



Tema 1: Capa Física

2ª PARTE: Señales. Estándares de la capa física

Redes de Computadores
Grado en Ingeniería Informática

Mercedes Rodríguez García

Índice 2ª PARTE

1. Tipos de señales
2. Componentes de una señal: armónicos
3. Ancho de banda
4. Tasa de transferencia
5. Tasa de señalización
6. Tipos de transmisión
 - 6.1. Banda base
 - 6.2. Banda ancha
7. Multiplexación
 - 7.1. FDM
 - 7.2. TDM
8. Codificación en línea
9. Estándar 802.3 (Ethernet)
 - 9.1. 100BaseTx (Fast Ethernet)
 - 9.2. 100BaseFX (Fast Ethernet)
 - 9.3. 1000BaseT (Gigabit Ethernet)
 - 9.4. 1000BaseSX (Gigabit Ethernet)
 - 9.5. 1000BaseFX (Gigabit Ethernet)
 - 9.6. 10-Gigabit Ethernet
10. Estándar 802.5 (Token Ring)
11. Estándar 802.11 (Wi-Fi)
12. Estándar 802.15.1 (Bluetooth)

1. Tipos de señales

Los hosts como PCs, servidores e impresoras operan con información digital. Esta información digital debe ser transformada en señal para ser transmitida por el medio físico.

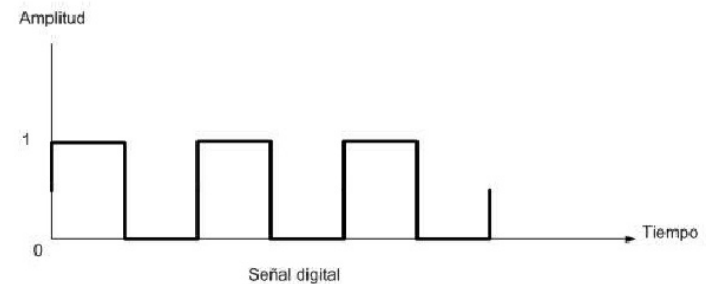
La señal puede ser analógica o digital, depende del medio físico (no todos admiten señales analógicas ni todos admiten señales digitales).

1. Tipos de señales

Señal digital

Es una señal discreta, sólo puede tomar un conjunto finito de valores. P.e., $\{1V, 0V\}$.

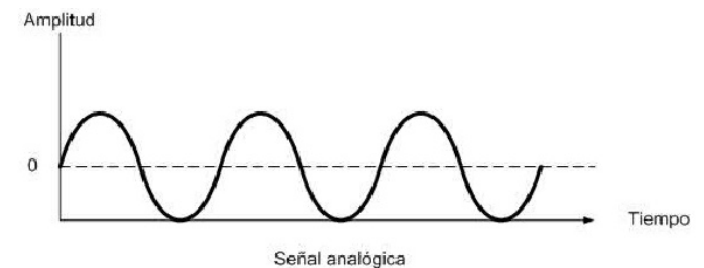
La transición entre los valores es repentina, como una luz que se enciende y apaga.



Señal analógica

Es una señal continua, puede tomar infinitos valores.

La onda cambia suavemente en el tiempo.

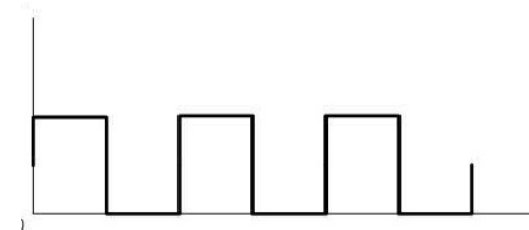


1. Tipos de señales

Las señales digitales y analógicas pueden ser:

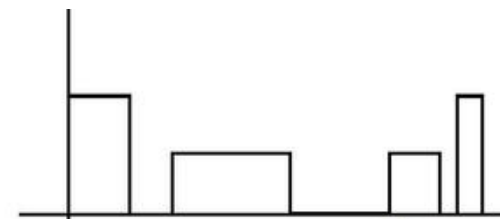
Periódicas

Siguen un patrón repetitivo.



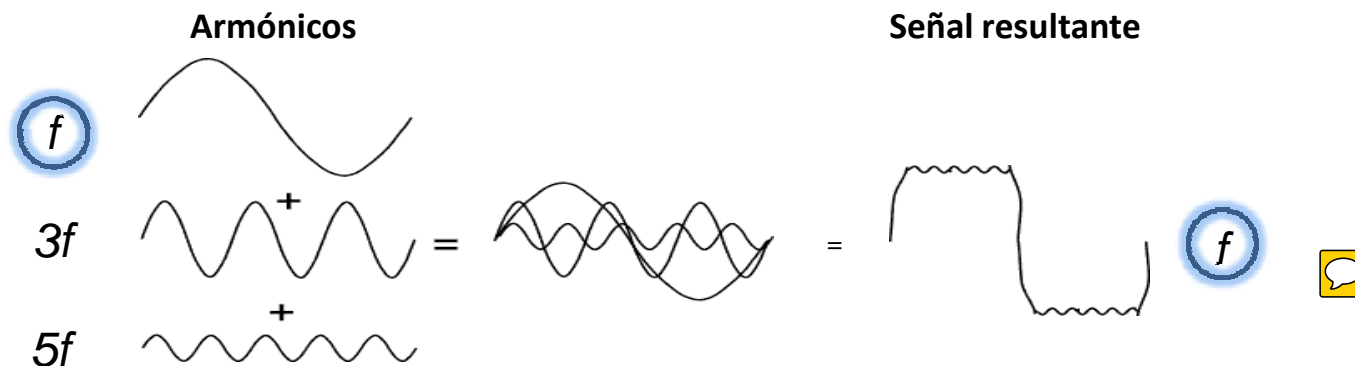
Aperiódicas

No siguen un patrón repetitivo.



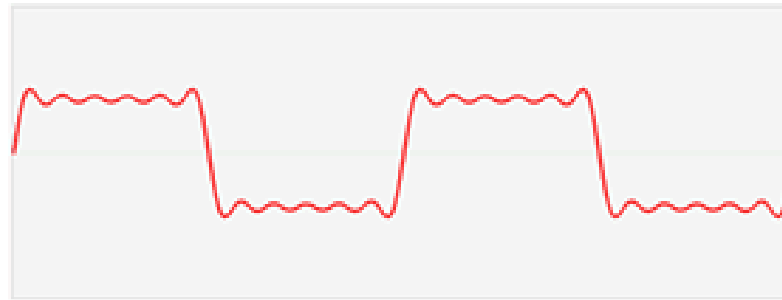
2. Componentes de una señal: armónicos

Las señales están compuestas por varias, incluso infinitas, **señales sinusoidales simples** llamadas armónicos. Cada armónico tiene una frecuencia, amplitud y fase determinada.



La frecuencia del primer armónico (en la imagen identificada con f) constituye la **frecuencia fundamental** de la señal resultante.

2. Componentes de una señal: armónicos



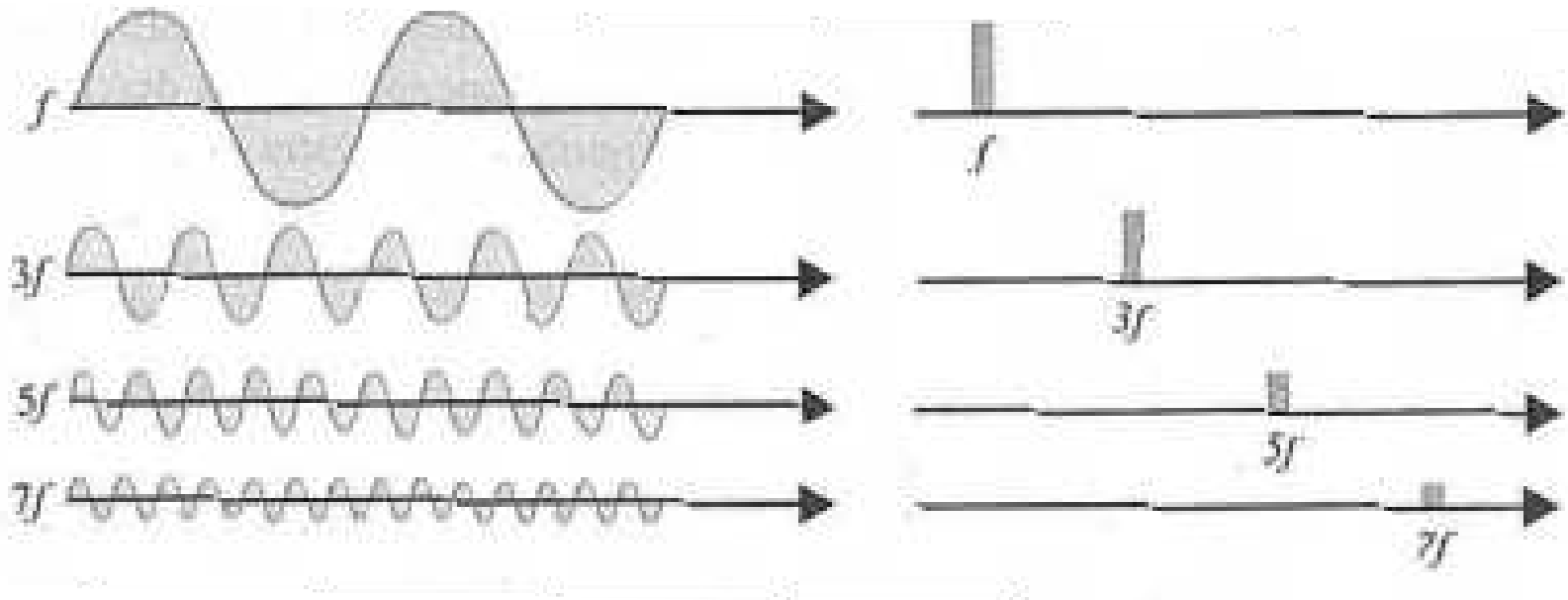
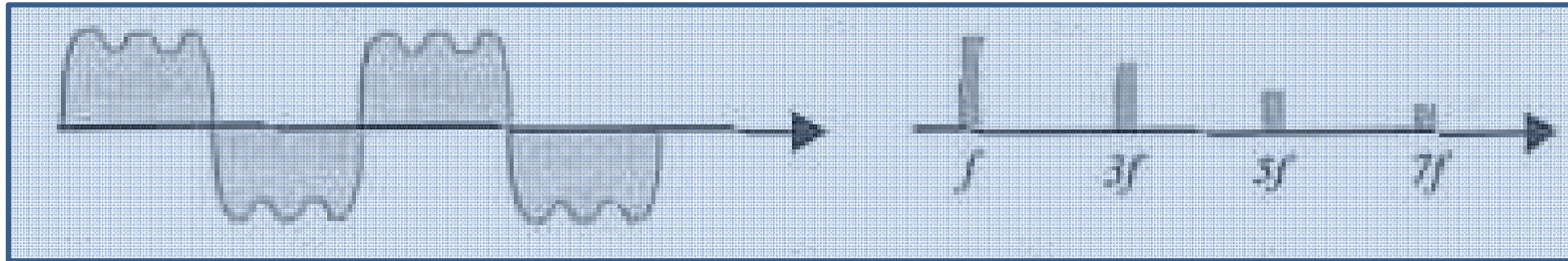
-Fuente animación:

http://es.wikipedia.org/wiki/Transformada_de_Fourier -

Esta animación muestra una señal en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia. En el dominio de la frecuencia se pueden observar todos los armónicos que componen la señal.

