricas

Características en el dominio de la frecuencia:

- Las señales están hechas de múltiples frecuencias
- Las componentes son ondas seno
- Se pueden graficar las funciones en el dominio de la frecuencia



Tiempo



Frecuencia

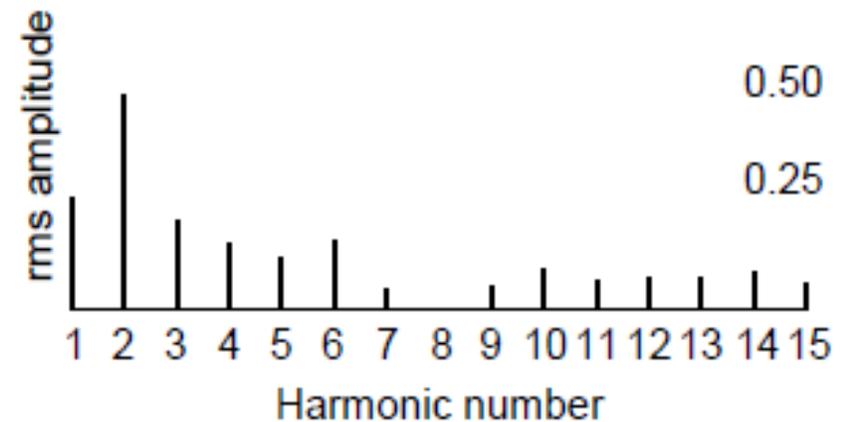
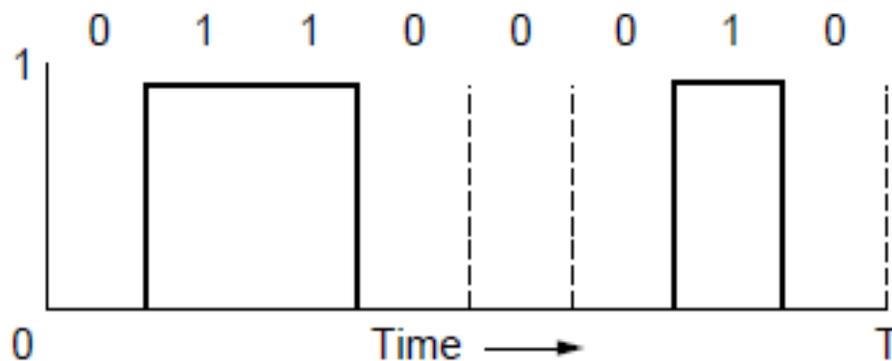
LA CAPA FISICA

Bases Teóricas

Análisis de Fourier

Toda señal periódica puede ser representada por su equivalente en una serie de frecuencia (armónicos):

$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft)$$

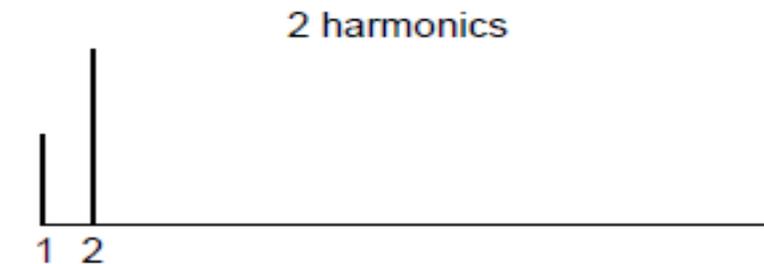
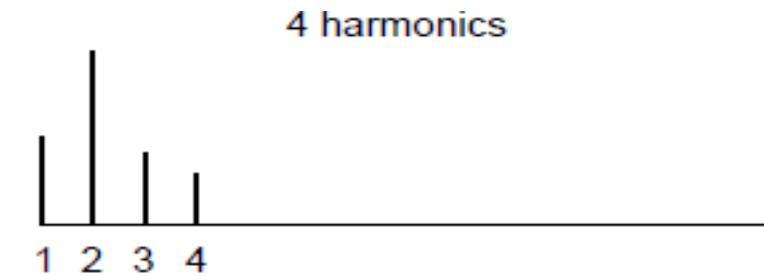
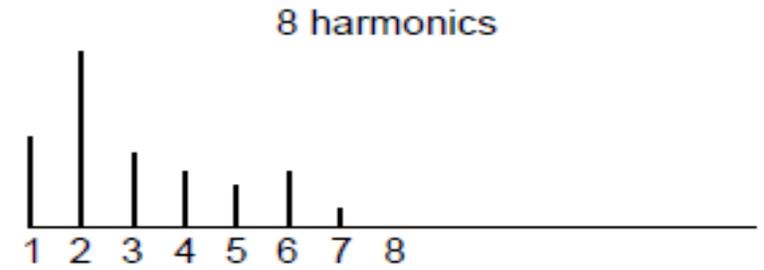
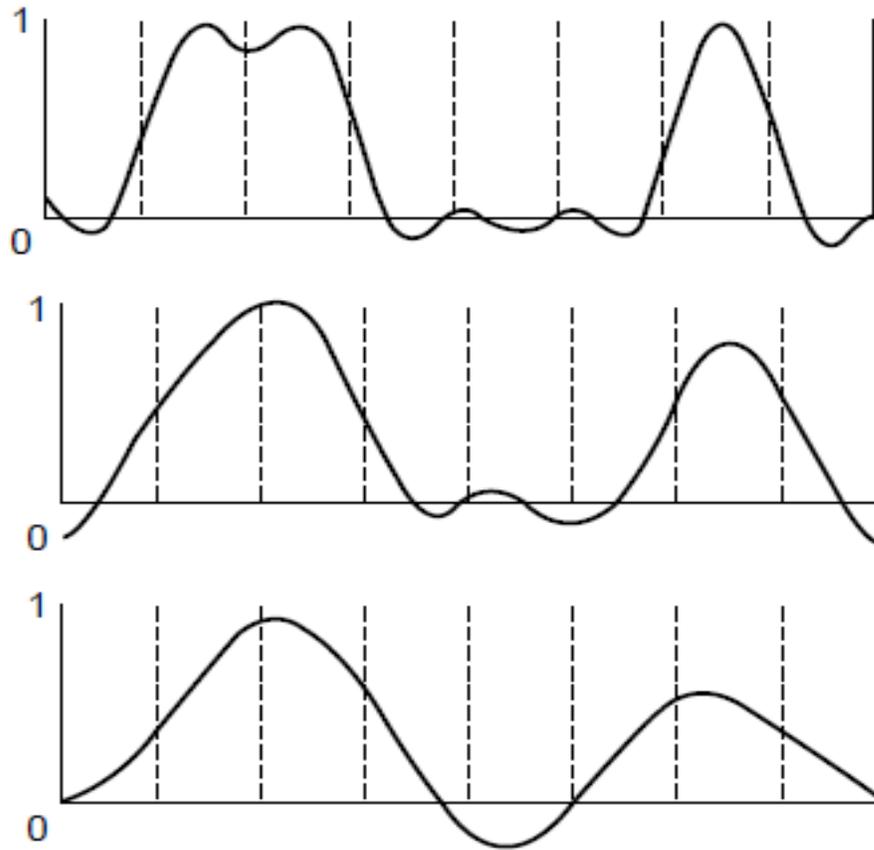


LA CAPA FISICA

Bases Teóricas

Ancho de banda limitado

Teniendo menos ancho de banda (armónicos) la señal se degrada

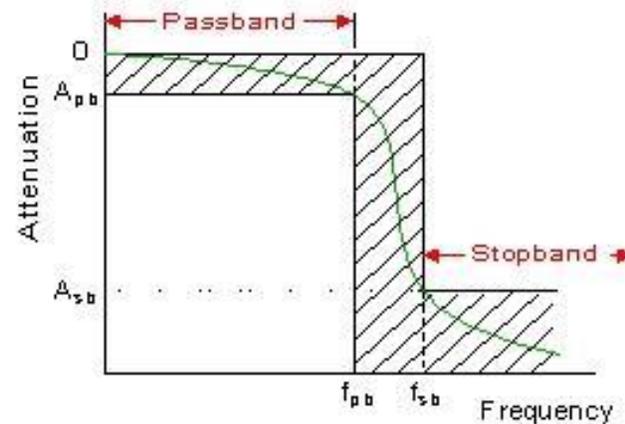


LA CAPA FISICA

Bases Teóricas

Comportamiento de un canal

- Un canal se comporta como un filtro pasa-bajo. Pe: el oído no va mas allá de 20Khz. Canal telefónico son 4Khz



- **Ancho de banda del canal (W):** intervalo de frecuencias que puede pasar por el canal (limitado)

Ancho de banda del habla 100Hz a 7kHz

Ancho de banda del cable telefónico 300Hz a 3400Hz

LA CAPA FISICA

Bases Teóricas

Ruido

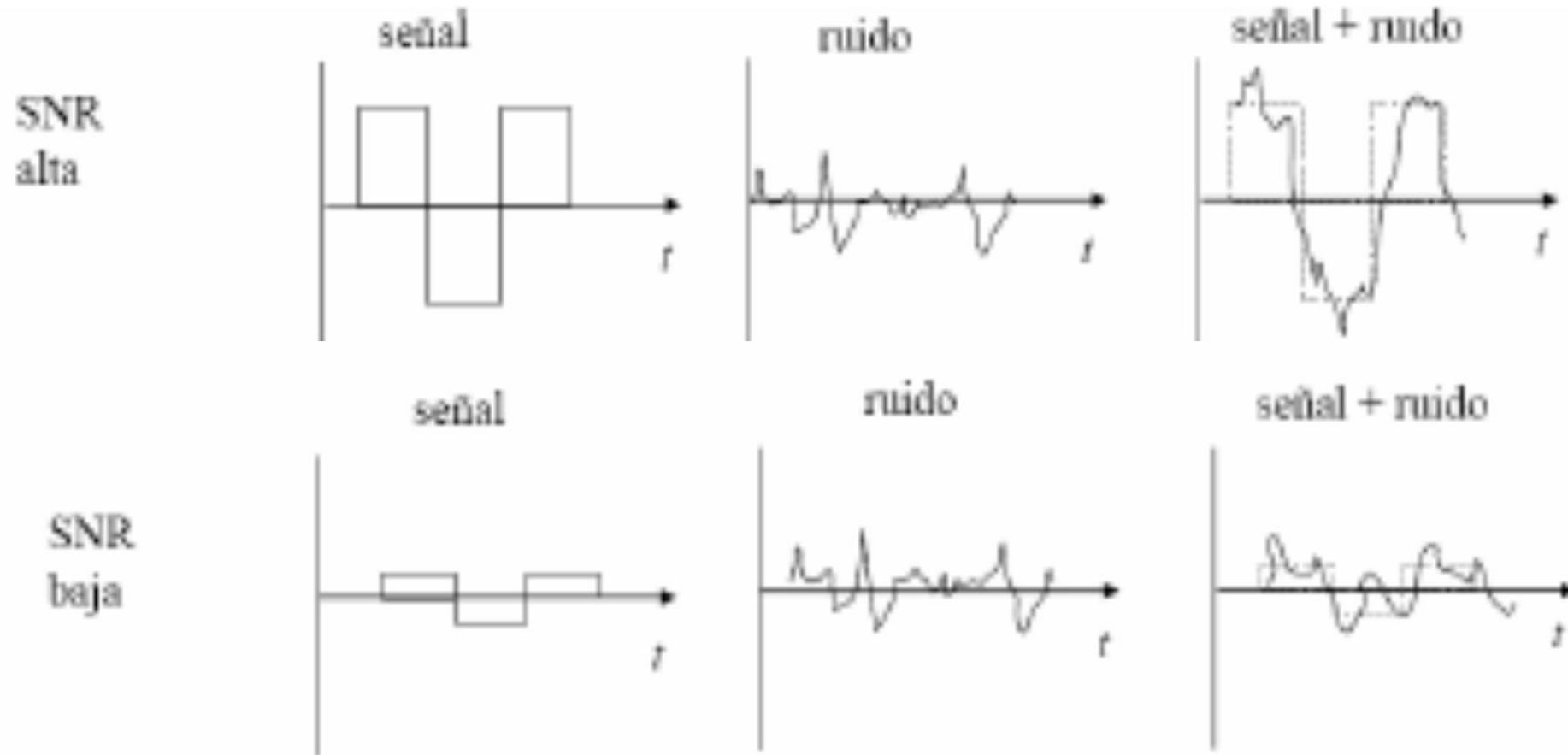
Ruido: Señal adicional insertada en el camino de la transmisión

