

<b>Título para temas grandes</b>	<b>11</b>
Título para subtemas	11
Título para ítems tranqui	11
Título para cosas chiquititas	11
<b>Introducción</b>	<b>11</b>
<b>Modalidad</b>	<b>12</b>
<b>Unidad Nro. 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES</b>	<b>14</b>
<b>Física de las comunicaciones</b>	<b>14</b>
Relación entre V e I - Ley de Ohm	14
Comunicaciones digitales: Un modelo eléctrico	14
Tipos de circuitos	15
Circuito RC (carga capacitiva)	15
Circuito RL (carga inductiva)	16
Impedancia	16
<b>Modelo genérico de un sistema de comunicación</b>	<b>18</b>
<b>Bases teóricas para la transmisión de datos</b>	<b>18</b>
Bases Teóricas para la Transmisión de datos	18
Señales de ancho de banda limitado	18
Análisis de una señal periódica mediante la serie de Fourier	19
Componentes y armónicas	20
El espectro de frecuencias	20
La transformada de Fourier	22
<b>Teoría de la información</b>	<b>22</b>
Principios	22
Medida de la información	23
Información mutua	23
Diferencia entre bit y binit	24
Información promedio. Entropía	24
Información mutua	25
<b>Ancho de banda y Capacidad del canal</b>	<b>27</b>
<b>Filtros</b>	<b>27</b>
<b>Relación Señal-Ruido</b>	<b>28</b>
<b>Decibel (dB)</b>	<b>28</b>

<b>Diferencia entre bps y baudios</b>	<b>30</b>
Velocidad de transmisión (bit rate) o Tasa de información	30
Velocidad de señalización (Baud rate)	30
<b>Teorema de Shannon-Hartley</b>	<b>32</b>
Desarrollo	32
Tasa de Nyquist	32
Ley de Hartley	32
Teorema de codificación de canales con ruido y capacidad	33
Teorema de Shannon-Hartley	33
<b>Distintas formas de la transmisión de datos</b>	<b>34</b>
Simplex	34
Half-duplex	34
Full-Duplex	35
<b>..Unidad Nro. 2: MODOS DE TRANSMISIÓN</b>	<b>36</b>
<b>Transmisión analógica y digital</b>	<b>36</b>
<b>Transmisión asincrónica y sincrónica</b>	<b>37</b>
Transmisión Asíncrona	37
Transmisión Síncrona	38
Los puertos de conexión	40
Universal Serial Bus (USB)	40
¿Qué es USB?	40
¿Cómo funciona?	40
Arquitectura de USB	41
Velocidades de transmisión	43
USB 3.0	43
Características de USB 3.0	44
Principales diferencias entre los puertos	44
Compatibilidad y Conectores	44
Puerto Paralelo	45
Generalidades	45
Puerto paralelo CENTRONICS	46
Modos de Transferencia	47
IEEE 1284	48
RS232	48
Generalidades	48
Conectores y señales	49

Sub-grupo de señales (DB-25)	50
Características de transmisión	51
UART (Universal Asynchronous Rx Tx)	51
Diagrama de conexión	52
PON	52
Componentes	53
<b>Transmisión en paralelo</b>	<b>54</b>
<b>Transmisión en serie</b>	<b>54</b>
<b>Multiplexación</b>	<b>55</b>
Multiplexación por división de tiempo (TDM)	55
Multiplexacion por division de frecuencias (FDM)	56
<b>Modulación</b>	<b>57</b>
Analogico - Analogico	58
Amplitud Modulada (A.M.)	58
Frecuencia Modulada (F.M.)	59
Fase Modulada (P.M.)	60
Analogico - Digital	60
Modulación por pulsos codificados (PCM)	60
Muestreo	61
Cuantificación	61
Codificación	61
Tramas T1 y E1	62
Digital - Analogico	64
Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK)	64
Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)	64
BWFSK=2(f + B)	65
Modulación por desplazamiento de fase (PSK)	65
Modulación por desplazamiento de amplitud en cuadratura (QAM)	67
Digital - Digital	69
Transmisión de banda base	69
NRZ (Non-return to zero)	70
NRZ-L (level)	70
NRZ-I (invert on ones)	70
RZ (Return to zero)	70
AMI-Bipolar	70
BI-FASE	71
Manchester	71

Manchester diferencial	72
Ancho de Banda (BW)	72
<b>Unidad Nro. 3: MEDIOS DE TRANSMISIÓN</b>	<b>74</b>
<b>Medios de transmisión</b>	<b>74</b>
Par telefónico	74
Código de colores para cables telefónicos (re al pedo)	74
Par trenzado	75
Construcción física	75
Aplicaciones	75
Red Telefónica	75
Redes LAN	75
Características de transmisión	76
Tipos de pares trenzados	76
Categorías	77
Norma EIA/TIA	78
<b>Cableado Estructurado</b>	<b>79</b>
Estructurado	79
Solución Segura	79
Solución Longeva	79
Modularidad	79
Fácil Administración	79
Requerimientos para la conexión física	80
Dispositivo	80
Patch Cord	80
Placa con servicios (Jack o Roseta)	80
Cableado Oculto	81
Panel de Parcheo (Patch Panel)	81
Elementos Principales de un Cableado Estructurado	81
Subsistemas EIA/TIA 568	81
Subsistema de Área de trabajo	81
Salidas de área de trabajo	82
Cableado Horizontal	83
Topología	84
Distancias	84
Esquema de colores para cables UTP cat 5 (EIA/TIA 568)	85
Cableado del Backbone	85
Topología	86