Las señales aperiódicas están formadas por un número infinito de armónicos. Para obtener estos armónicos se utiliza la **transformada de Fourier**.

2. Componentes de una señal: armónicos

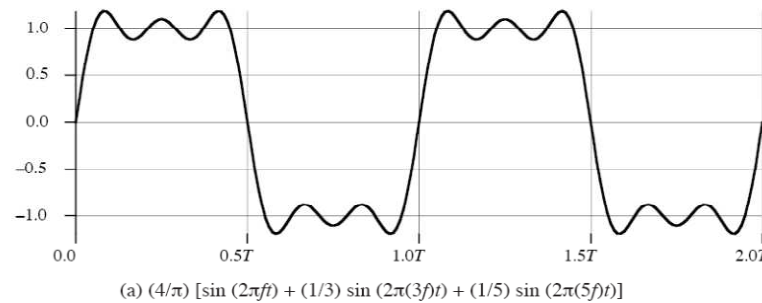


- Representación en el dominio del tiempo-

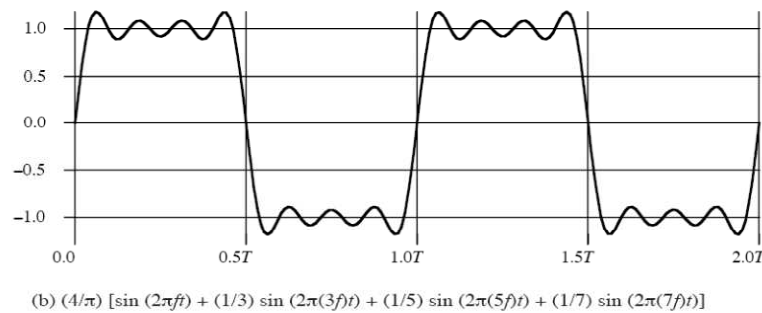
- Representación en el dominio de la frecuencia-

2. Componentes de una señal: armónicos

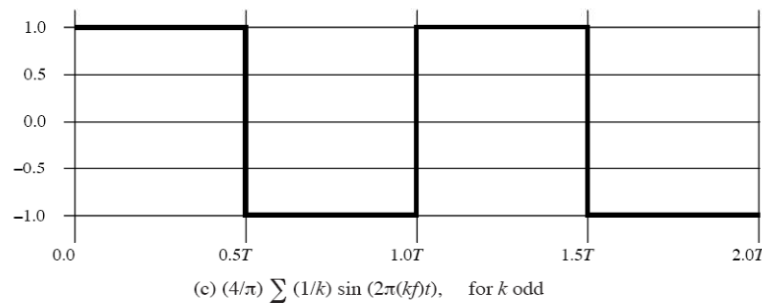
Señal formada por **3 armónicos**



Señal formada por **4 armónicos**



Señal formada por **∞ armónicos**



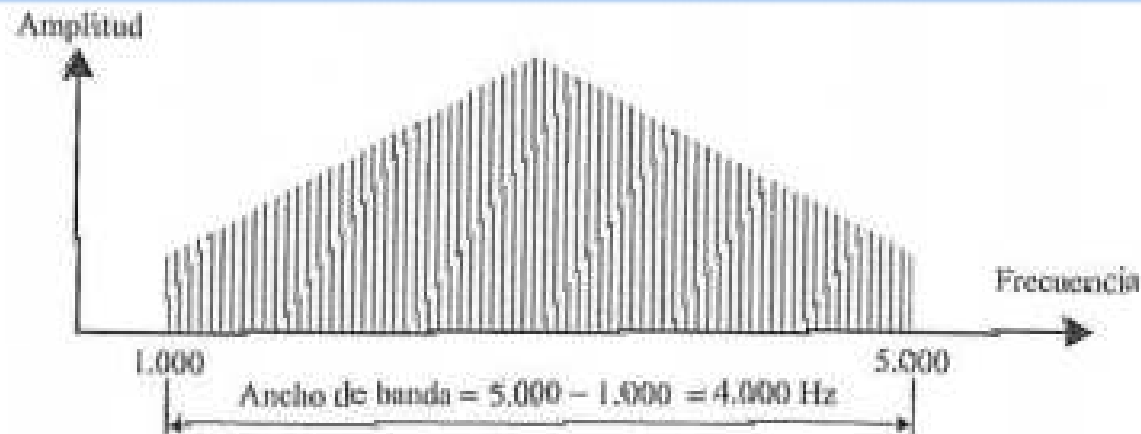
3. Ancho de banda

Espectro de la señal

Es la colección de todos los armónicos de la señal. Para visualizar el espectro se utiliza un gráfico en el dominio de la frecuencia.

Ancho de banda de la señal

Es el ancho del espectro de la señal. Para calcular el ancho de banda hay que realizar la siguiente resta: Frecuencia más alta del espectro MENOS Frecuencia más baja del espectro. Se mide en Hz.



3. Ancho de banda

Ancho de banda del medio

Es el rango de frecuencias que soporta el medio físico.

El ancho de banda del medio es limitado.

Esta limitación está determinada por las propiedades físicas del canal (p.e. sección del conductor).

3. Ancho de banda

Para transmitir una señal por el medio físico se tienen que enviar todos sus armónicos, es decir, todos los componentes de la señal.

PROBLEMA

La señal digital está formada por infinitos armónicos. Sin embargo, los medios físicos tienen un ancho de banda limitado.

SOLUCIÓN

Sólo se enviarán algunos armónicos, concretamente los que tienen una amplitud significativa. A este subconjunto de armónicos se le denomina **espectro significativo**.

3. Ancho de banda

Ancho de banda del medio físico

Señal transmitida en ese medio físico

Ancho de banda 500 Hz



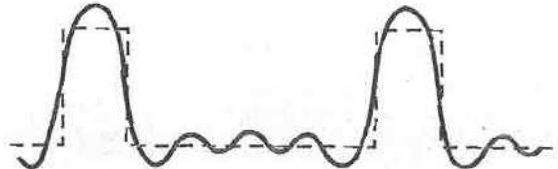
Ancho de banda 900 Hz



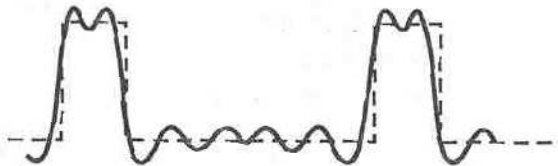
Ancho de banda 1.300 Hz



Ancho de banda 1.700 Hz



Ancho de banda 2.500 Hz



Ancho de banda 4.000 Hz



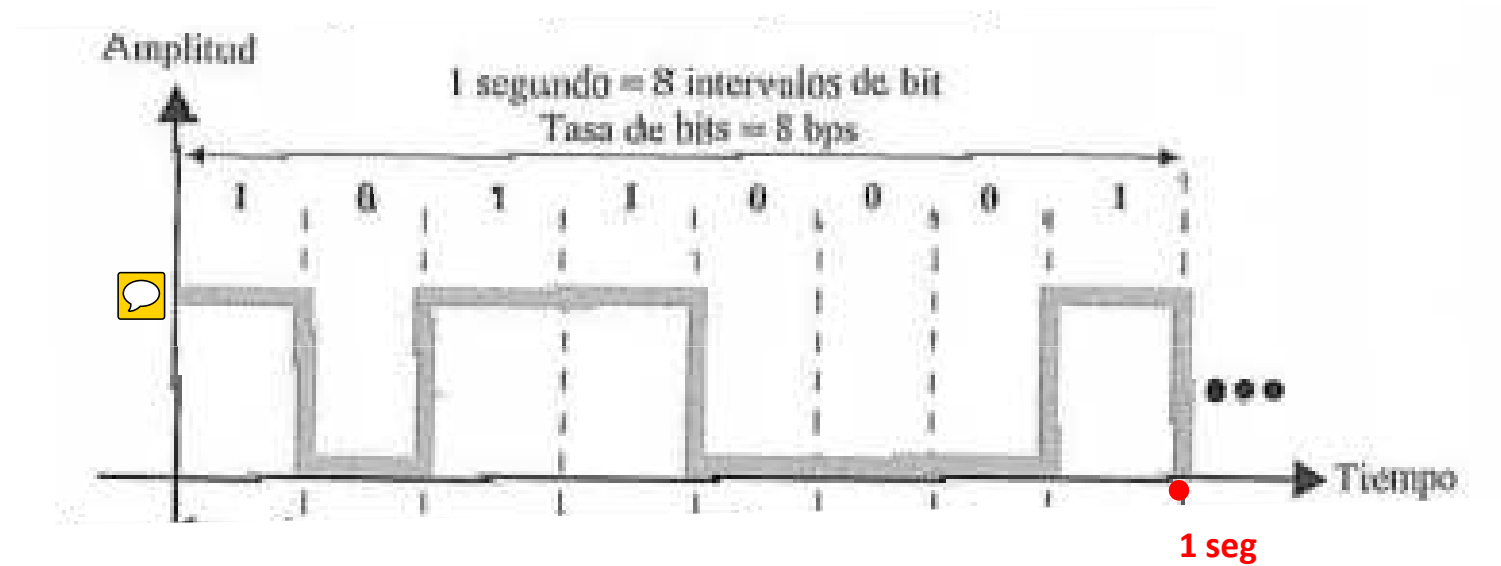
4. Tasa de transferencia

Es el número de bits enviados por segundo (**bps**).