- Térmico: Debido a la agitación térmica de los electrones y Ruido Blanco
- Intermodulación: Debidas a alinealidades en el medio
- Crosstalk: pasa una señal a otra
- Impulsivo: Pulsos irregulares y chispas (rayos), Corta duración y alta amplitud

LA CAPA FISICA

Bases Teóricas

Relación señal a ruido



LA CAPA FISICA

Bases Teóricas

Tasa máxima de transferencia de un canal

El teorema de Nyquist relaciona la tasa de datos y el ancho de banda (B) con el número de niveles de la señal (V):

$$\text{Tasa de trans. max.} = 2B \log_2 V \text{ bits/sec}$$

El teorema de Shannon establece la relación de la tasa de datos con el ancho de banda (B), la intensidad de la señal (S) y el ruido (N):

$$\text{Max. data rate} = B \log_2(1 + S/N) \text{ bits/sec}$$

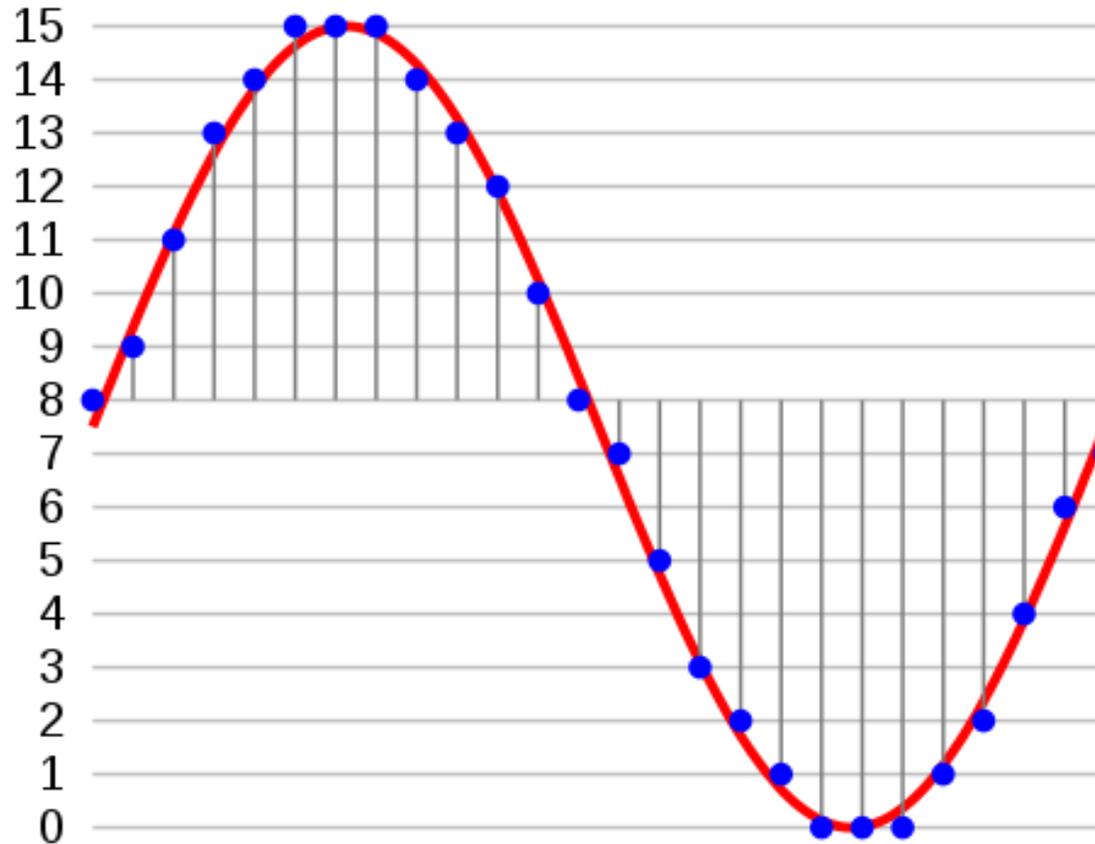
LA CAPA FISICA

Datos Analógicos, Señales Digitales Pulse Code Modulation (PCM)

- PCM es un método para representar digitalmente una señal analógica muestreada.
- Es el estándar para Audio Digital en Computadores, Discos compactos, Telefonía digital, etc.
- La amplitud de la señal es muestreada regularmente a intervalos uniformes, luego cada muestra es cuantificada al valor mas cercano de un rango predefinido de escalones digitales

LA CAPA FISICA

Pulse Code Modulation (PCM)



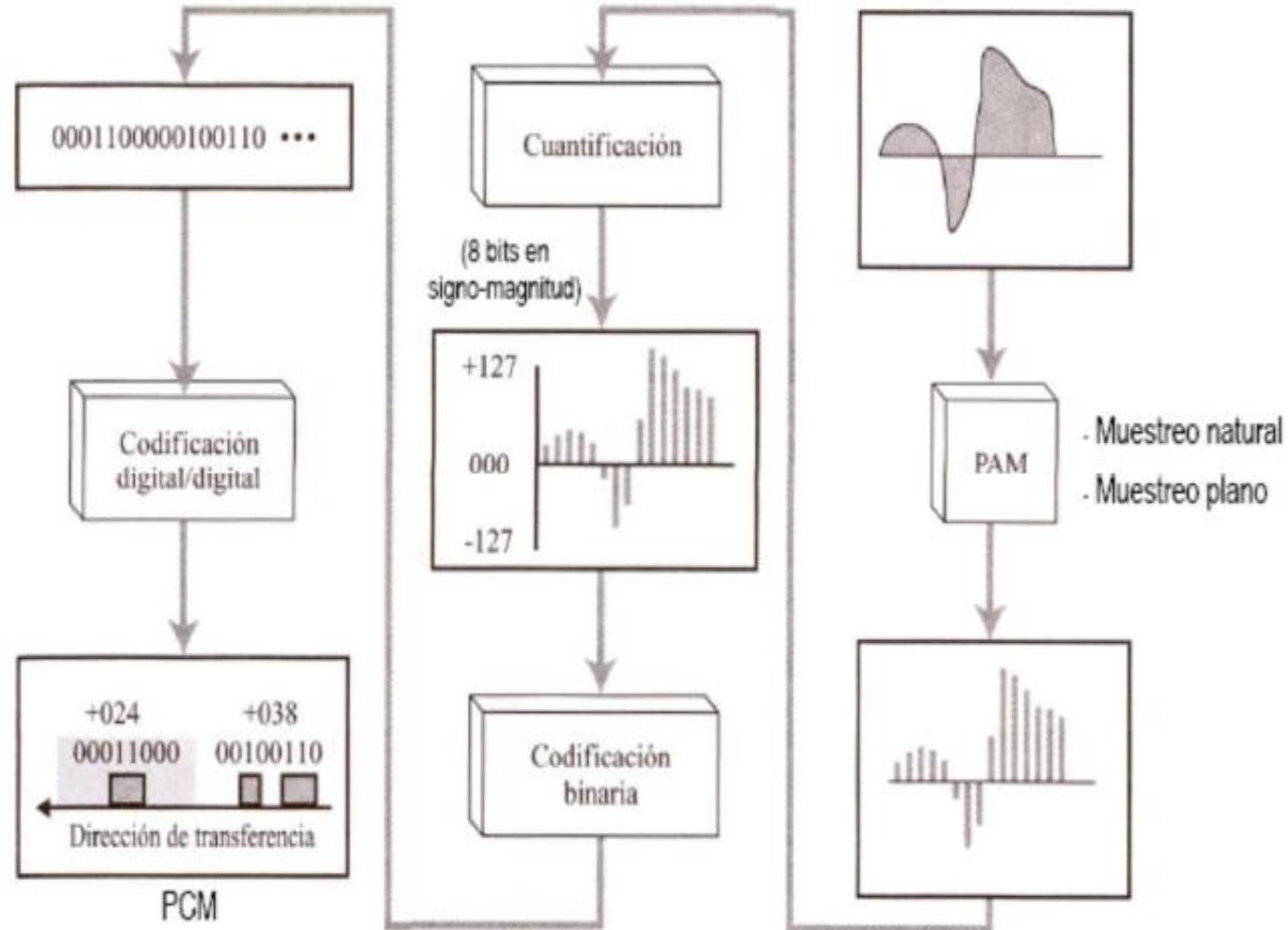
Señal: 8 – 9 – 11 – 13 – 14 – 15 – 15 – 15 – 14 – 13 – 12....

Codificación: 1000 – 1001 – 1011 – 1101 – 1110 – 1111 – 1111 – 1111 – 1110...

LA CAPA FISICA

Pulse Code Modulation (PCM)

Diagrama de bloques de un conversor PCM



LA CAPA FISICA

Bases Teóricas

Tasa máxima de transferencia de un canal

Ejemplo 1: si un instrumento musical emite tonos (o sinusoides) de 20KHz, debo muestrear a 40KHz (40.000 muestras por segundo). Por ello los CD de audio muestrean la señal 44.100 veces por segundo, por tanto pueden captar frecuencias de hasta 22,05 KHz.

Ejemplo 2: si la voz humana (en el canal telefónico) tiene un espectro de 4Khz, para poder muestrear y recuperar la señal requeriríamos 8.000 muestras por segundo, si cada muestra la codifico con 8 bits la velocidad de un canal digital de voz debe ser de mínimo 64.000 bits/seg.

LA CAPA FISICA

Bases Teóricas

Tasa máxima de transferencia de un canal

- **Continua el ejemplo 2:** En el sistema telefónico, la máxima S/N que se puede obtener debido al proceso A/D y D/A sobre la voz es de 36 dB (= 3981).

- Si el canal utilizado para enviar la voz es de 3,8KHz* por tanto la capacidad binaria del canal es :

$$\text{Capacidad [bps]} = 3,8 \text{ KHz} * \log_2 (1+3981) = \mathbf{45,44 \text{ Kbps}}$$

- Ese valor es la máxima capacidad teórica, según Shannon, que puede transmitirse en bps en un canal analógico, donde la S/N del canal, queda fijada por el proceso de cuantificación de los conversores A/D en la entrada a las centrales telefónicas.