Cuarto de Telecomunicaciones o Rack	86
Sala de Equipos	88
Instalaciones de Entrada	88
Administración del sistema de cableado estructurado	88
<b>Cable coaxial</b>	<b>90</b>
Descripción física	90
De Banda Base	90
De Banda Ancha	90
Aplicaciones	90
Características de transmisión	91
<b>Fibra Óptica</b>	<b>92</b>
¿Qué es?	92
Estructura	92
Reflexión total interna	93
Coherencia e Interferencia	95
Coherencia	95
Interferencia	95
Perfiles	96
Conversores Electro-ópticos	97
Atenuación	98
Factores intrínsecos	99
Bandas de absorción	99
Dispersión cromática	99
Factores extrínsecos	99
Radiación nuclear	99
Microdeformaciones	99
Ancho de Banda	100
Tipos de Fibra Óptica	101
Monomodo	101
Multimodo de índice discreto	101
Fibra multimodo de índice gradual	101
<b>Transmisiones inalámbricas.</b>	<b>102</b>
Espectro electromagnético, principio de propagación.	102
Clasificación de las ondas de radio.	102
<b>Transmisión vía satélite</b>	<b>103</b>
Spread Spectrum (espectro ensanchado o disperso)	103
FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)	104

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	104
CDMA (Code Division Multiple Access)	105
Funcionamiento y disposición de Satélites	107
Órbita geoestacionaria (GEO)	107
Órbita media (MEO)	107
Órbita baja (LEO)	107
Banda C	108
Banda Ku	108
Banda Ka	108
Métodos de acceso al medio	108
ALOHA	109
ALOHA Ranurado	109
CSMA/CD (Acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones)	
109	
TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo)	110
FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)	111
Transmisión por medio de radioenlaces	111
Transmisión por medio de microondas.	112
<b>Wireless LAN</b>	<b>113</b>
<b>WiMAX</b>	<b>114</b>
Usos	114
<b>Unidad Nro. 4: INCONVENIENTES CON LA SEÑAL</b>	<b>116</b>
<b>Problemas en la transmisión de información</b>	<b>116</b>
Atenuación	116
Fading	116
Distorsión del retardo (Jitter)	117
Diferencia entre Jitter y Latencia	117
Ruido	117
Ruido Térmico	118
Ruido de Intermodulación	118
Diafonía	118
Ruido Impulsivo	119
Interferencia entre símbolos	120
Diagrama de ojo	120
Análisis a partir de comparación de máscara	122
Análisis de las propiedades de la señal	122
Errores en la transmisión digital	123

Detección de errores	123
<b>BER (Bit Error Rate)</b>	<b>124</b>
<b>EMI (Electromagnetic interference)</b>	<b>125</b>
Tipos	126
<b>Certificación del cableado estructurado (TSB-67)</b>	<b>127</b>
Canal (CHANNEL) y Enlace Permanente (Permanent Link)	127
Topología	128
TSB-67	129
<b>Unidad Nro. 5: ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA DE COMUNICACIONES</b>	<b>131</b>
<b>Modelo OSI</b>	<b>131</b>
Historia	131
Modelo de referencia OSI	131
Capa Física (Capa 1)	132
Codificación de la señal	133
Topología y medios compartidos	134
Equipos adicionales	134
Capa de enlace de datos (Capa 2)	135
HDLC	135
Capa de red (Capa 3)	137
Capa de transporte (Capa 4)	137
Capa de sesión (Capa 5)	138
Capa de presentación (Capa 6)	138
Capa de aplicación (Capa 7)	139
<b>Servicios Orientados a la conexión</b>	<b>140</b>
<b>Servicios No Orientados a la conexión</b>	<b>140</b>
<b>Última Milla</b>	<b>140</b>
<b>Red de Telecomunicaciones</b>	<b>141</b>
Host - Serv de proveedor de contenidos: servidores del cloud	141
Red del proveedor de contenidos - Core: red que se usa en el cloud	141
Red de transporte: la red que se conecta a la del proveedor de contenidos para llegar a nuestras casas	141
Red de acceso de última milla:	141
Terminador de red: cable por el que llega la red a casa	141
Ordenador del usuario: cliente	141
<b>Tecnología de acceso a internet Dial-up</b>	<b>141</b>