Veremos que la tasa de transferencia depende en gran medida del método de codificación utilizado.

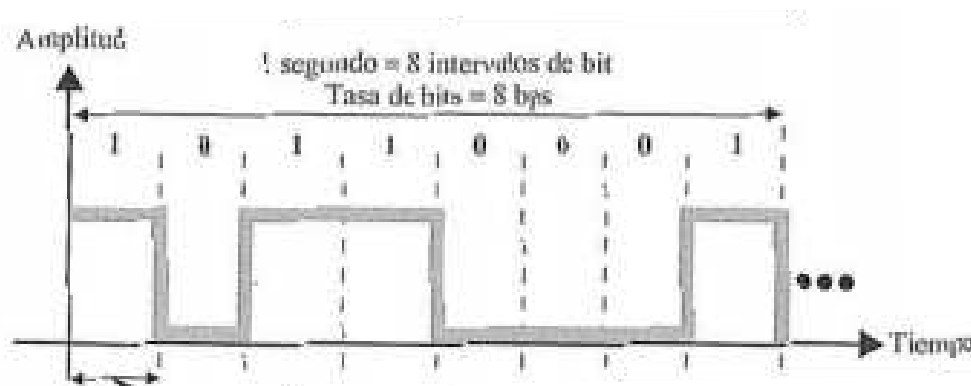
NO CONFUNDIR: Tasa de Transferencia y Ancho de Banda.

4. Tasa de transferencia



5. Tasa de señalización

- Ejemplo 1.- Si una señal tiene dos valores de tensión, p.e. +5V y 0V, se dice que utiliza dos niveles de señalización.
- Ejemplo 2.- Si una señal tiene cuatro valores de tensión, p.e. +5V, +2V, -2V y -5V se dice que utiliza cuatro niveles de señalización.
- Etc.



Duración de un
símbolo de señal

Esta señal utiliza dos **niveles de señalización**.

Los niveles de señalización también se llaman **símbolos** o estados de señal.

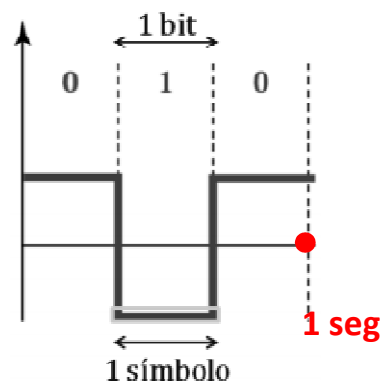
5. Tasa de señalización

Es el número de símbolos de señal transmitidos por segundo. Se mide en **baudios**.

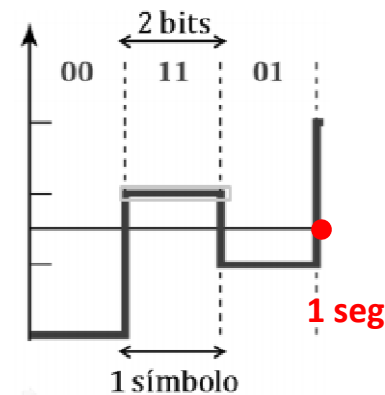
IMPORTANTE: un símbolo de señal puede representar varios bits (como veremos, esto es determinado por el método de codificación).

NO CONFUNDIR: baudios y bps.

baudios = bps



baudios < bps



6. Tipos de transmisión

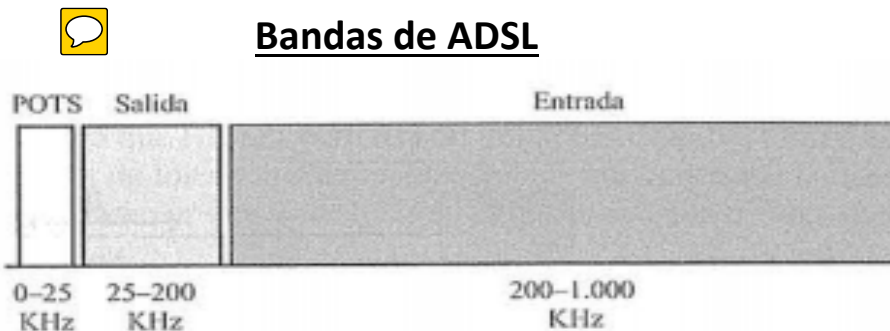
6.1. Banda Base

- La señal es transmitida en su banda de frecuencias original.
- La señal ocupa frecuencias desde el 0 hasta un valor máximo (limitado por el ancho de banda del canal).
- Sólo se transmite **una señal** por el medio físico.
- Ejemplos: **Ethernet**

6. Tipos de transmisión

6.2. Banda Ancha

- Se transmiten **varias señales** a la vez por el medio físico. El ancho de banda del medio es dividido en bandas de frecuencias. Un dispositivo denominado modulador traslada cada señal a su banda correspondiente.
- Ejemplos: **ADSL**. Esta tecnología de red divide el ancho de banda del medio en tres bandas de frecuencias. La primera banda se utiliza para el servicio telefónico, la segunda se usa para enviar datos y la tercera para recibir datos.



Módem es el acrónimo de
MODulador / DEModulador

7. Multiplexación



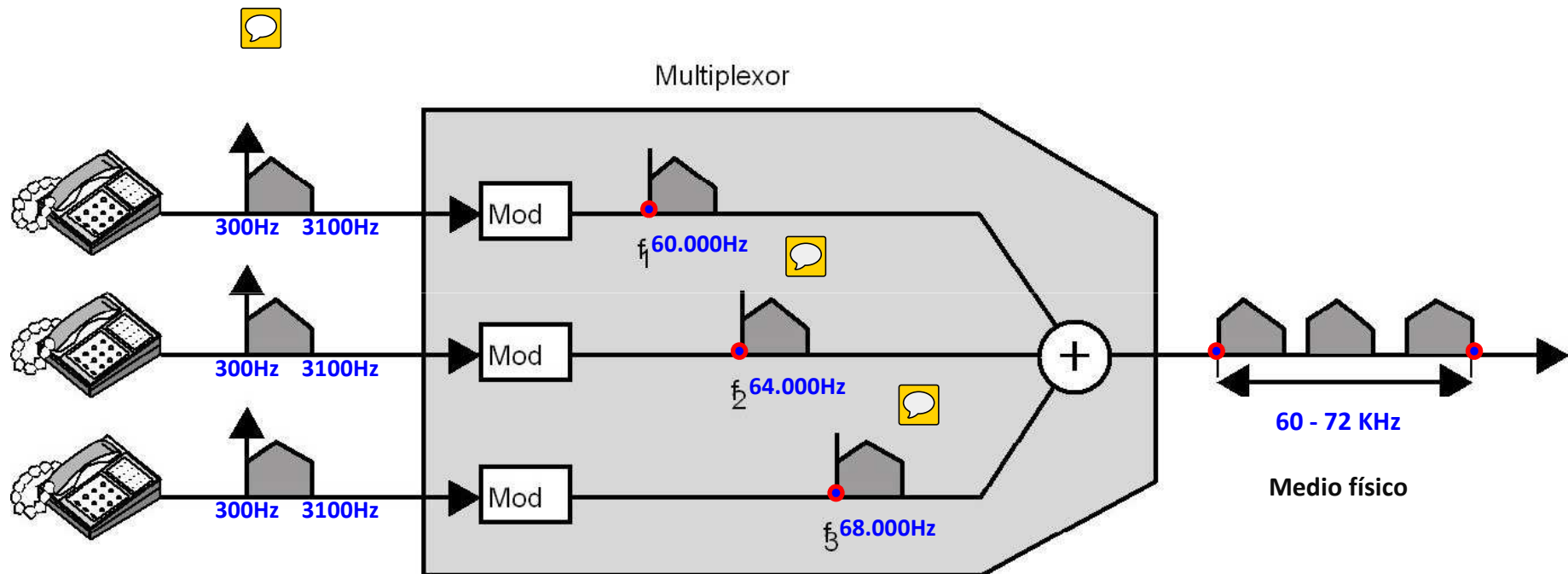
¿Se puede utilizar el medio físico para transmitir varias comunicaciones a la vez?
Imagina que hablamos de un cable de cobre, una fibra óptica, etc.

La respuesta es sí, mediante una técnica denominada multiplexación.
Tipos:

- Multiplexación por División de Frecuencia (**FDM**)
- Multiplexación por División de Tiempo (**TDM**)
- Multiplexación por División de Longitud de Onda (**WDM**)