*Los 3.8KHz proceden de utilizar márgenes de seguridad en los propios canales de voz con 4KHz reservados.

LA CAPA FISICA

Bases Teóricas

Velocidad de propagación de las señales

Medio	Velocidad (Km/s)
Vacío o aire	300.000
Cobre	200.000 (aprox.)
Fibra Óptica	180.000 (aprox.)

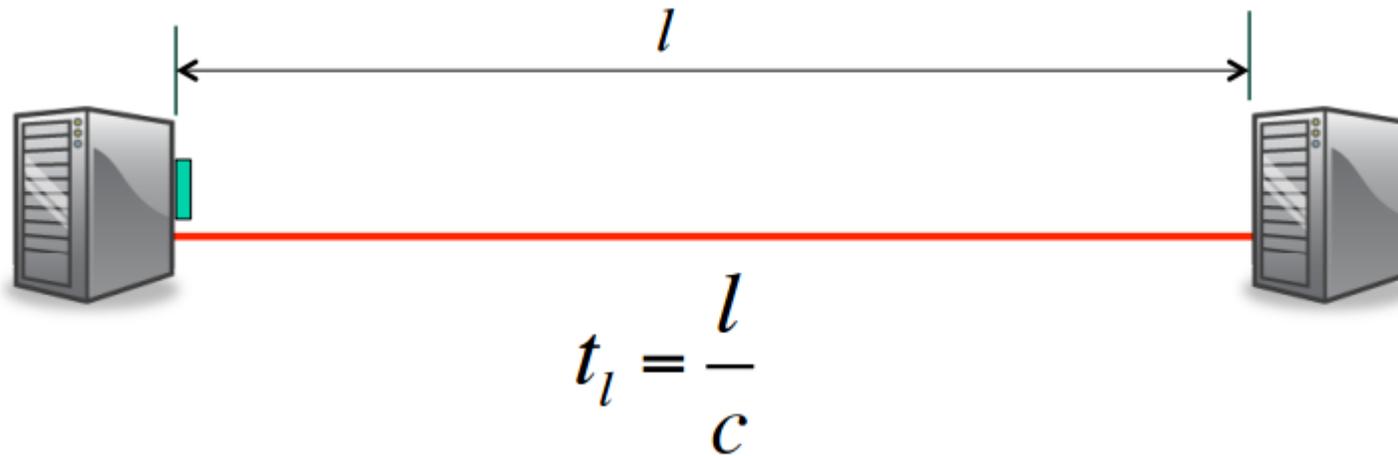
- La velocidad de propagación impone un retardo mínimo en la transmisión de información.
- También hay que contar el que introducen los equipos

LA CAPA FISICA

Bases Teóricas

Velocidad de propagación de las señales

Retardo de propagación (Propagation delay): Tiempo que le toma a un bit atravesar un canal de comunicación



Ejemplo: a 1 bit le toma 5,5 mseg. Atravesar 1.000Km de fibra óptica ($c = 1,8 \times 10^8$ m/seg)

LA CAPA FISICA

Bases Teóricas

Atenuación

- La potencia de la señal decae con la distancia
- Depende del medio: Son pérdidas de señal que se presentan por efectos resistivos del cable (y del aire), y que es mayor a altas frecuencias
- La potencia de la señal :
 - Debe ser suficiente para ser detectada
 - Debe ser suficiente mayor a la del ruido para evitar recibir un error
- La atenuación incrementa en función de la frecuencia

LA CAPA FISICA

Bases Teóricas

Atenuación

- Se calcula con la formula: **$At(dB) = 10 \log(Pin/Pout)$** y se mide en **dB o en dBm.**

- Ejemplo

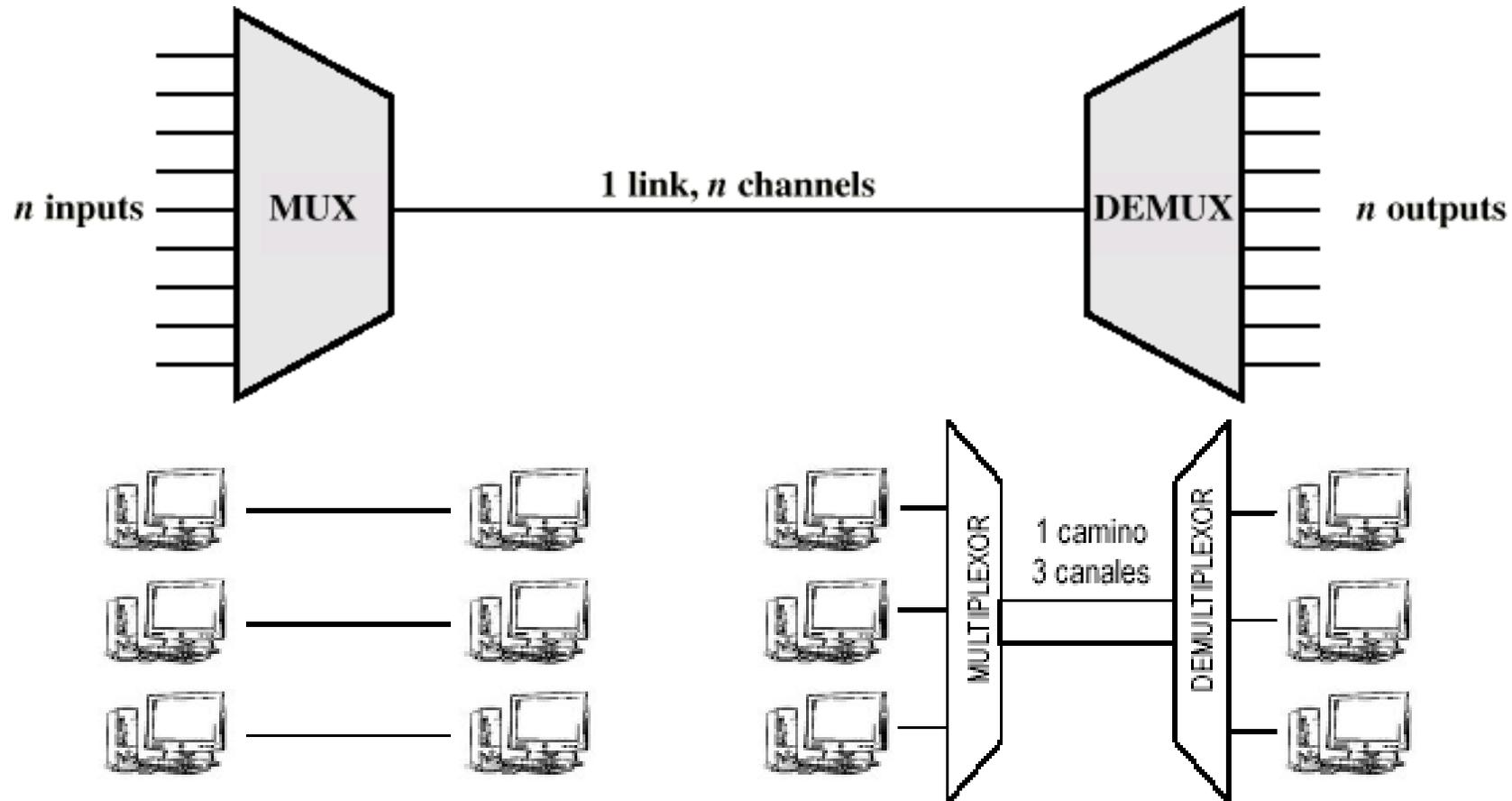
La potencia media que se acopla en una fibra óptica de 8 km de longitud es de 120 μ W y la potencia media de salida es de 3 μ W, Calcular:

- a) Relación Pin/Pout: **40**
- b) Atenuación total de la señal en dB: **16 db**
- c) Atenuación por km (dB/km): **2 db/Km**
- d) Atenuación de la señal si la longitud es 10 km y se realizara un empalme cada km (Pérdidas por empalme 1 dB): **29 dB**
- e) Relación de Pin/Pout el caso d): **794.3**

LA CAPA FISICA

Multiplexaje

Proceso que permite la transmisión de la información procedente de varias fuentes sobre un mismo canal físico



LA CAPA FISICA

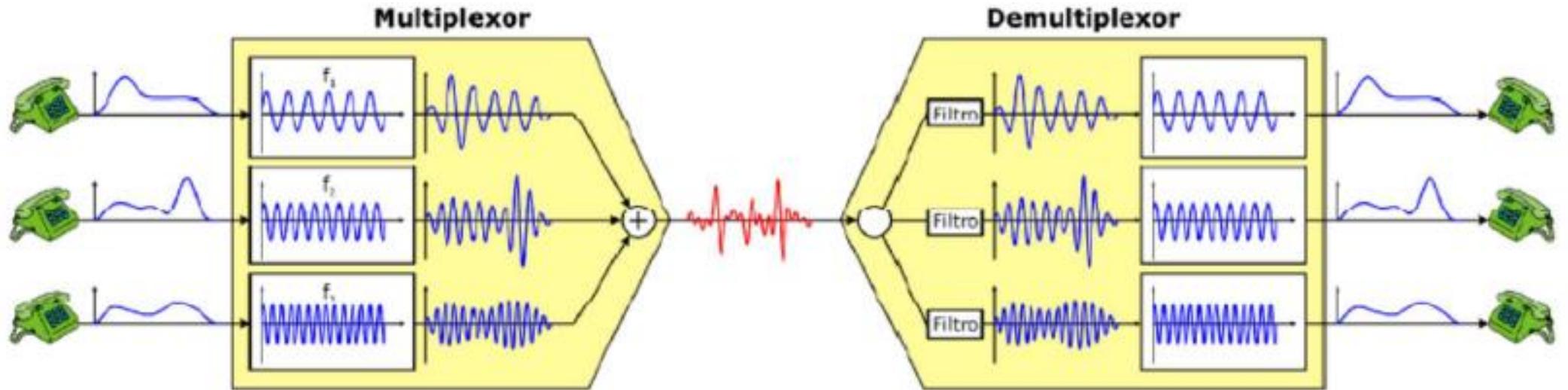
Multiplexaje

Técnicas:

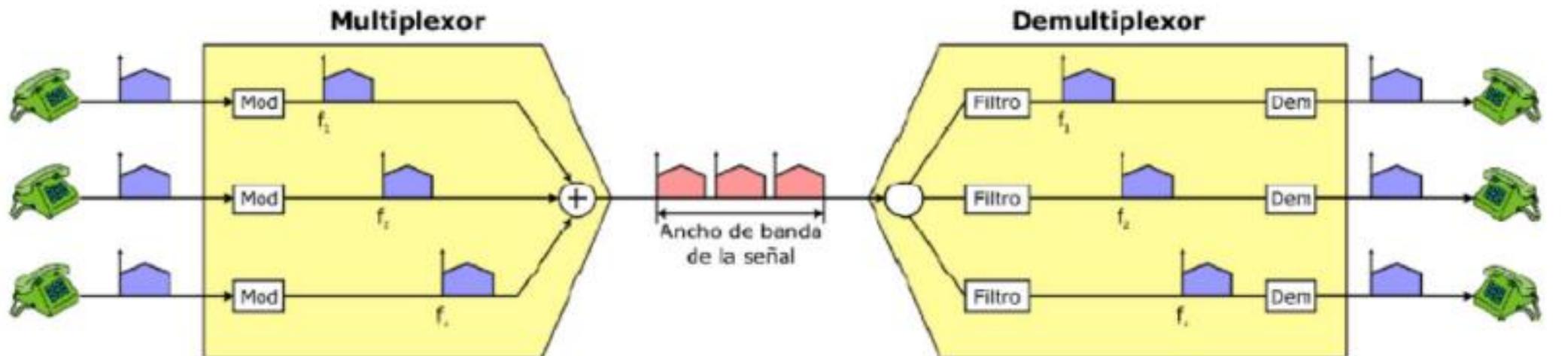
- Frequency-Division Multiplexing Access (FDMA): Acceso por Múltiple División de Frecuencias** es un método de multiplexación por división de frecuencia. Se usa en la comunicación satelital y en microondas.
- Time-Division Multiplexing Access (TDMA): El Acceso por Múltiple División de Tiempo** permite a varios usuarios compartir el mismo canal de frecuencia, dividiéndolo en muchos intervalos de tiempo, cada usuario transmite en sucesión. Muy utilizado en telefonía y celulares.
- Code-Division Multiple Access (CDMA): Es el Acceso por Múltiple División de Códigos**, permite compartir un canal con las mismas frecuencias, pero a cada usuario se le asigna un código. Se usa en celulares y GPS's.
- Wavelength-division multiplexing WDM: Es la Multiplexación por División de Onda**, se usa en medios ópticos, principalmente fibra, consiste en utilizar varias señales de luz de distintas frecuencias sobre un mismo canal para transportar diferentes señales.