Estándares de módem dial up	142
V.32	142
V.32Bis	142
V.34	142
V.90	142
V.92	142
Tecnologías	142
xDSL	142
Primera generación xDSL	143
Evolución de ADSL	143
ADSL orientados a servicios corporativos	143
Características de ADSL	143
Distribución del espectro ADSL	144
Componentes de un sistema básico ADSL	144
Conexión local de usuario	145
Interacción entre las redes de comunicación	146
Topología completa de la red ADSL	146
<b>Conexión entre DSLAMS y BAS.</b>	<b>147</b>
Subtending (cascada)	147
ATM(Asynchronous transfer mode) sobre ADSL	147
Ventajas de ADSL	147
Ventajas de ATM + ADSL	147
Capacidad de transporte del sistema ADSL	148
Protocolos usados en ADSL	148
¿Qué protocolo de capa de enlace usa ADSL?	149
Validación de usuarios / Radius	149
Funcionamiento del Splitter	149
DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)	149
Distintos tipos de módems ADSL	150
<b>Arquitectura de un nodo ATM</b>	<b>151</b>
<b>Sistemas de modulación para xDSL</b>	<b>152</b>
DMT en ADSL	152
Diagrama interno de un modem	152
Bit Swapping	152
Interleaving	152
Canal de transmisión, ruido y MER.	153
Establecimiento de enlace en ADSL	153

Tecnologías VDSL y VDSL2 - segunda generación de xDSL	154
<b>Acceso a internet sobre redes HFC de CATV.</b>	<b>156</b>
<b>La red CATV.</b>	<b>156</b>
<b>Servicios de la red CATV.</b>	<b>157</b>
<b>Redes HFC.</b>	<b>157</b>
Cabeza de red	157
Canal de retorno	158
Red troncal	160
Red de distribución	160
Red de acometida de los #abonados	161
<b>Parámetros de calidad en redes HFC.</b>	<b>162</b>
Dispositivos de una red HFC de CATV	163
Cable módem (Módem de cable)	163
Generación de TS (Transport Stream)	163
<b>Arquitectura del cable modem</b>	<b>165</b>
Sintonizador	165
Demodulador QAM	165
Modulador de ráfagas QPSK	166
MAC	166
Interfaz adaptadora de comunicación	166
CPU	166
<b>Conexión típica de un cable modem externo</b>	<b>166</b>
<b>Equipamiento de red CATV</b>	<b>166</b>
CMTS (Cable Modem Termination System)	167
<b>LiFi</b>	<b>168</b>
<b>3G</b>	<b>169</b>
<b>4G o LTE</b>	<b>169</b>
<b>5G</b>	<b>170</b>
<b>Problemas comunes que no son “prácticos” tal cual pero toman en el práctico y se resuelven teóricamente</b>	<b>173</b>
El carrito de miralles	173
El gráfico de impresora	175
Cascada de USBs	181
Ejercicios de Potencia en circuitos y DB	191
Análisis de Fourier:	194
Ejercicio de conexión mínimo de DB-25 o DB-9	198



## Usar estos títulos para que el índice quede ordenado

Título para temas grandes

Título para subtemas

Título para ítems tranqui

Título para cosas chiquititas

## Introducción

Este resumen lo hago después de que me claven dos veces por cosas teóricas que debería saber pero después de fumarme 3 resumenes (pq la bibliografía de la cátedra te la debo xd) de distintas personas no supe cuando me tomaron. Este resumen lo voy a hacer contra la modalidad 2021 (si es que algún día estos viejos putos la suben) y voy a tratar de quede lo mas completo posible para no tener que volver a rendir esta materia nefasta de nuevo y para que si alguien mas lo usa, no se coma el nabo terrorista lleno de ladillas del puto de mira\*\*\*s o se tenga que fumar al enano puto virgen de g\*\*ppo.

Esta materia está mal dada, esta vieja, los profes son malos profes y algunos hasta malos profesionales y personas así que la única forma de no depender de la suerte es saber más que ellos (no muy difícil btw, no leen un libro desde el 2004 si dan adsl todavía).

A continuación está la modalidad académica a modo de guía para saber si están todos los temas pero los temas se van a ordenar según la frecuencia con la que son tomados (a menos que te toque miralles, si te toca miralles te toma ultima milla).

## **Modalidad**

### **Unidad Nro. 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES**

- Física de las comunicaciones. Nociones y conceptos de electricidad y su incidencia en la transmisión de datos.
- Bases teóricas para la transmisión de datos.
- Modelo genérico de un sistema de comunicación. Diferencia entre sistema y servicio.
- Teoría de la información. Principios. Información mutua. Información promedio (Entropía).
- Conceptos de codificación para la mejora en la transmisión de información.
- Relación entre la capacidad del Canal y el ancho de banda.
- Filtros.
- Medidas de la capacidad de los canales. Relación Señal/Ruido.
- Ley de Shannon-Hartley.
- Unidades de Medidas. Conceptos de decibel (dB).
- Diferencia entre bps y baudio.
- Limitaciones de los medios de comunicación.
- Distintas formas de transmisión de datos

### **Unidad Nro. 2: MODOS DE TRANSMISIÓN**

- Transmisión analógica y digital.
- Transmisión asincrónica y sincrónica.
- Los puertos de conexión. Interfaces de conexión. RS232C, Centronics, X.21, USB, PON.
- Transmisión serie y paralelo.
- Multiplexación y Conversión de la señal.
- Modulación analógica: de amplitud, de frecuencia y de fase.
- Modulación digital: de amplitud (ASK), de frecuencia (FSK), de fase (PSK) y en cuadratura (QAM).
- Transmisión en Banda Base. Códigos unipolares, bipolares, n-polares. Análisis y espectro de un tren de pulsos.
- Digitalización de la Señal. Codificación. PCM. Tramas T1 y E1. TDM. Ejemplos.