7. Multiplexación

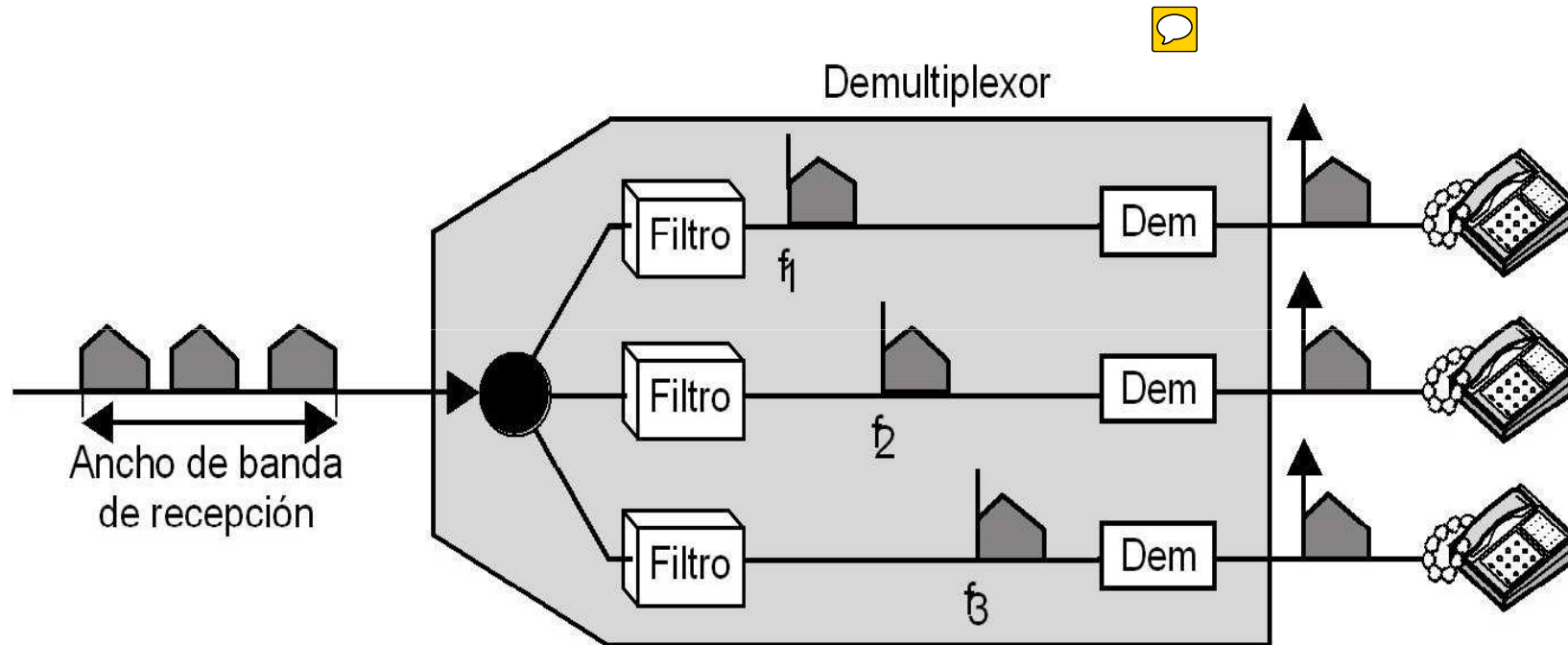
7.1. Multiplexación por División de Frecuencia (FDM)



Emitiendo: proceso de multiplexación
- Representado en el dominio de la frecuencia-

7. Multiplexación

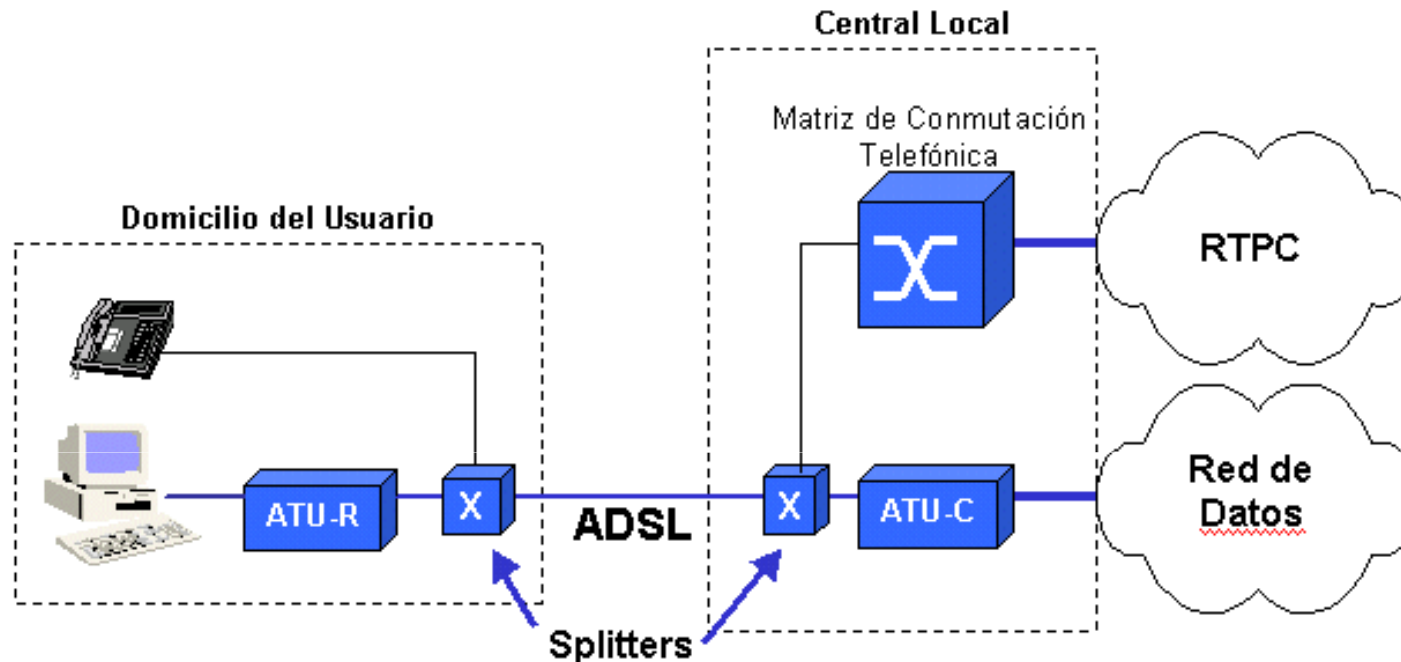
7.1. Multiplexación por División de Frecuencia (FDM)



Recibiendo: proceso de demultiplexación
- Representado en el dominio de la frecuencia-

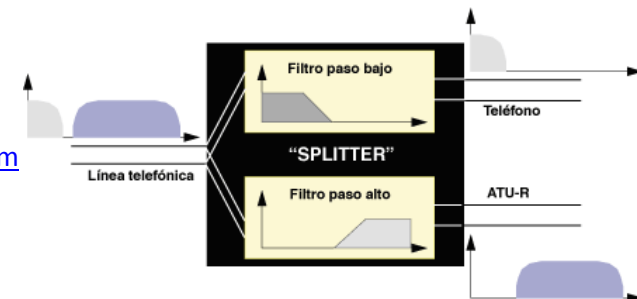
7. Multiplexación

7.1. Multiplexación por División de Frecuencia (FDM)



Caso típico de FDM: ADSL

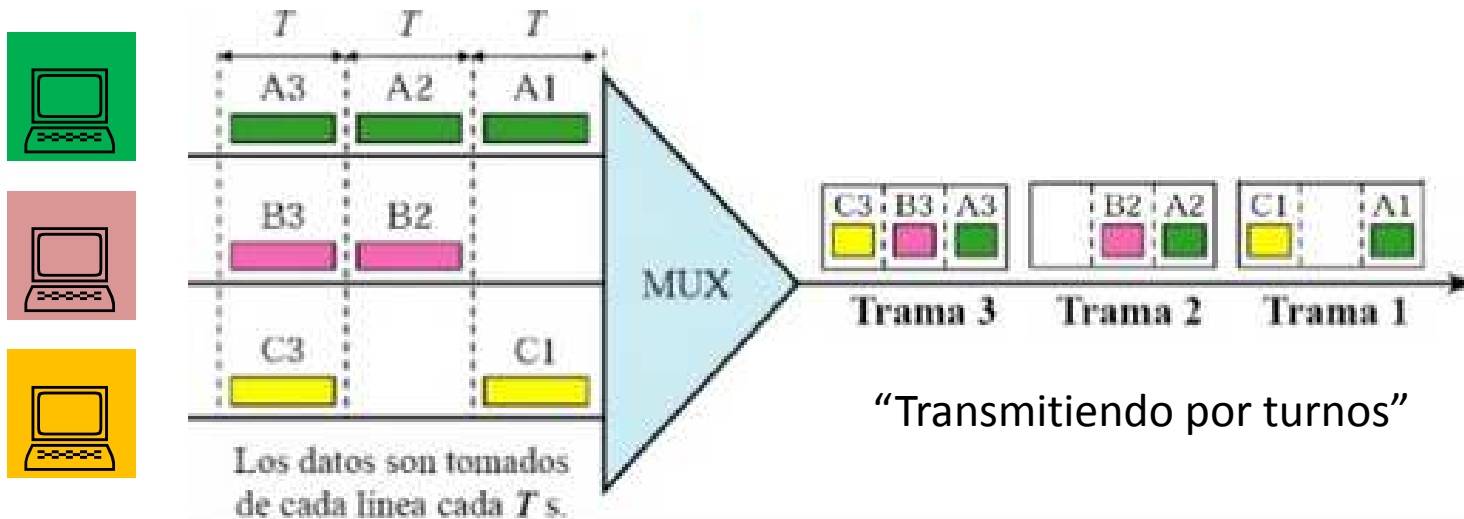
-Fuente imágenes: <http://www.asic.upv.es/sta/Manuales/MADSL/MADSLComoFunciona.htm>
<http://www.monografias.com/trabajos14/acceso-atm/acceso-atm.shtml> -



7. Multiplexación

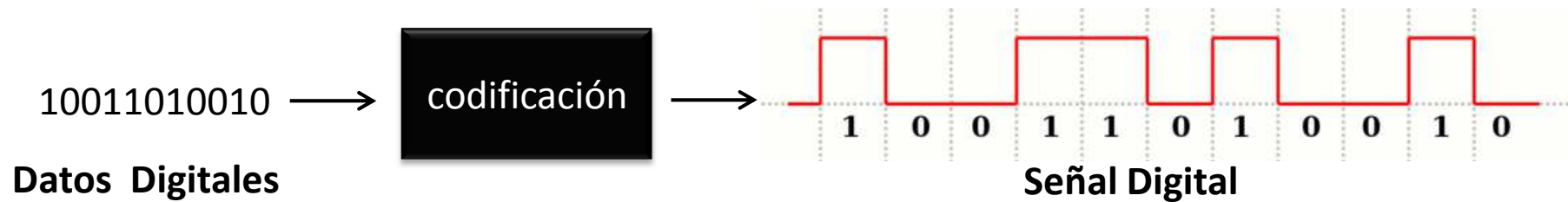
7.2. Multiplexación por División de Tiempo (TDM)

La utilización del canal sigue un turno rotatorio. En la imagen, tres transmisiones (verde, rosa y amarillo) desean utilizar el canal a la vez. A cada transmisión se le asigna **todo el ancho de banda** durante un pequeño intervalo de tiempo (T). En ese intervalo, una transmisión emite sólo una parte de la información (p.e., la transmisión verde emite A1). Cuando le vuelva a tocar el turno a la transmisión verde, emitirá A2, y así sucesivamente.



8. Codificación en línea

El proceso de codificación convierte los datos digitales en señales digitales.