LA CAPA FISICA

FDM



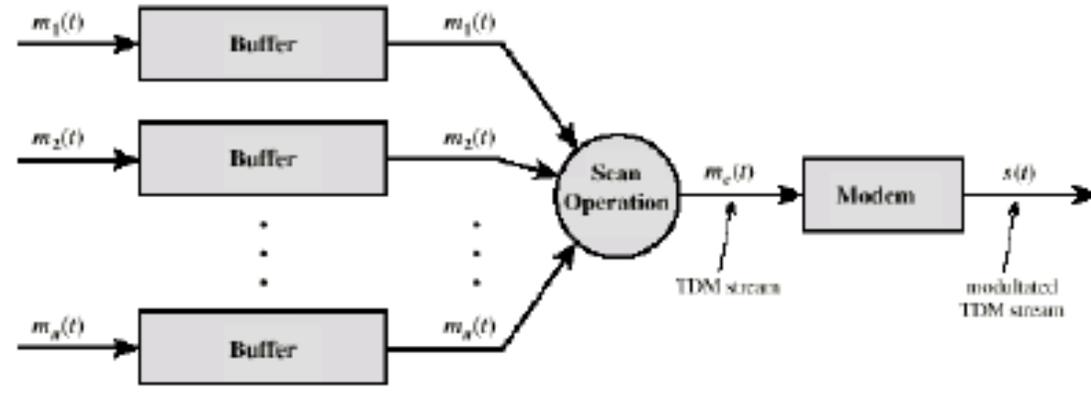
Dominio del tiempo



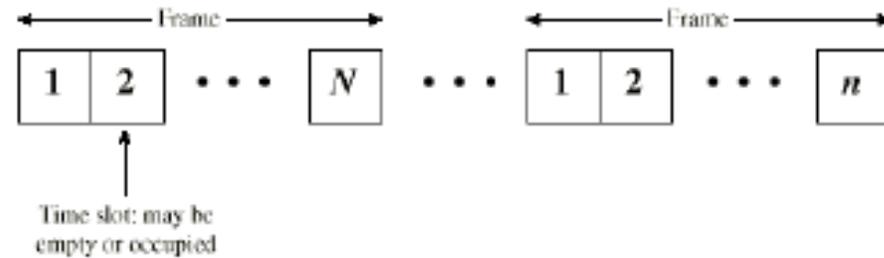
LA CAPA FISICA

TDM Sincrónica

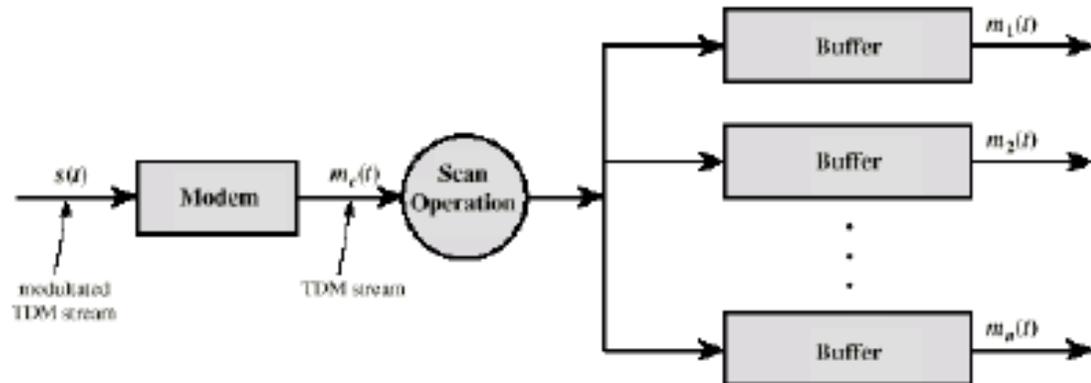
- Transmisión de señales digitales en base a turnos
- Cada fuente tiene asignada una ranura temporal (slot) para transmitir uno o varios Bits
- Los Time Slots se reservan aún si no hay datos a transmitir
- Importante cuidar dimensionado de los buffers



(a) Transmitter



(b) TDM Frames

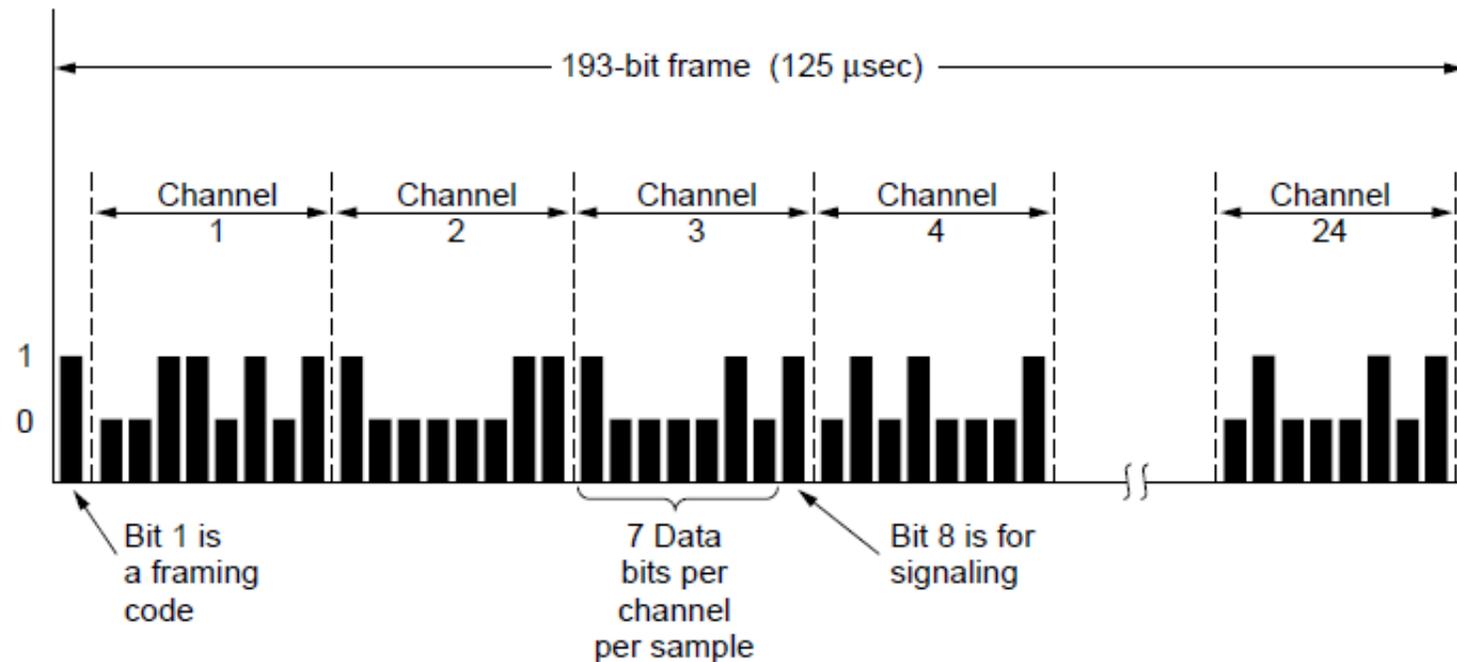


LA CAPA FISICA

TDM Sincrónica Ej: Sistema Telefónico

Las llamadas son transportadas digitalmente en troncales PSTN usando TDM

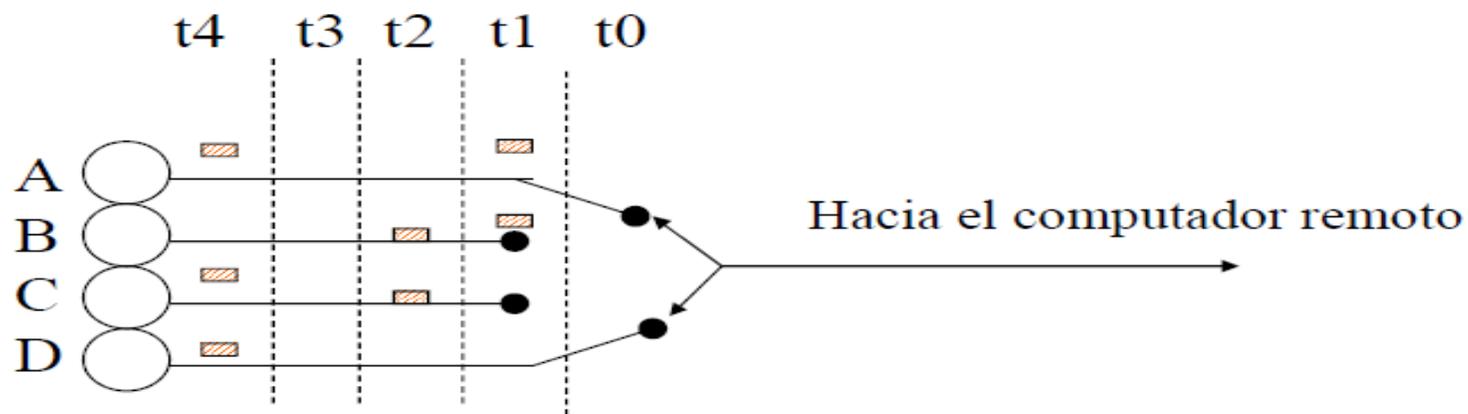
- Una llamada es una muestra de 8-bit PCM cada $125 \mu\text{s}$ (64 kbps)
- Una portadora tradicional en USA T1 tiene 24 canales de llamadas cada $125 \mu\text{s}$ (1.544 Mbps) con símbolos basados en AMI
- Una portadora tradicional en Europa E1 tiene 32 canales (30+2) de llamadas cada $125 \mu\text{s}$ (2.048 Mbps) con símbolos basados en AMI