### **Unidad Nro. 3: MEDIOS DE TRANSMISIÓN**

- Distintos medios físicos de transmisión.
- Par telefónico. Limitaciones del par telefónico.
- UTP (Pares trenzados): Normas EIA/TIA.
- Cableado Estructurado.
- Cable coaxial.
- Fibras ópticas. Principios de transmisión de la señal óptica. Estructura del conductor.
- Ventanas para comunicaciones. Perfiles del conductor de fibra óptica.
- Apertura numérica. Modos. Fibras multimodo y monomodo. Principios de fabricación.

- Transmisiones inalámbricas. Espectro electromagnético, principio de propagación.
- Espectro electromagnético de radiofrecuencias.
- Clasificación de las ondas de radiocomunicaciones: HF, VHF, UHF.
- Microondas. Transmisión por medio de radioenlaces y microondas.
- Spread spectrum.
- Tecnologías de acceso; Distintas técnicas; ALOHA, TDMA, FDMA, CDMA, OFDMA.
- Sistemas de Telefonía celular.
- Transmisión vía satélite; Distintas bandas de transmisión: Banda C, Banda Ka, Banda Ku.
- Cobertura del satélite.
- Transmisión en Sistema Wireless Lan, Wimax.

#### **Unidad Nro. 4: INCONVENIENTES CON LA SEÑAL**

- Problemas en la transmisión de información.
- Atenuación, Fading.
- Ruido. Distintos tipos. Atenuación. Distorsión. Paradifonía. NEXT. FEXT, ACR, etc.
- Desfasaje. Jitter. Interferencia entre símbolos.
- Detección de errores. BER.
- Interferencias electromagnéticas (EMI).
- Problemas en la transmisión digital.
- Normalización y Certificación en Cableado Estructurado.
- Diagrama de ojo.

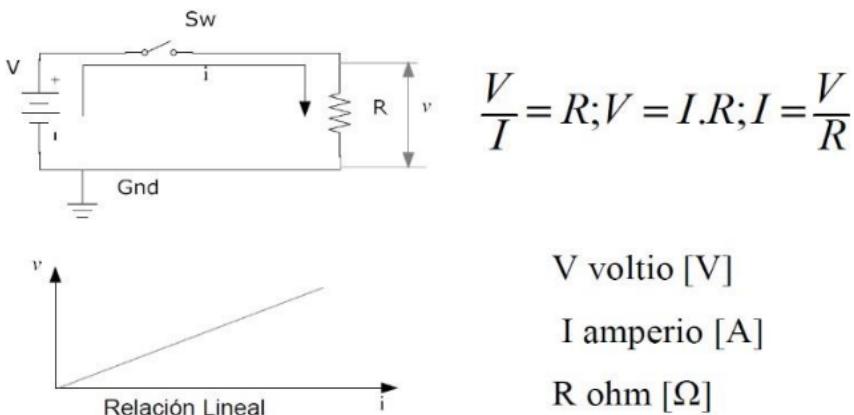
#### **Unidad Nro. 5: ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA DE COMUNICACIONES**

- Arquitectura de los sistemas abiertos. Jerarquía de protocolos. Problemas de diseños para las capas. Modelo de referencia OSI. Funciones de cada capa.
- Transmisión de datos según el modelo OSI.
- Servicios. Orientados a conexión y no orientados a conexión.
- Comutación de circuitos, tramas, paquetes, celdas. Sistema Telefónico, PSTN
- Topología FÍSICA.
- Tecnologías de conexión a Internet: Dial Up, xDSLx, CATV/HFC, Wimax, LiFi, 3G, 4G, 5G.
- Dispositivos: Módem, Cable Módem (ésto no es un cable que hace de modem, es un módem de cable). Aplicación a la transmisión de datos. Estándares y Recomendaciones

# Unidad Nro. 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES

## Física de las comunicaciones

### Relación entre V e I - Ley de Ohm



Ley básica de los circuitos eléctricos. La **diferencia de potencial  $V$**  que se aplica entre los extremos de un conductor, es proporcional a la **intensidad de corriente  $I$**  que circula por el mismo. Ohm completó la ley introduciendo la **resistencia eléctrica  $R$** , que es el factor de proporcionalidad en la relación entre  $V$  e  $I$ . Sus unidades son Voltios (V), Ohmios (R), y Amperios (I).

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

$\rho$  resistividad  
 $l$  longitud  
 $S$  superficie

La **resistencia** se define como la oposición que ofrece el circuito al paso de la corriente. La resistividad es la resistencia eléctrica específica de un determinado material y se designa con la letra rho ( $\rho$ ). Un valor alto de resistividad se refiere a un material que es mal conductor, mientras que un valor bajo, lo contrario. Es la inversa de la conductividad.

La conductividad es la medida de la capacidad de un material para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él. Depende de la estructura atómica y molecular del material.