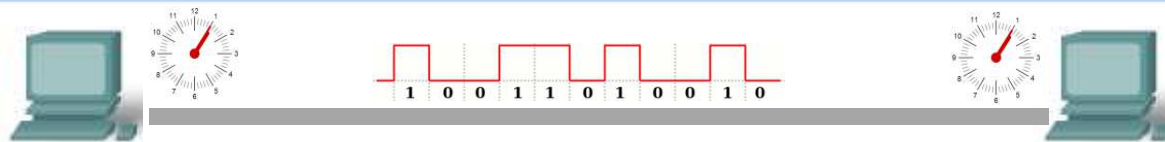
8. Codificación en línea

Sincronización

Tanto el emisor como el receptor tienen un reloj. Estos relojes deben estar sincronizados para detectar correctamente cuándo comienza un símbolo de señal y cuándo termina. La falta de sincronización entre los relojes provoca errores en la decodificación de la señal.

¿Qué método utilizan los relojes para sincronizarse?

- **Método 1.-** Transmitir dos señales en paralelo: la señal de datos y una señal de reloj. Esta señal de reloj permitirá al dispositivo receptor sincronizar su temporizador. Problema: hay que doblar el número de líneas o multiplexar → desaprovechamiento.
- **Método 2.-** El receptor puede utilizar las transiciones de la señal para sincronizar su temporizador. Esto será posible si se utilizan esquemas de codificación que eliminen la componente continua.

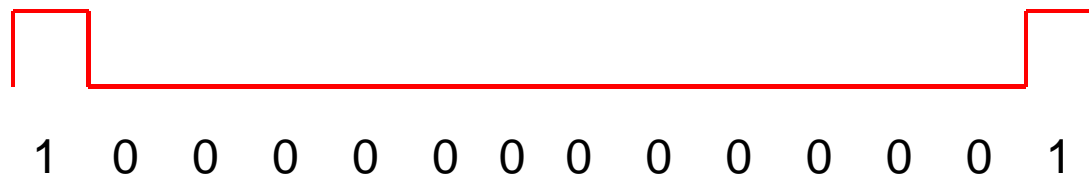


8. Codificación en línea

Componente continua (DC)

¿Qué ocurre si se transmiten de forma consecutiva una secuencia larga de 1s ó una secuencia larga de 0s? Pues que no hay transiciones de voltaje en el señal (“la señal es una línea”, se dice que se ha creado una componente de corriente continua).

Cuando la señal permanece sin variaciones durante un periodo largo de tiempo, al receptor le costará distinguir el principio y final de cada símbolo.

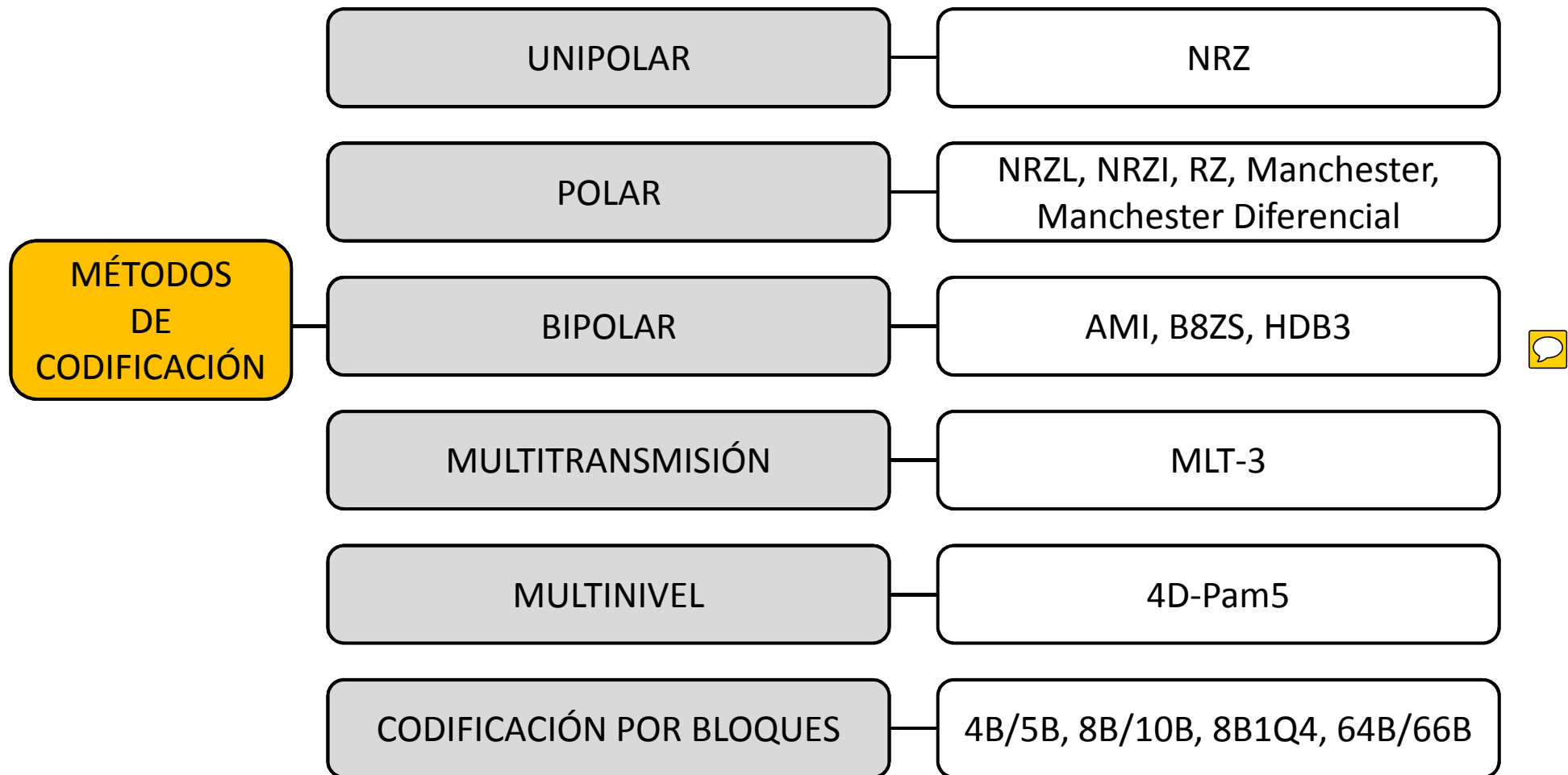


8. Codificación en línea

Un esquema de codificación debe procurar

- Proporcionar sincronización entre emisor y receptor a través de las transiciones de los pulsos recibidos.
- Minimizar la componente continua (DC), es decir, asegurar que no haya una línea continua en secuencias largas de 0s ó 1s.

8. Codificación en línea



8. Codificación en línea

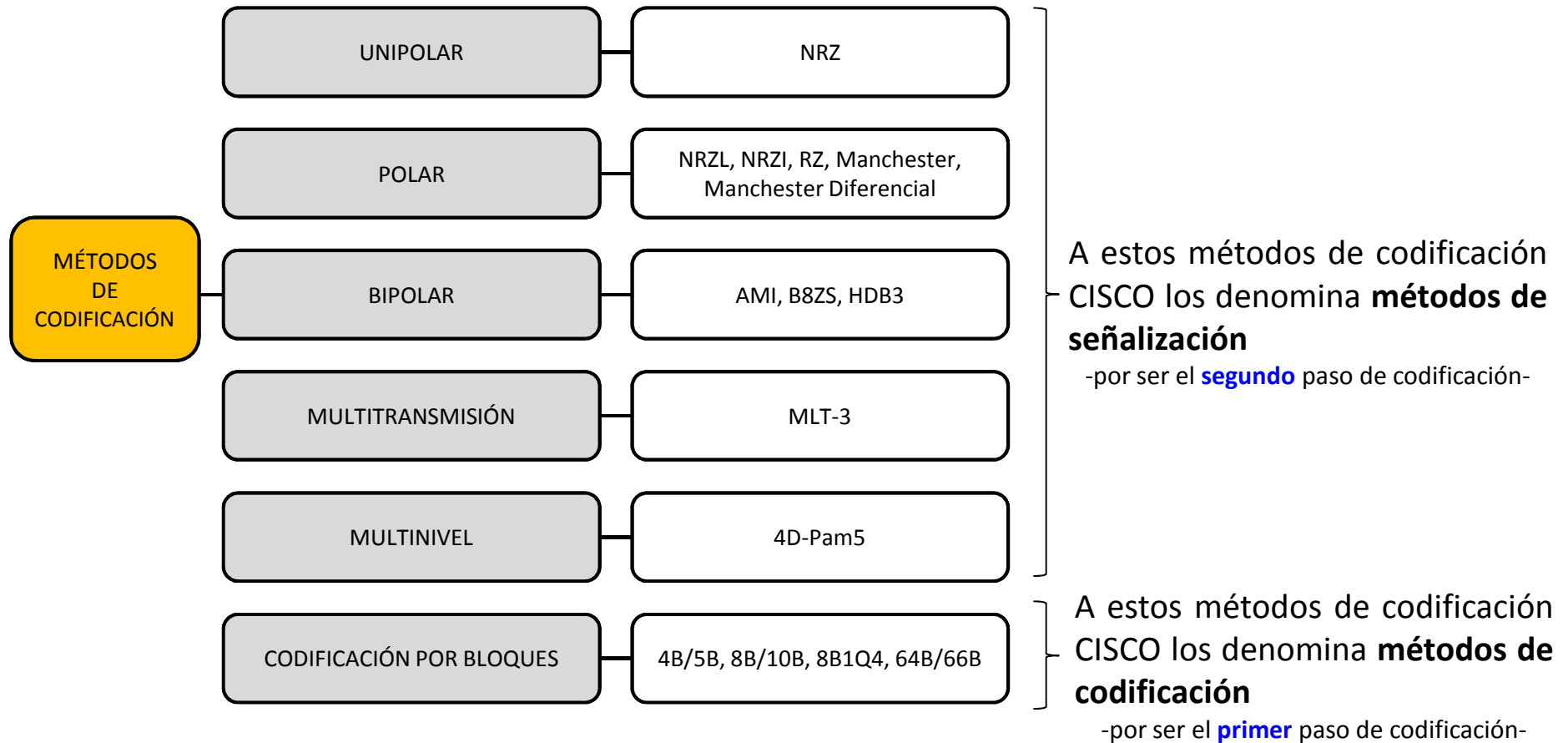
Los **estándares Ethernet** actuales utilizan dos pasos de codificación por separado para solucionar el problema de la componente continua.