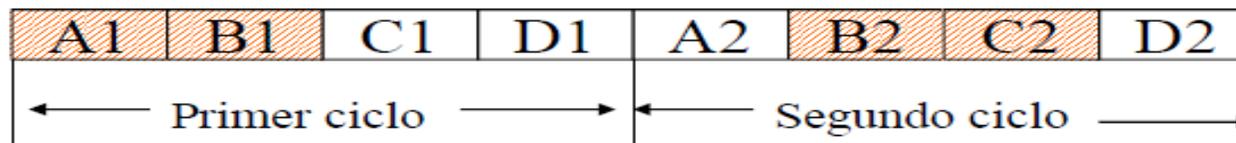
LA CAPA FISICA

TDM Estadístico (STDM)

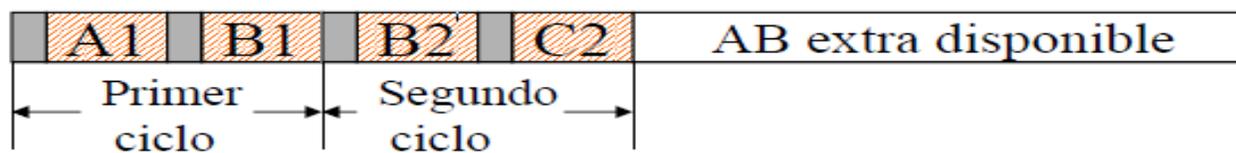
- STDM asigna dinámicamente time slots basado en la demanda
- El Multiplexor explora las líneas de entradas y toma los datos hasta que se llena una trama
- Velocidad de la línea multiplexada es menor que la suma de las velocidades de las líneas de entradas



TDM



STDM



Datos



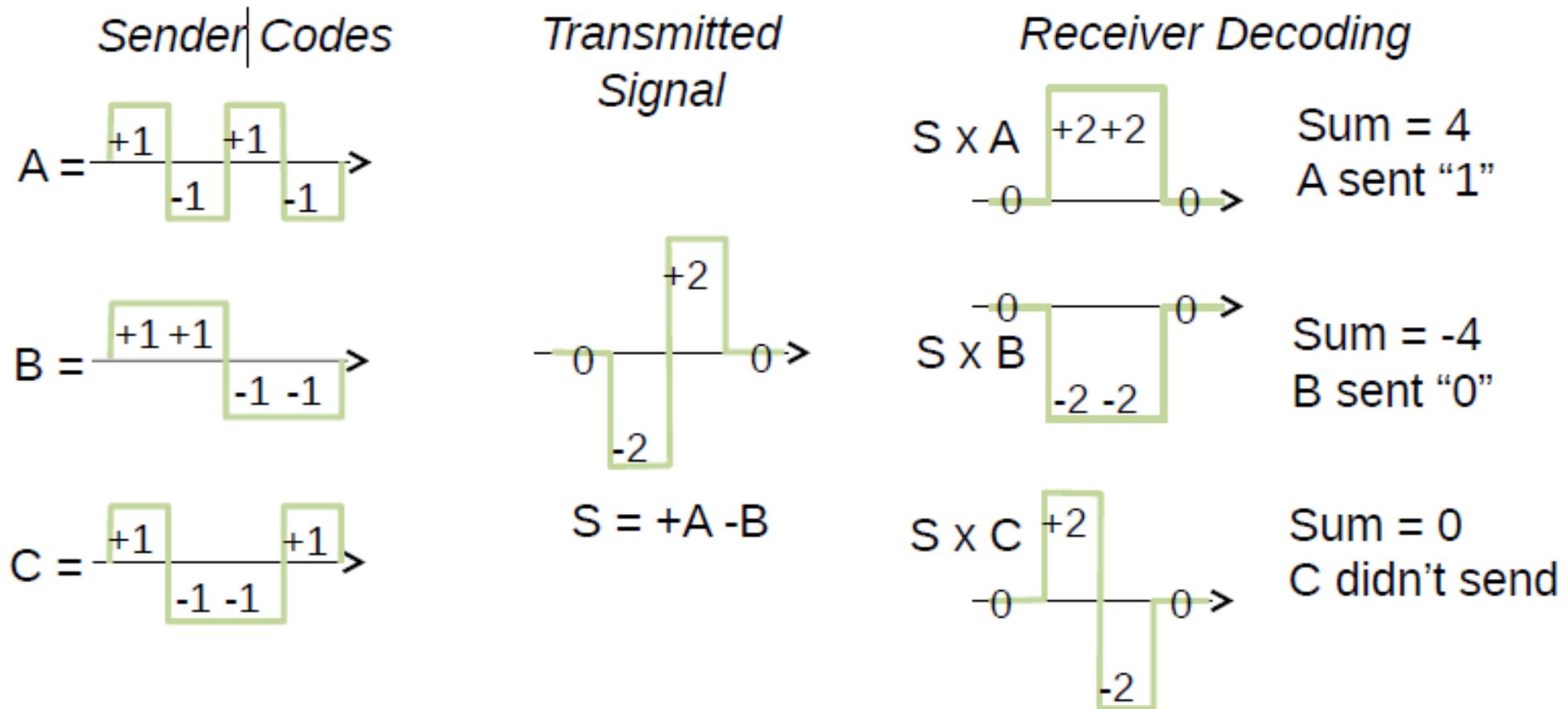
Dirección



LA CAPA FISICA

CDMA

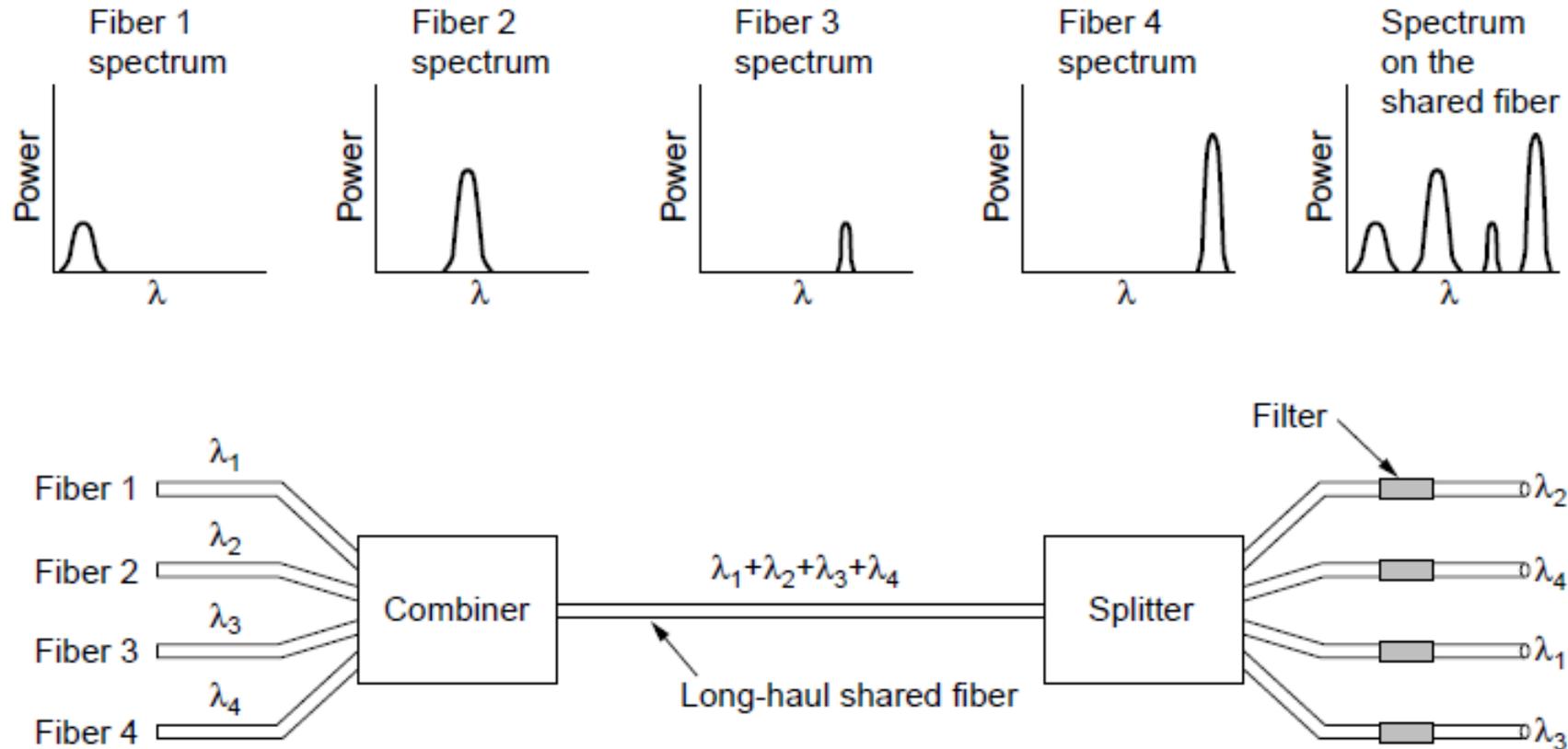
- Comparte un canal dando a los usuarios un código
- Los códigos son ortogonales; pueden ser enviados al mismo tiempo
- Ampliamente usado como parte de las redes 3G



LA CAPA FISICA

WDM (Wavelength Division Multiplexing)

- Es un tipo de FDM, pero se utiliza para llevar varias señales a través de una fibra.