### Comunicaciones digitales: Un modelo eléctrico

Potencia Eléctrica  $P$  vatio [W]

$$P = VI \quad P = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$

La **potencia eléctrica** es la proporción por unidad de tiempo, o ritmo, con la cual la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico. Es decir, la cantidad de energía eléctrica

entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado, esta potencia es proporcional al alcance de la señal.

Podemos hablar de potencia instantánea y potencia media:

- **Potencia instantánea:** potencia absorbida por un elemento en cualquier instante de tiempo, donde esta va a estar dada por el producto del voltaje y la corriente instantáneas, que pasan por dicho elemento.
- **Potencia media:** resultado de medir la potencia derivándola de un valor RMS de voltaje o de corriente.

○ RMS: El concepto de valor eficaz se utiliza especialmente para estudiar las formas de onda periódicas, a pesar de ser aplicable a todas las formas de onda, constantes o no.

Por medio de la potencia podemos definir la atenuación en una comunicación. Esto es, se denomina atenuación de una señal (acústica, eléctrica, óptica) a la pérdida de potencia sufrida por la misma al transitar cualquier medio de transmisión. Sin embargo, la atenuación no suele expresarse como diferencia de potencias sino en unidades logarítmicas como el decibelio para facilitar los cálculos.

*"Si introducimos una señal eléctrica con una potencia P2 en un circuito pasivo, como puede ser un cable, esta sufrirá una atenuación y al final de dicho circuito obtendremos una potencia P1. La atenuación ( $\alpha$ ) será igual a la diferencia entre ambas potencias."*

Por otro lado, llamamos **corriente alterna**, a la corriente eléctrica en la que la magnitud y el sentido varían cíclicamente.

La forma de oscilación de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la oscilación senoidal con la que se consigue una transmisión más eficiente de la energía, a tal punto que al hablar de corriente alterna se sobreentiende que se refiere a la corriente alterna senoidal. Utilizada genéricamente, la corriente alterna se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares y a las industrias. Sin embargo, las señales de audio y de radio transmitidas por los cables eléctricos, son también ejemplos de corriente alterna. En estos usos, el fin más importante suele ser la transmisión y recuperación de la información codificada (o modulada) sobre la señal de la corriente alterna.

## Tipos de circuitos

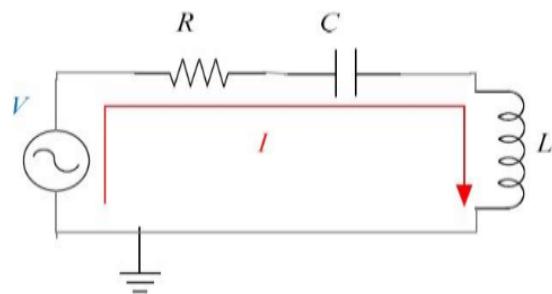
### Circuito RC (carga capacitiva)

Compuesto de Resistencias y Condensadores (capacitores para los panas). **Se usan para filtrar una señal alterna, al bloquear ciertas frecuencias y dejar pasar otras.** Los filtros RC más comunes son el paso alto, paso bajo, paso banda y de rechazo de banda. Una característica de estos circuitos es que son sistemas lineales e invariantes en el tiempo.

### Círculo RL (carga inductiva)

Contiene una resistencia y una **bobina** (inductancia) en serie. La bobina se opone transitoriamente al establecimiento de una corriente en el circuito. Surge el concepto de inductancia, es decir, **la medida de la oposición a un cambio de corriente de un inductor o bobina que almacena energía en presencia de un campo magnético**. Se define como la relación entre el flujo magnético y la intensidad de corriente eléctrica que circula por la bobina y el número de vueltas (N). Depende de las características físicas del conductor y la longitud de este.

### Impedancia



$$\frac{V}{I} = Z$$

$$Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

La **impedancia** ( $Z$ ) es una medida de **oposición** que presenta un circuito a una corriente cuando se aplica una tensión. Extiende el concepto de resistencia a los circuitos de corriente alterna y **posee magnitud y fase**, a diferencia de la resistencia que solo tiene magnitud. Cuando un circuito es alimentado con corriente continua, su impedancia es igual a la resistencia, lo que se puede interpretar también como una impedancia con ángulo de fase 0. Se denomina impedancia característica de una línea de transmisión a la relación existente entre la diferencia de potencial aplicada y la corriente absorbida por la línea en el caso hipotético de que esta tenga una longitud infinita, o cuando aún siendo finita no existen reflexiones.

Para la impedancia utilizamos una variable compleja, ya que representamos la componente real (resistencia - dominio del tiempo) y la componente imaginaria (reactancia - dominio de la frecuencia).

$$\text{Su fórmula es: } Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Por otro lado la Reactancia, es igual a la reactancia inductiva ( $\omega \cdot L$ ) menos la reactancia capacitiva, es decir, la energía que se acumula ( $1/\omega C$ ).