Cada estándar Ethernet designa qué métodos de codificación se deben utilizar. Los dispositivos emisor y receptor deben pertenecer al mismo estándar. De esta manera, sabrán cómo representar los 1s y los 0s. Si se utilizan diferentes estándares en cada extremo de la transmisión, no se podrá llevar a cabo la comunicación.

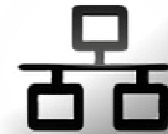
Acciones en el dispositivo receptor:

1. Las señales se vuelven a convertir en bits (decodificación).
2. Se examinan los bits para determinar la trama. Para ello, el dispositivo localiza los patrones de bits del comienzo y el final de la trama.
3. La capa Física envía la trama a la capa de Enlace.

8. Codificación en línea



9. Estándar 802.3 (Ethernet)



Es una especificación para Redes de Área Local (LAN)

9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.1. 100BaseTx (Fast Ethernet)

Medio: UTP categoría 5 o superior

Velocidad: 100 Mbps

Longitud máx. segmento: 100 m

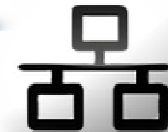
Codificación en línea: 4B/5B + MLT-3

Tx/Rx: Un par para transmitir

- pin 1: TD+
- pin 2: TD-

Un par para recibir

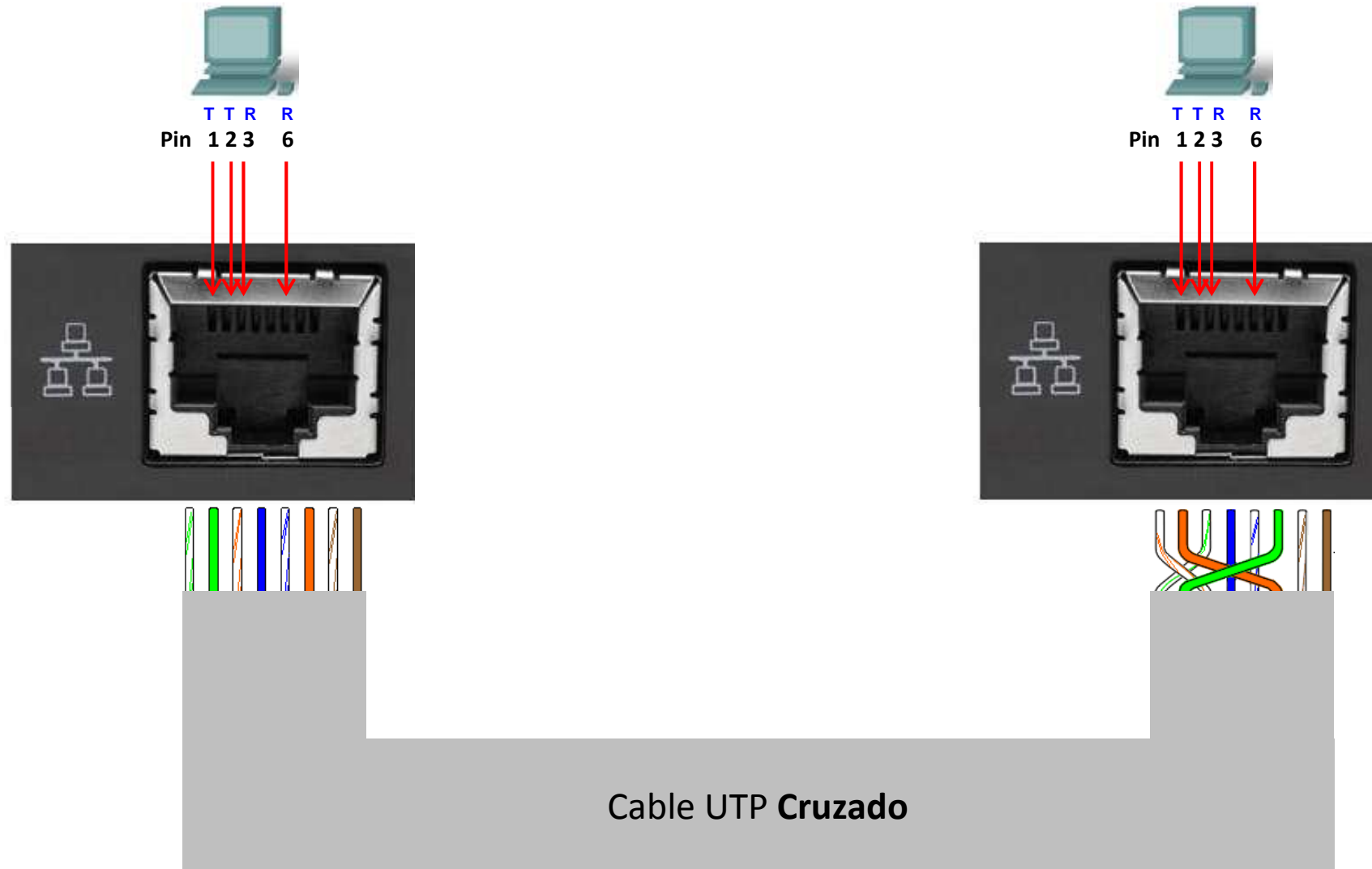
- pin 3: RD+
- pin 6: RD-



Número de pin	Señal
1	TD+ (Transmitir datos, señal diferencial positiva)
2	TD- (Transmitir datos, señal diferencial negativa)
3	RD+ (Recibir datos, señal diferencial positiva)
4	No se utiliza
5	No se utiliza
6	RD- (Recibir datos, señal diferencial negativa)
7	No se utiliza
8	No se utiliza

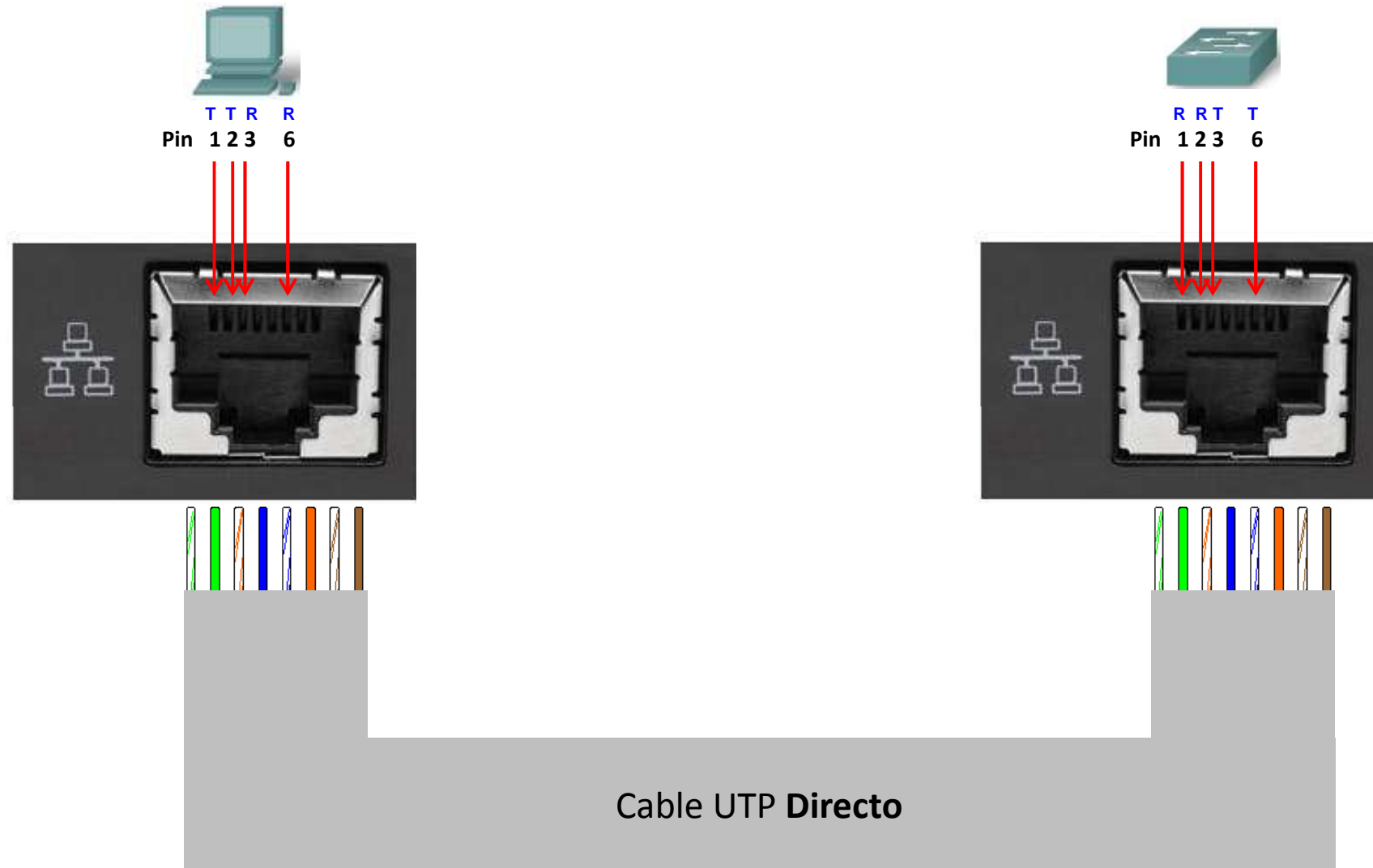
9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.1. 100BaseTx (Fast Ethernet)



9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.1. 100BaseTx (Fast Ethernet)