LA CAPA FISICA

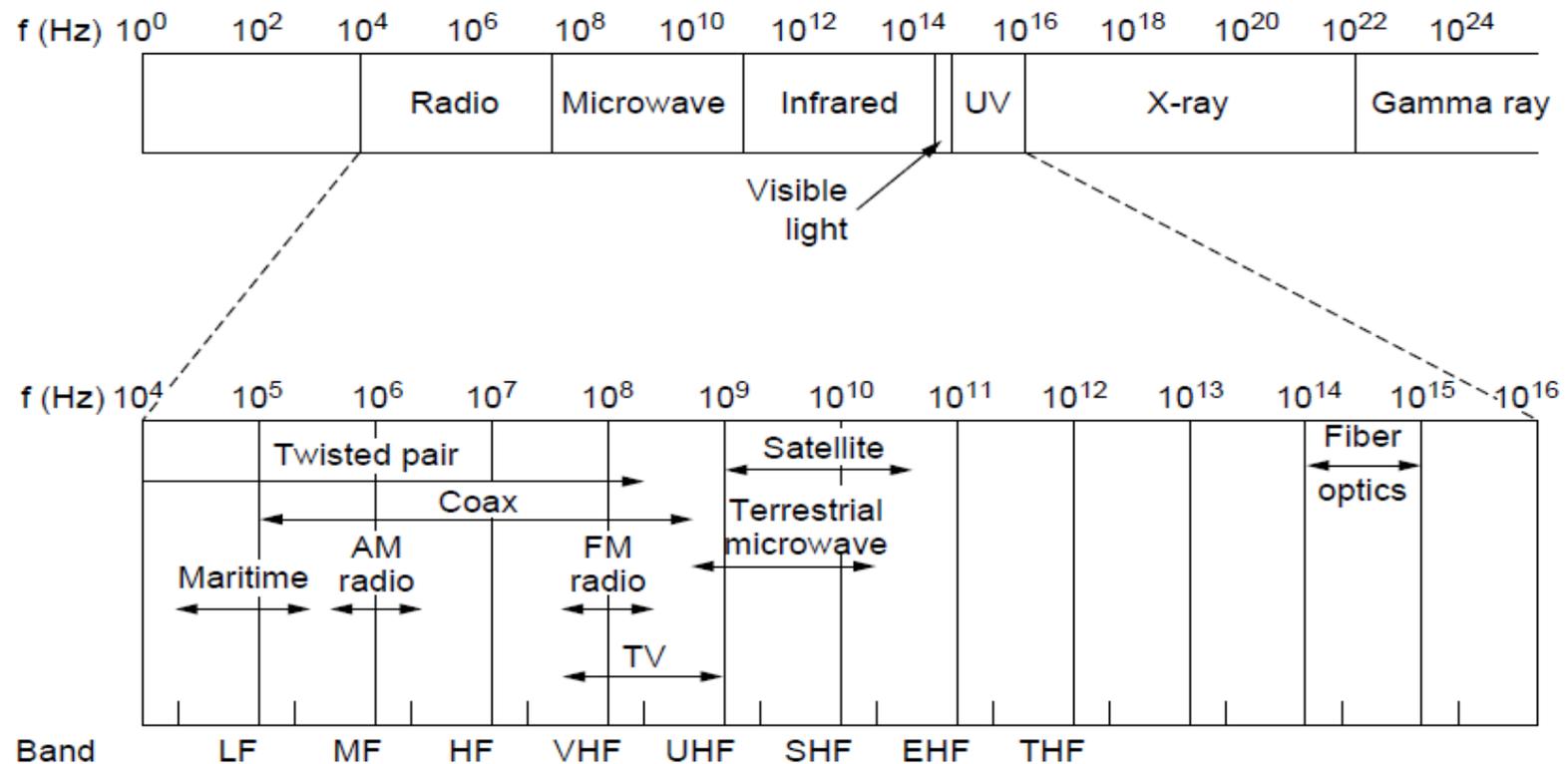
Medios de transmisión guiados

- Cables:
 - Par trenzado
 - Par trenzado blindado
 - Cable coaxial
 - Líneas de potencia
- Fibra óptica

LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos Espectro electromagnético

Espectro electromagnético se extiende desde la radiación de menor longitud de onda (rayos cósmicos, rayos gamma y los rayos X), pasando por la radiación ultravioleta, la luz visible y la radiación infrarroja, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio.

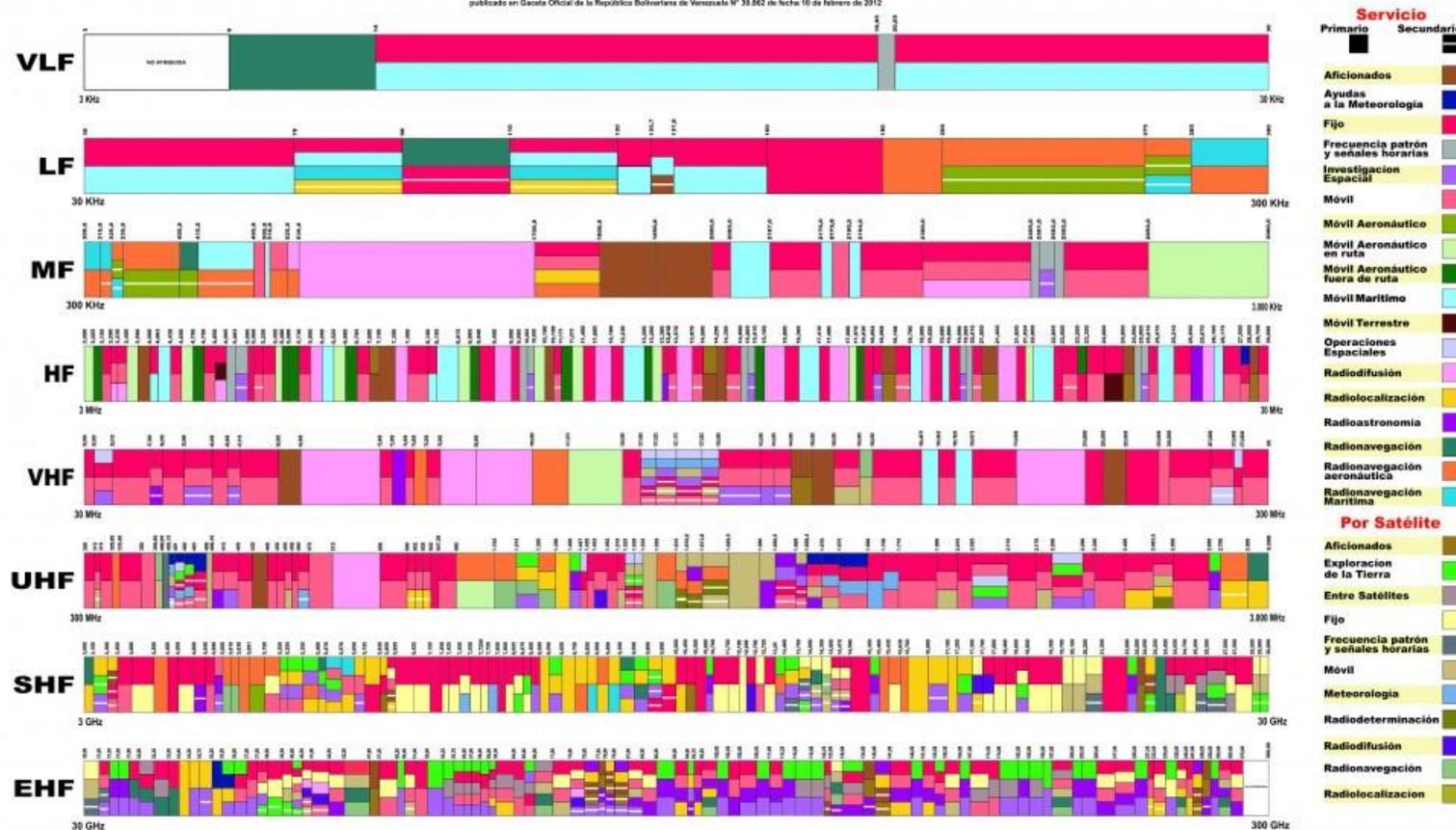


LA CAPA FISICA

Espectro electromagnético en Venezuela: para controlar la interferencia, el espectro es cuidadosamente dividido, su uso es regulado y licenciado.

CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS (CUNABAF)

Descripción gráfica de lo contenido en la Providencia Administrativa N° 1.888, de fecha 8 de septiembre de 2011 publicada en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.062 de fecha 10 de febrero de 2012



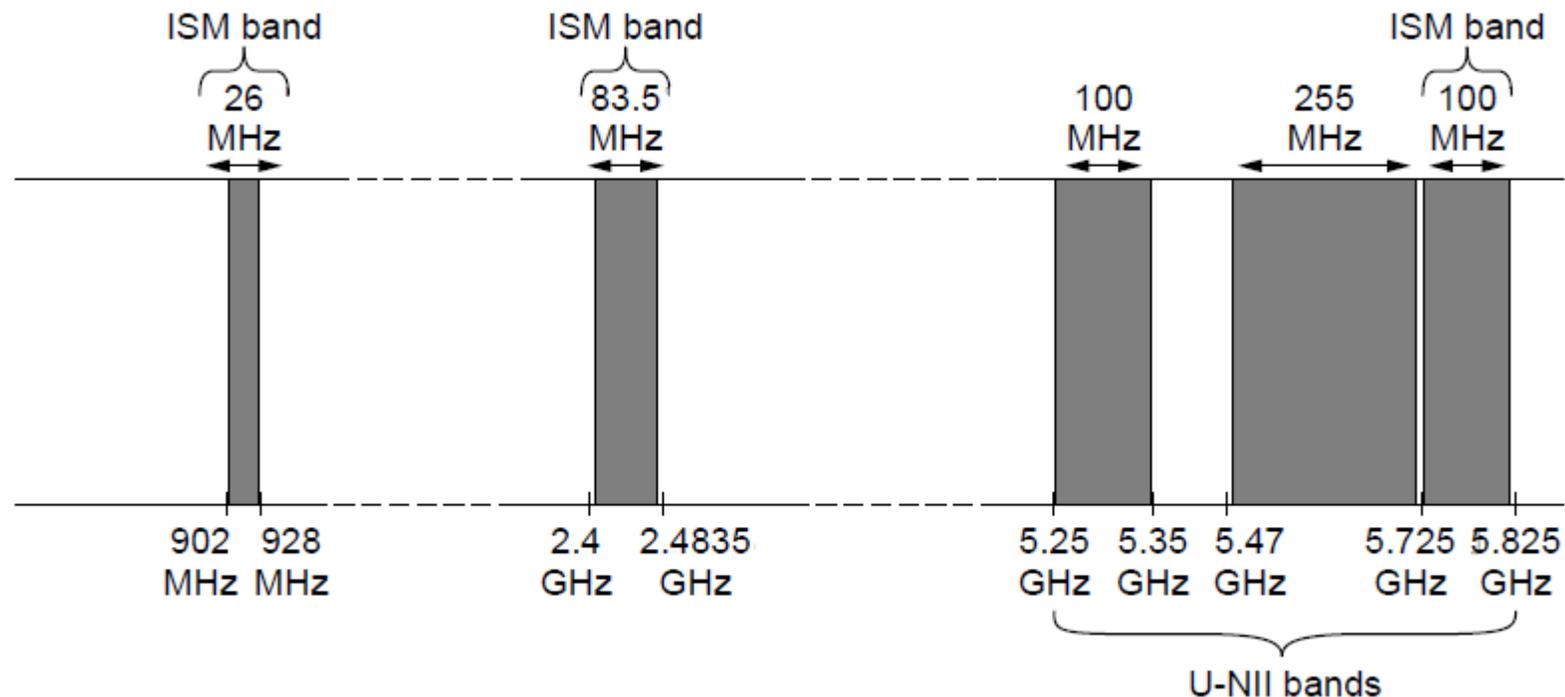
LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

Espectro electromagnético

Afortunadamente, existen también bandas no licenciadas (“ISM”, industrial, scientific and medical bands):

- Libres de ser utilizadas a baja potencia; los dispositivos deben manejar la interferencia.
- Se utilizan en redes; WiFi, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave, etc.



LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

Comparación con los guiados

Inalámbrica:

- + Fácil y barata de instalar
- + “Naturalmente” soporta movilidad
- + Naturalmente soporta comunicación de uno a varios (broadcast).
- Hay interferencia en la transmisión, esta debe ser controlada
- La intensidad de la señal y por tanto el rendimiento puede variar de manera ostensible (Esfera r^2)
- Es insegura por naturaleza

Guiada:

- + Fácil de diseñar para obtener un rendimiento específico en los enlaces punto a punto
- + Mayor seguridad
- Puede ser cara de instalar, especialmente en largas distancias
- No soporta movilidad o comunicación tipo broadcast

LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

Antenas

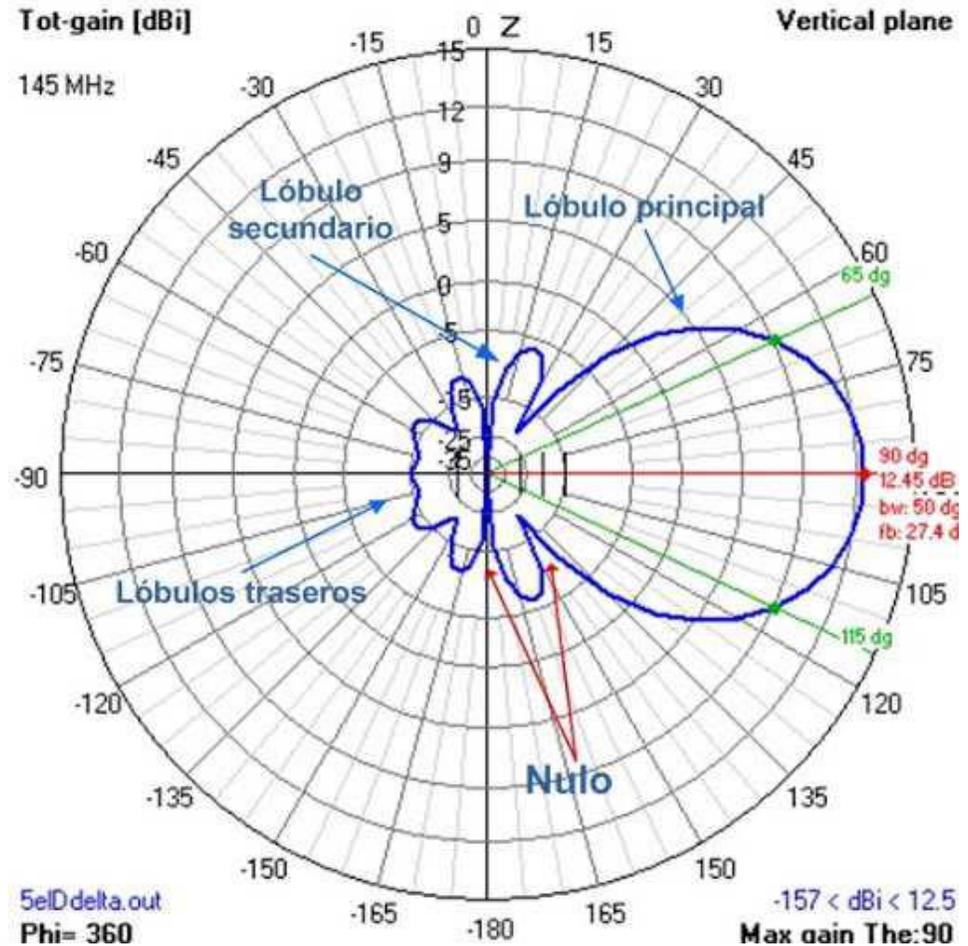
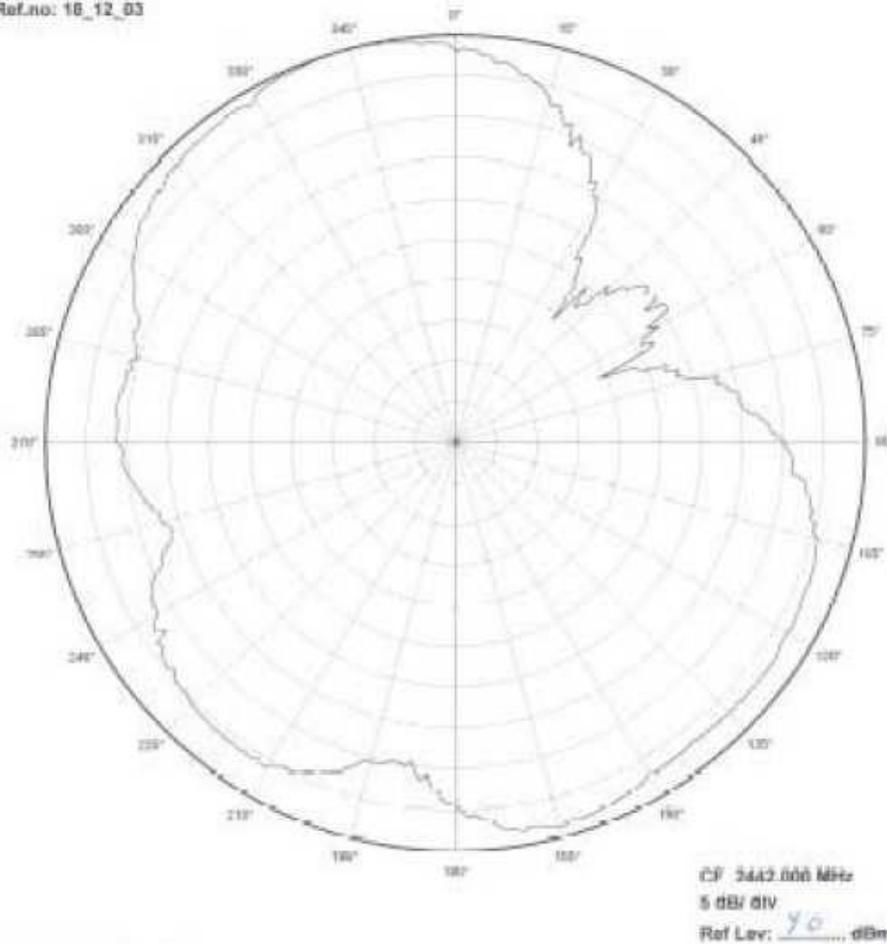
- Una antena radiará potencia en todas las direcciones.
- Normalmente no lo hará igual de bien en todas las direcciones.
- Antena isotrópica es un punto en el espacio:
 - Radia potencia de igual forma en todas las direcciones por igual.
 - El diagrama de radiación consistirá en una esfera centrada en la posición de la antena isotrópica.
 - Por esto se considera que la radiación disminuye de manera similar en todas direcciones decayendo según la distancia al cuadrado

LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

Antenas – Diagramas de Radiación

Ref.no: 16_12_03



LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

Antenas - Ganancia

- Es una medida de la direccionalidad de las antenas
- Potencia de salida en una dirección particular comparada por la producida por una antena omnidireccional ideal (antena isotrópica)
- Se mide en decibeles (dB)
- Será menor en frecuencias bajas (longitudes de onda más largas).
- El área efectiva se relaciona al tamaño y la forma de la antena, en relación a la ganancia
- El vapor de agua, (pico de absorción a los 22 GHz) y el oxígeno (pico de absorción a los 30 GHz) absorben las señales de radio, por ello la lluvia y la niebla dispersan las ondas de radio.

LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

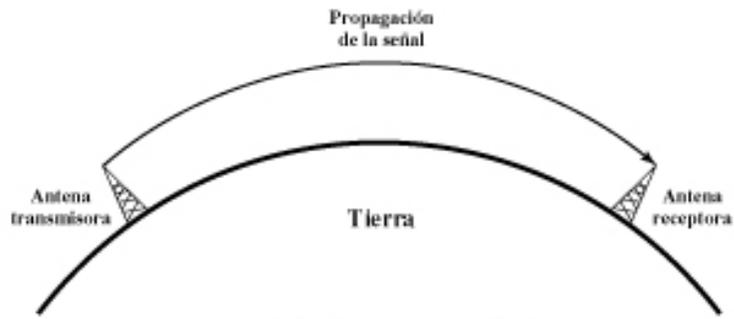
Antenas - Consideraciones

- Multitrayectorias:
 - Si es posible, siempre es mejor alinear las antenas siguiendo la trayectoria visual desde la antena emisora a la receptora.
 - La señal se puede reflejar haciendo que se reciban múltiples copias.
 - En casos extremos, no se recibirá la señal directa.
 - La señal directa se puede realzar o cancelar.
- Refracción:
 - Puede provocar la pérdida total o parcial de la señal en el receptor.

LA CAPA FISICA

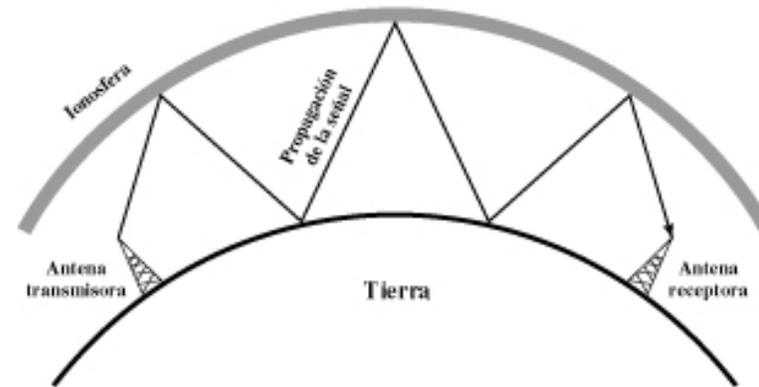
Medios de transmisión inalámbricos

Antenas - Propagación



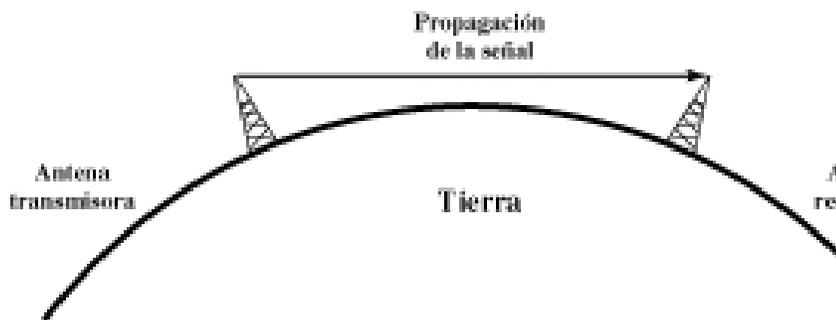
(a) Propagación superficial (por debajo de 2 MHz)

$F < 2 \text{ Mhz}$



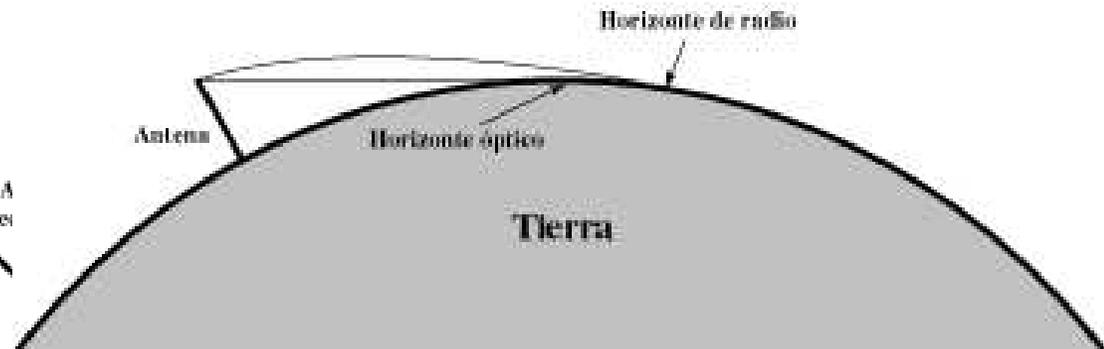
(b) Propagación aérea (de 2 a 30 MHz)

$2 \text{ Mhz} < F < 30 \text{ Mhz}$



(c) Propagación en la trayectoria visual (por encima de 30 MHz)

$F > 30 \text{ Mhz}$



Horizonte Óptico vs Radio

LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

WiFi



- **Wi-Fi** or **WiFi** es una tecnología inalámbrica para redes de área local que permite a los dispositivos interconectarse usando frecuencias en las bandas de frecuencias de radio UHF 2,4 GHz (12 cm) y SFH ISM 5 GHz (6 cm). También se le conoce como el estándar 802.11



LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

WiFi



Las tarjetas NICs por lo general son compatibles con múltiples capas físicas

– Por ejemplo, 802.11 a/b/g

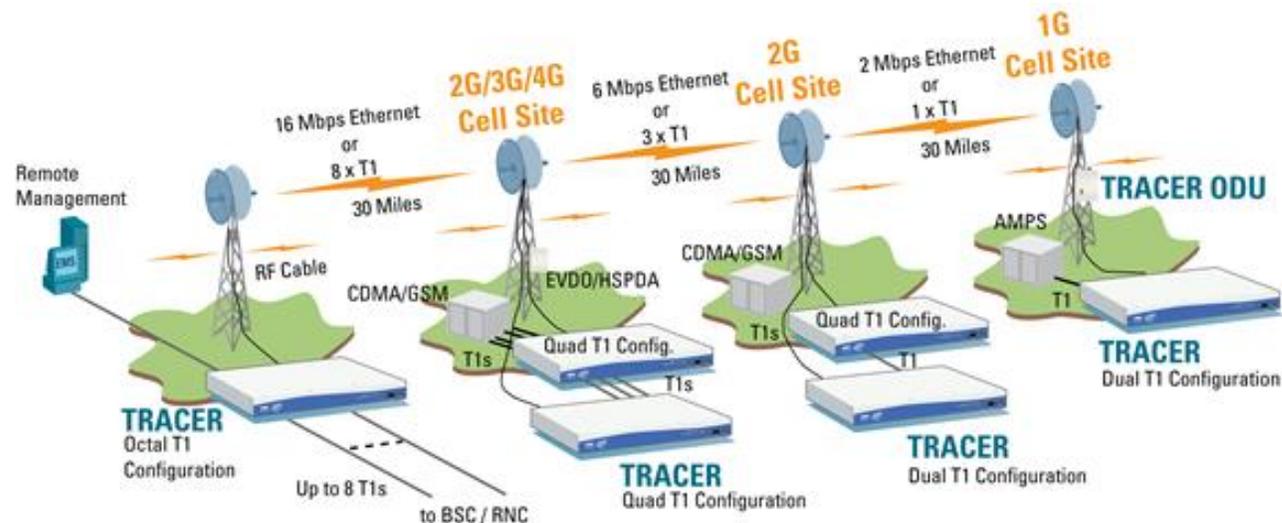
Nombre	Técnica	Max. ancho de banda
802.11b	Spread spectrum, 2.4 GHz	11 Mbps
802.11g	OFDM, 2.4 GHz	54 Mbps
802.11a	OFDM, 5 GHz	54 Mbps
802.11n	OFDM with MIMO, 2.4/5 GHz	600 Mbps

LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

Microondas

- Son ondas las electromagnéticas entre 300 Mhz y 300 GHz, con una longitud de onda se 1 m a 1 mm.
- Las microondas tienen mucho ancho de banda y son ampliamente utilizadas en redes publicas (Telefonía, redes de Voz y datos, Celulares, satélites, Televisión)
- La señal es atenuada y/o reflejada por los objetos comunes
- La intensidad puede variar con la movilidad debido al desvanecimiento por trayectoria múltiple (multipathfading).

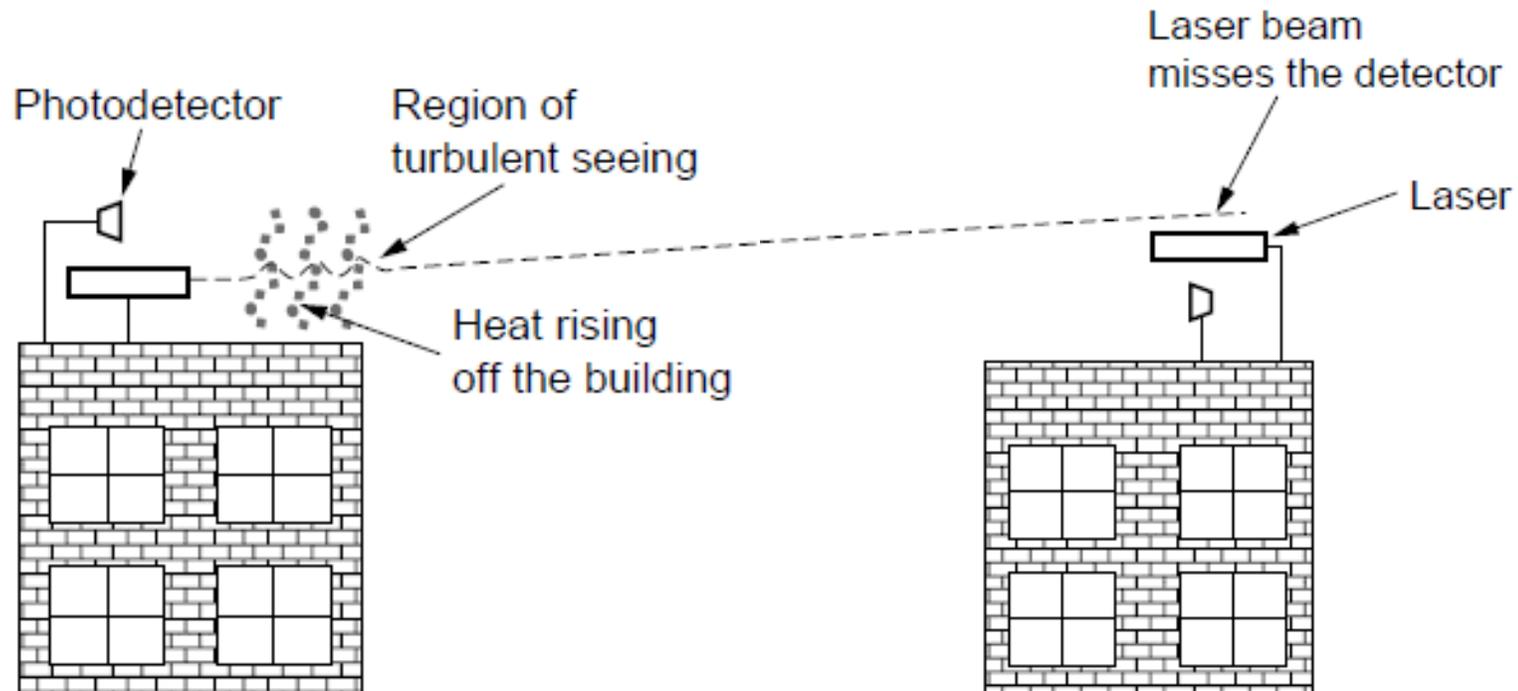


LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

Enlaces de Luz

- La luz puede ser utilizada como enlace cuando se tiene línea de vista
- La luz es altamente direccional y tiene un gran ancho de banda
- Se usa LEDs o cámaras y láseres o fotodetectores

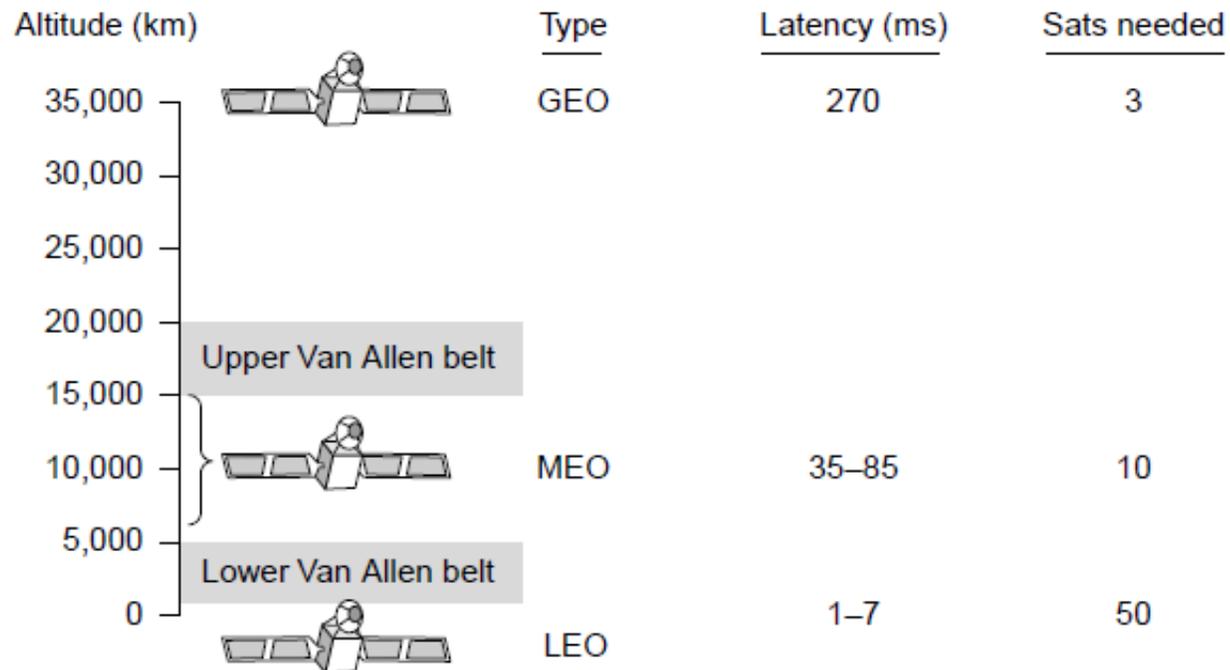


LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

Satélites

- Los satélites son muy efectivos para la difusión y distribución de señales en múltiples sitios
- Tipos de satélites: Geoestacionario (GEO), de media Orbita (MEO) y de Orbita terrestre baja (Low-Earth Orbit LEO).



- GEO: Transmisiones tipo VSAT para conectar computadoras y TV.
- MEO: Sistemas como Iridium de bajo retardo, para amplias coberturas
- LEO: Diferentes bandas (L, C, Ku, Ka) en el rango de los GHz.

LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

Satélites **Banda L.**

- Rango de frecuencias: 1.53-2.7 GHz.
- Penetran a través de las estructuras terrestres; menor potencia.
- Poca capacidad de transmisión de datos.

Banda Ku.

- Rango de frecuencias: Rx 11.7-12.7 GHz, y Tx 14-17.8 GHz.
- Traspasan la mayoría de los obstáculos; Gran cantidad de datos.
- La mayor parte de la banda esta adjudicada.

Banda Ka.

- Rango de frecuencias: 18-31 GHz.
- Espectro disponible; Gran cantidad de datos.
- Necesarios transmisores potentes; sufre interferencias clima.

Banda C.

- Rango de frecuencias: 3.4-6.4 GHz.
- Ventajas: Menos susceptible al clima comparado con la banda KU y Ka
- Costos por equipamiento más elevado que la Banda Ku.

Banda S.

- Rango de frecuencias: 1.9-2.2 GHz.
- Penetran a través de las estructuras terrestres; menor potencia.
- Banda muy ocupada

LA CAPA FISICA

Medios de transmisión inalámbricos

Satélites vs Fibra

- Satélite:
 - + Pueden establecer la comunicación en cualquier momento y hacia cualquier sitio (una vez que están en orbita)
 - + Pueden transmitir a amplias zonas
 - Tienen un ancho de banda limitado y es necesario manejar la interferencia
- Fibra:
 - + Amplio ancho de banda sobre largas distancias
 - Instalación puede ser difícil y cara.



USB