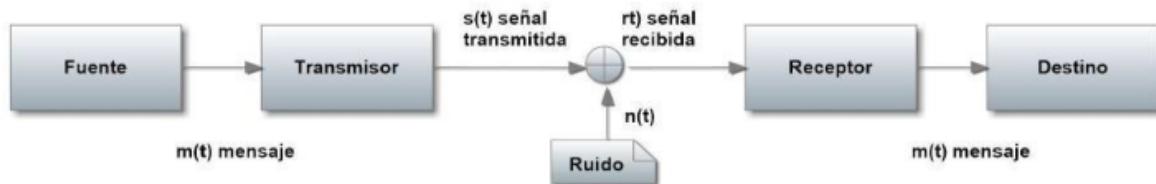
Los aspectos inductivos y capacitivos van a depender de la longitud de onda de la señal que se inyecte respecto a la que presente el cable por el que viaja. Para que no presente

estos aspectos, la longitud de onda de la señal debe ser MAYOR a la del cable, en este caso, solo presentará Resistencia, pero no inductancia ni capacitancia.

La impedancia característica se calcula por tablas, depende de las dimensiones físicas de la línea.

La impedancia de carga (oposición al paso de CC/CA) tiene que ser igual a la impedancia característica para no aumentar la atenuación con ondas estacionarias.

## Modelo genérico de un sistema de comunicación



- **Fuente:** módulo generador de mensajes.
- **Transmisor:** es el que toma el mensaje y genera la señal.
- **Señal:** es el sustrato físico del mensaje, es cualquier magnitud que podamos medir y que contiene información sobre el comportamiento o la naturaleza de algún fenómeno.
- **Receptor:** es tarea de este entregar el mensaje que se generó en la fuente.
- **Canal:** medio de transmisión del mensaje, por dónde se envía el mismo.
- **Ruido:** es aquello que deforma el mensaje, toda señal no deseada, el ruido es aditivo, es decir, se suma a la señal.

## Bases teóricas para la transmisión de datos

### **Bases Teóricas para la Transmisión de datos**

Las **señales periódicas** son el tipo de señales más sencillas que se puede considerar; se caracterizan por contener un **patrón** que se repite a lo largo del tiempo. Pueden existir señales periódicas **continuas** (una onda sinusoidal) o **discretas** (una onda cuadrada).

La onda seno es una de las señales periódicas más comunes. Una onda seno genérica se representa mediante tres parámetros: la amplitud (A), la frecuencia (f) y la fase (h).

Para transmitir información siempre me convienen **señales no periódicas** para transportar datos porque transportan más información por la probabilidad de ocurrencia de los pulsos. La info es inversamente proporcional a la probabilidad, si fuera periódica transportaría menos información.

La **amplitud** de pico es el valor máximo de la señal en el tiempo; normalmente, este valor se mide en voltios.

La **frecuencia** es la razón (en ciclos por segundo o Hertz [Hz]) a la que la señal se repite. Un parámetro equivalente es el periodo (T), definido como la cantidad de tiempo transcurrido entre dos repeticiones consecutivas de la señal; por tanto, se verifica que  $T = 1/f$ .

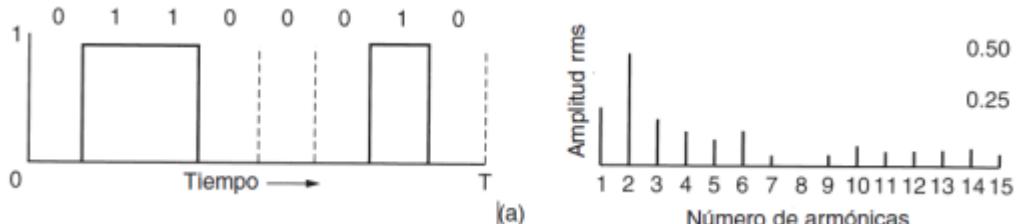
La **fase** es una medida de la posición relativa de la señal dentro de un periodo de la misma.

### **Señales de ancho de banda limitado**

La relevancia de todo esto para la comunicación de datos es que los canales reales afectan a las distintas señales de frecuencia de manera diferente.

Consideremos un ejemplo específico: la transmisión del carácter ASCII “b” codificado en un

byte el cual es **01100010**. La siguiente imagen muestra la salida de voltaje producido por la computadora transmisora, y en el lado derecho se muestran las amplitudes de raíz cuadrada media para los primeros términos,  $\sqrt{a_n^2 + b_n^2}$  donde  $a_n$  y  $b_n$  son obtenidos mediante el análisis de Fourier.



Ninguna instalación transmisora puede transmitir señales sin perder cierta potencia en el proceso. Si todos los componentes de Fourier disminuyeran en la misma proporción, la señal resultante se reduciría en amplitud, pero no se distorsionaría. Desgraciadamente, todas las instalaciones de transmisión disminuyen los distintos componentes de Fourier en diferente grado, lo que provoca distorsión. Por lo general, las amplitudes se transmiten sin ninguna disminución desde 0 hasta cierta frecuencia  $f_c$  [medida en ciclos/seg o Hertz (Hz)], y todas las frecuencias que se encuentren por arriba de esta frecuencia de corte serán atenuadas. **El rango de frecuencias que se transmiten sin atenuarse con fuerza se conoce como ancho de banda (o ancho de banda relativo).** En la práctica, el corte en realidad no es abrupto, por lo que con frecuencia el ancho de banda ofrecido va desde 0 hasta la frecuencia en la que el valor de la amplitud es atenuado a la mitad de su valor original. **El ancho de banda** es una propiedad física del medio de transmisión y por lo general depende de la construcción, por ejemplo: grosor y longitud de dicho medio. Las señales que van desde cero hasta una frecuencia máxima se llaman **señales de banda base**. Las que se desplazan para ocupar un rango de frecuencias más altas, como es el caso de todas las transmisiones inalámbricas, se llaman **señales de pasa-banda**.