9. Estándar 802.3 (Ethernet):

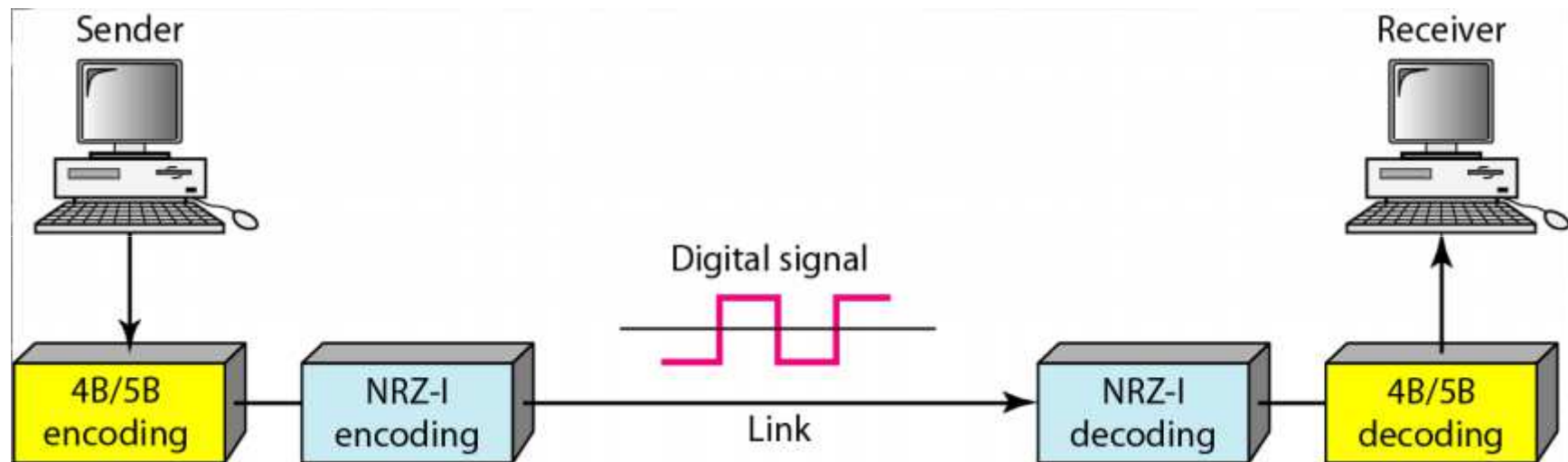
9.2. 100BaseFX (Fast Ethernet)

Medio:	Fibra óptica multimodo
Velocidad:	100 Mbps
Longitud máx. segmento:	2 km aproximadamente
Codificación en línea:	4B/5B + NRZI
Tx/Rx:	Un hilo de fibra para transmitir Otro hilo de fibra para recibir



9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.2. 100BaseFX (Fast Ethernet)



9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.2. 100BaseFX (Fast Ethernet)

Codificación 4B/5B

Es un tipo de codificación mB/nB: a cada m bits le corresponde un código de n bits, en este caso, **a cada 4 bits le corresponde un código de 5 bits.**

Códigos de Datos.-

A cada una de las 16 combinaciones posibles de cuatro bits se le asigna un código de 5 bits para representarla.


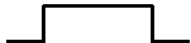






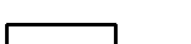



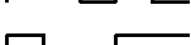
Códigos de Control.-

Los códigos de 5 bits que no se han asignado para representar datos se usan para control, por ejemplo, para delimitar el comienzo y el final de trama (PDU de capa 2).




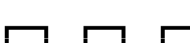

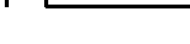


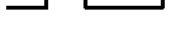
9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.2. 100BaseFX (Fast Ethernet)

Codificación 4B/5B

Data Input (4 bits)	Code Group (5 bits)	NRZI pattern	Interpretation
0000	11110		Data 0
0001	01001		Data 1
0010	10100		Data 2
0011	10101		Data 3
0100	01010		Data 4
0101	01011		Data 5
0110	01110		Data 6
0111	01111		Data 7
1000	10010		Data 8
1001	10011		Data 9
1010	10110		Data A
1011	10111		Data B
1100	11010		Data C

Códigos de datos

Data Input (4 bits)	Code Group (5 bits)	NRZI pattern	Interpretation
1101	11011		Data D
1110	11100		Data E
1111	11101		Data F
	11111		Idle
	11000		Start of stream delimiter, part 1
	10001		Start of stream delimiter, part 2
	01101		End of stream delimiter, part 1
	00111		End of stream delimiter, part 2
	00100		Transmit error
other			invalid codes

Códigos de control

9. Estándar 802.3 (Ethernet):

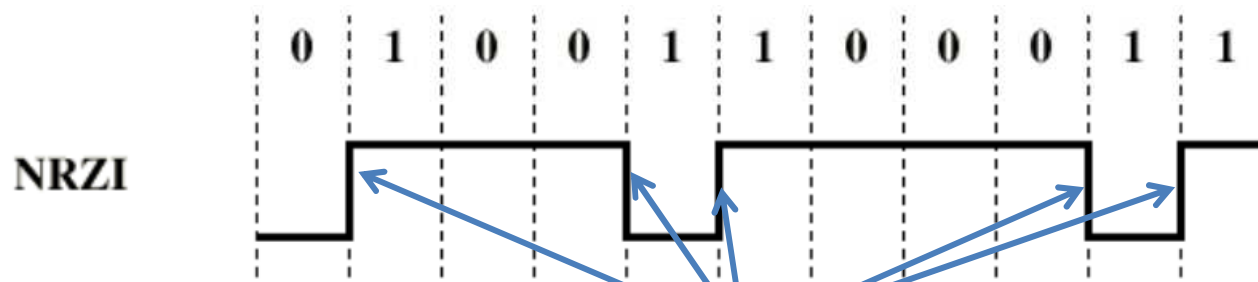
9.2. 100BaseFX (Fast Ethernet)

Codificación NRZI

Se definen dos niveles de intensidad para los pulsos de luz (o dos niveles de voltaje si la transmisión tuviera lugar en un medio de cobre): un nivel de intensidad bajo y un nivel de intensidad alto.

Un **1** se representa con un **cambio** de intensidad en el pulso de luz: del nivel alto al bajo o del nivel bajo al alto, según corresponda.

Un **0** se representa con un **NO cambio** de intensidad en el pulso de luz.



Debido al tiempo necesario para activar y desactivar el transmisor de luz, la luz es pulsada utilizando una intensidad baja y otra alta.

Como a continuación viene un 1, el pulso de luz cambia de intensidad

9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.2. 100BaseFX (Fast Ethernet)

¿Por qué se utilizan dos pasos de codificación? ¿Por qué 4B/5B + NRZI?

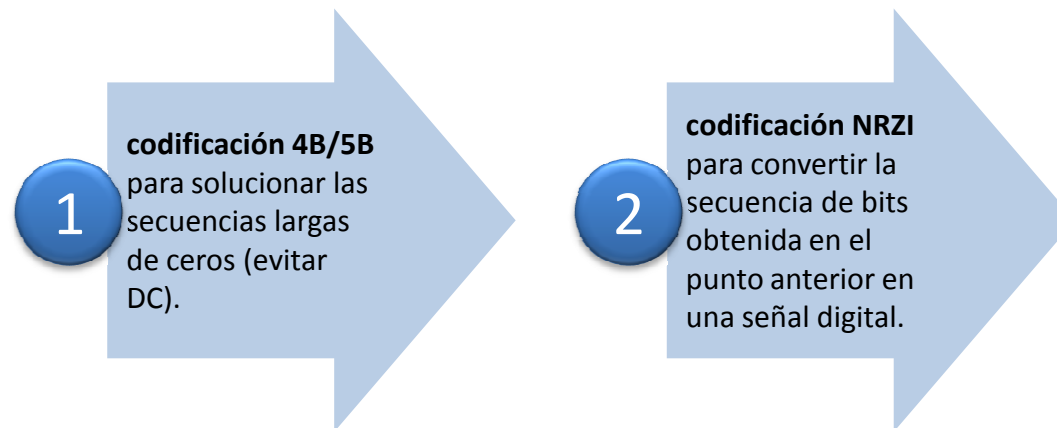
PROBLEMA: NRZI proporciona sincronización implícita gracias al cambio de señal que se produce cada vez que hay que representar un 1. La existencia de 1s en el flujo de datos permite al receptor sincronizar su temporizador. Sin embargo, cuando haya que transmitir una secuencia larga de ceros, emisor y receptor pueden desincronizarse.

9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.2. 100BaseFX (Fast Ethernet)

¿Por qué se utilizan dos pasos de codificación? ¿Por qué 4B/5B + NRZI?

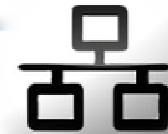
SOLUCIÓN: La codificación 4B/5B transforma cada conjunto de 4 bits de datos en un código de 5 bits especialmente diseñado para que **nunca** **hayan más de TRES ceros consecutivos** (observa las 16 combinaciones destinadas a datos en la tabla de codificación 4B/5B).



9. Estándar 802.3 (Ethernet):

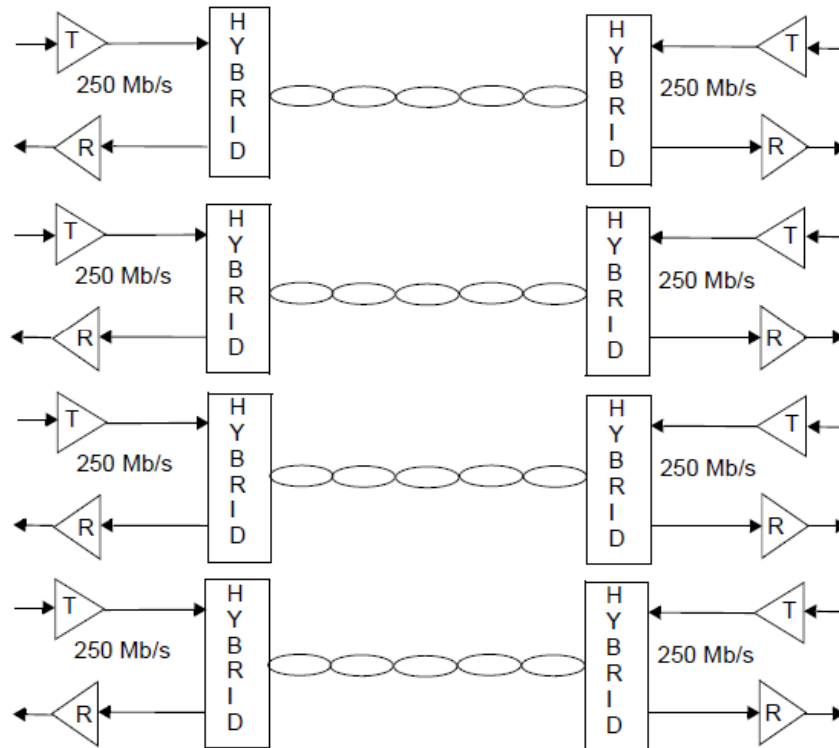
9.3. 1000BaseT (Gigabit Ethernet)

Medio:	UTP categoría 5e o superior
Velocidad:	1 Gbps
Distancia máxima:	100 m
Codificación en línea:	8B1Q4 + 4D-PAM5
Tx/Rx:	Los cuatro pares de hilos transmiten y reciben simultáneamente



9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.3. 1000BaseT (Gigabit Ethernet)



Sofisticados **circuitos híbridos** en los dispositivos que acceden al medio pueden actuar a la vez como Tx y Rx en los mismos hilos.