El ancho de banda tiene dos significados según el aspecto que se lo mire, en un lado está el **ancho de banda analógico** que es el antes descrito, una cantidad medida en Hz. Por otro lado y referido a las computadoras, se encuentra el **ancho de banda digital**, que es la tasa de datos máxima de un canal, medida en bits/segundo. Esa tasa de datos es el resultado final de usar el ancho de banda analógico de un canal físico para transmisión digital, y ambos están relacionados.

### Análisis de una señal periódica mediante la serie de Fourier

El análisis de Fourier nos permite expresar señales periódicas como una suma infinita de senos y cosenos, es decir, **nos permite pasar del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia siempre y cuando sean periódicas**. Facilita el trabajo del manejo con señales, ya

que para poder procesar estas señales es necesario expresarlas como una combinación lineal de términos, lo cual nos lo proporciona la serie y la transformada de Fourier.

Es decir, su objetivo es permitir representar una señal continua en una suma de senos y cosenos, permitiendo elegir solo senos o solo cosenos, o ambos, este modelo busca adaptar las señales para poder manejarla con sus parámetros

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

Donde  $f = \frac{1}{T}$  es la frecuencia fundamental, a los múltiplos de  $f$  se los conoce como **armónicos**.  $a_n$  y  $b_n$  son las amplitudes de seno y coseno del  $n$ -ésimo armónico (término) y  $c$  es una constante. A dicha descomposición se la denomina **Serie de Fourier**. Si  $c$  es distinto de 0, la señal  $g(t)$  tiene una componente continua o dc.

Se puede reconstruir la función a partir de la serie de Fourier. Si se conoce el periodo  $T$  y se dan las amplitudes, se puede encontrar la función original del tiempo realizando las sumas de la ecuación.

### Componentes y armónicas

A la primera armónica ( $n=1$ ) se le llama la **componente fundamental** y su periodo es el mismo que el de  $f(t)$ . A la componente de frecuencia cero  $a_0$ , se le llama componente de corriente directa (cd) y corresponde al valor promedio de  $f(t)$  en cada periodo.

Los valores de los coeficientes del desarrollo en serie de Fourier se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin(2\pi n f t) dt \quad b_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi n f t) dt \quad c = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) dt$$

A medida que voy incorporando armónicas las armónicas van a ir incorporando cada vez menos energía y si quiero usar infinitas armónicas para representar la función exactamente como es, voy a toparme con la limitación de mi medio físico. Entonces nos conformamos con las armónicas que mas energía tienen porque si no necesitaría ancho de banda infinito y no existe en el mundo real eso.

### El espectro de frecuencias

Representación gráfica de la amplitud de la frecuencia medida en voltios o vatios, se caracteriza por la distribución de amplitudes para cada frecuencia de un fenómeno ondulatorio (sonoro, luminoso o electromagnético) que sea superposición de ondas de varias frecuencias. También se llama espectro de frecuencia al gráfico de intensidad frente a frecuencia de una onda particular.

### El espectro de frecuencias es una función discreta.

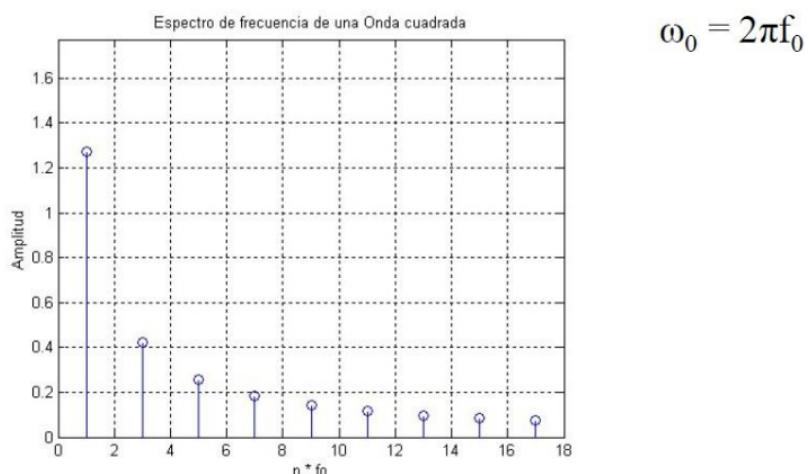
A medida que aumento el período ( $T$ ) y mantengo constante la duración del pulso, la frecuencia se hace menor, es decir, que en el dominio de la frecuencia, se aproximan las armónicas unas a otras. En el límite de cuando  $T$  tiende a infinito, tenemos un solo pulso

rectangular de duración infinita en el dominio del tiempo y la función deja de ser periódica. Por lo tanto, en el dominio de la frecuencia, cuando el pulso deja de ser periódico ( $T$  tiende a infinito), el espectro es continuo. Cuando tiende a infinito el período, pasa de la Serie de Fourier a la Transformada de Fourier.