1000BASE-T permite la transmisión y recepción de datos en ambas direcciones (en los cuatro pares al mismo tiempo).

Este flujo de tráfico crea colisiones permanentes en los pares de cables. Estas colisiones generan patrones de voltaje complejos.

Los circuitos híbridos que detectan las señales utilizan técnicas sofisticadas como cancelación de eco, corrección automática de errores de capa 1 (FEC), etc.

9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.3. 1000BaseT (Gigabit Ethernet)

Codificación 4D/PAM5

Se utilizan los cuatro pares (**4D**) del cable para enviar información.

Para transmitir 8 bits, se envían dos bits por cada par.

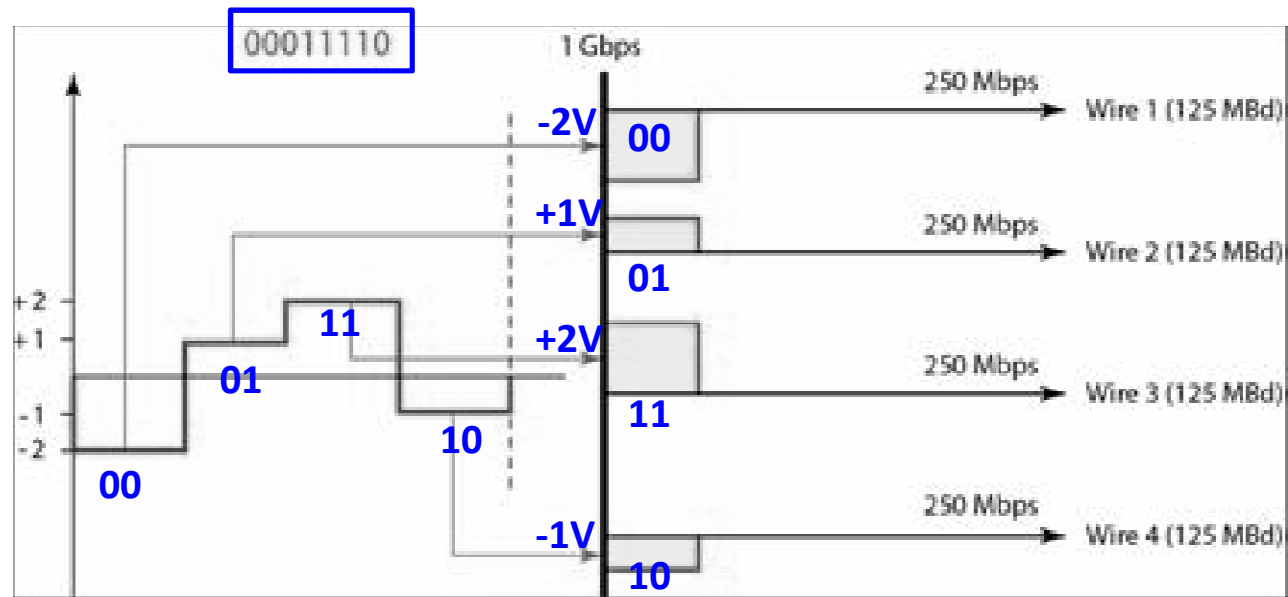
Se utilizan cinco niveles de tensión (**PAM5**): -2V, -1V, 0V, +1V, +2V. Cada nivel de tensión representa 2 bits (excepto el nivel 0V que se utiliza para corrección de errores).

-2V:	00
-1V:	10
+1V:	01
+2V:	11

9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.3. 1000BaseT (Gigabit Ethernet)

Codificación 4D/PAM5



9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.3. 1000BaseT (Gigabit Ethernet)



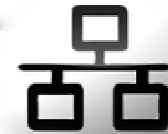
¿Cómo son las terminaciones del cable directo en 1000BaseT?

¿Y cómo son las del cable cruzado?

9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.4. 1000BaseSX (Gigabit Ethernet)

Medio:	Fibra óptica multimodo
Velocidad:	1 Gbps
Longitud máx. segmento:	220 m - 550 m (según tipo de fibra)
Codificación en línea:	8B/10B + NRZ
Tx/Rx:	Un hilo de fibra para transmitir Otro hilo de fibra para recibir



NOTA: La S proviene de *Short*, esto quiere decir que la señal que se transmite es de onda corta. La fuente que genera la señal es un laser de bajo coste o un diodo LED.

9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.5. 1000BaseLX (Gigabit Ethernet)

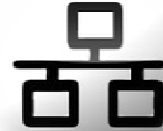
Medio:	Fibra óptica monomodo
Velocidad:	1 Gbps
Longitud máx. segmento:	550 m - 10 km (según tipo de fibra)
Codificación en línea:	8B/10B + NRZ
Tx/Rx:	Un hilo de fibra para transmitir Otro hilo de fibra para recibir



NOTA: La L proviene de *Long*, esto quiere decir que la señal que se transmite es de onda larga. La fuente que genera la señal es un laser.

9. Estándar 802.3 (Ethernet):

9.6. 10-Gigabit Ethernet



Estándares :	Existen muchos estándares 10 Gigabit
Medio:	Monomodo, multimodo, par trenzado 6A o superior
Velocidad:	10 Gbps
Distancia máxima:	100m - 80 km (según el medio)
Codificación en línea:	64B/66B + 2D-PAM16 (entre otras)

10. Estándar 802.5 (Token Ring)



Es otra especificación para Redes de Área Local (LAN)



¿Qué puedes comentar sobre este estándar?

11. Estándar 802.11 (Wi-Fi)

Es una especificación para Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN)



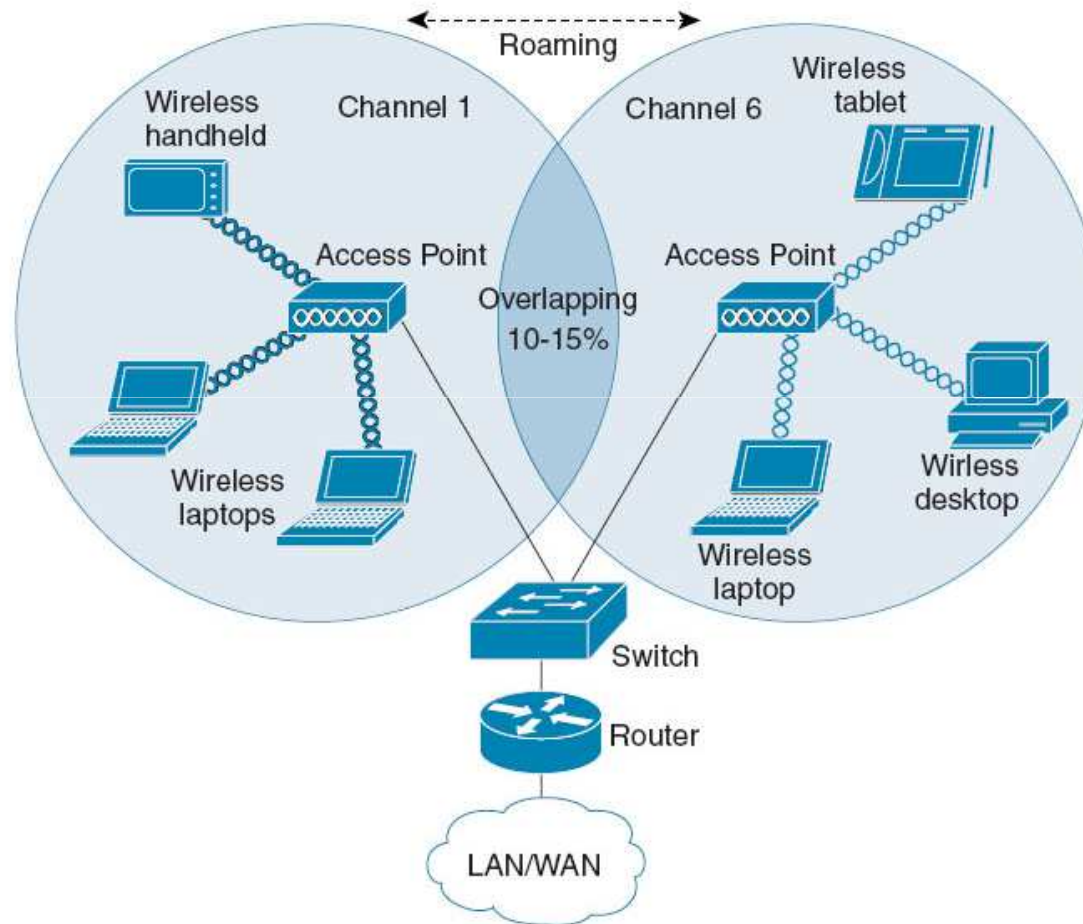
	Estándar	Frecuencia	Tasa de transferencia (teórica)	Compatibilidad
	802.11b	2,4GHz	11 Mbps	
	802.11a	5GHz	54 Mbps	
	802.11g	2,4GHz	54 Mbps	
	802.11n	2,4GHz y 5GHz	600 Mbps	
	802.11ac	2,4GHz y 5GHz	1Gbps	

A igual potencia, una señal de 2,4GHz tienen más alcance y pueden penetrar mejor en los muros que una señal de 5GHz.

Hablar de alcance involucra muchos factores: potencia de la antena, frecuencia de la señal, obstáculos, condiciones atmosféricas, etc.

Por si queréis descargar algún estándar <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html>

11. Estándar 802.11 (Wi-Fi)



12. Estándar 802.15.1 (Bluetooth)

Es una especificación para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN)



Medio: Posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda de los 2,4 GHz.

Velocidad:

Versión	Tasa de transferencia
1.2	1 Mbps
2.0 +EDR	3 Mbps
3.0 + HS	24 Mbps
4.0	24 Mbps

Alcance: Diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, que requieren corto alcance de emisión.

Clase	Potencia	Alcance (aprox.)
1	100 mW	100 m
2	2.5 mW	10 m
3	1 mW	1 m