El espectro de frecuencias de una señal **no periódica** es **continuo**.

El espectro de frecuencias de una señal **periódica** es **discreto**.

$$f(t) = \frac{4}{\pi} \left[ \sin(\omega_0 t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega_0 t) + \frac{1}{5} \sin(5\omega_0 t) + \dots \right]$$



El espectro de frecuencias de una onda periódica es un espectro **discreto o de líneas**.

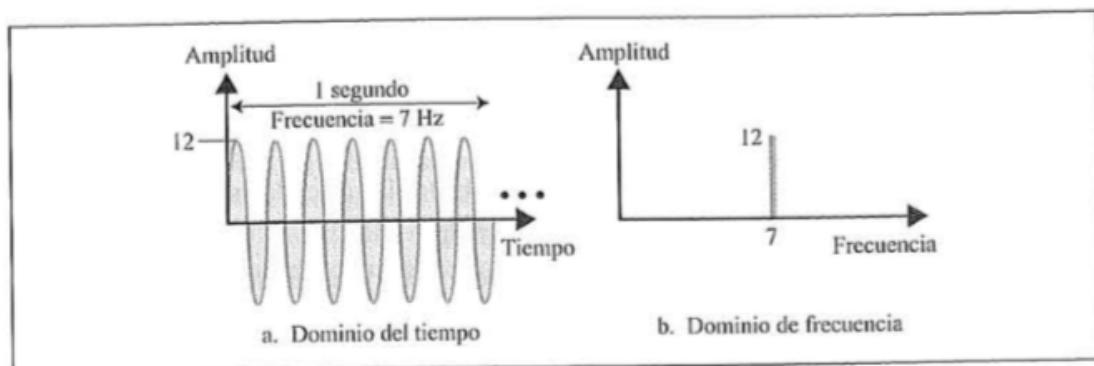
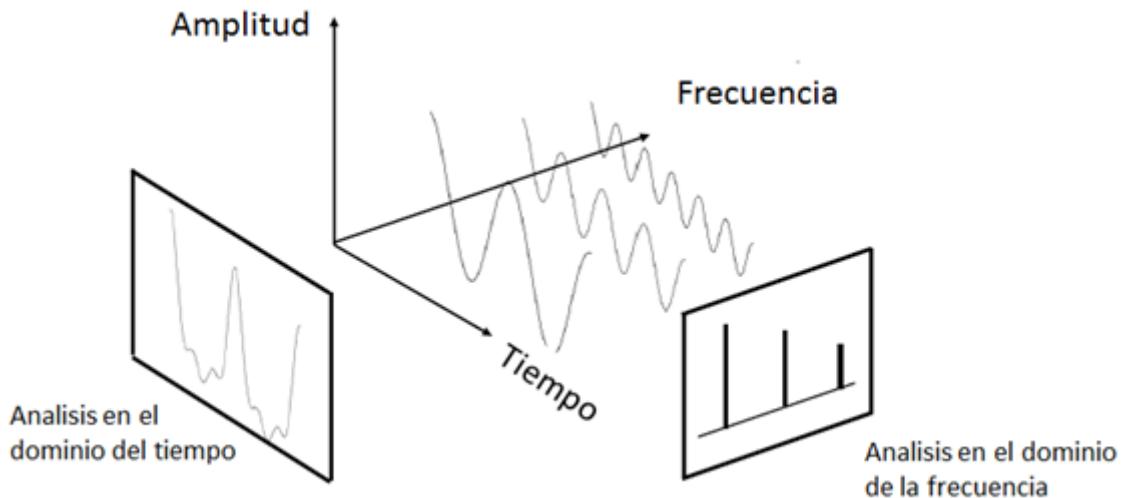


Figura 4.11. Dominios del tiempo y la frecuencia.



### La transformada de Fourier

Es una transformación matemática empleada para transformar señales entre el dominio del tiempo (o espacial) y el dominio de la frecuencia, que tiene muchas aplicaciones en la física y la ingeniería. Es reversible, siendo capaz de transformarse en cualquiera de los dominios al otro. El propio término se refiere tanto a la operación de transformación como a la función que produce.

En el caso de una función periódica en el tiempo (por ejemplo, un sonido musical continuo, pero no necesariamente sinusoidal), la transformada de Fourier se puede simplificar para el cálculo de un conjunto discreto de amplitudes complejas, llamado coeficientes de las series de Fourier. Ellos representan el espectro de frecuencia de la señal del dominio-tiempo original.

## Teoría de la información

### Principios

Cuando un mensaje (elecciones del alfabeto) es puesto en forma física para la transmisión, se convierte en una señal.

La teoría de la información trata 3 conceptos básicos que son:

- La medida de la información.
- La capacidad de un canal para transferir información.
- La codificación como un medio para utilizar el canal en su máxima capacidad.

Estos conceptos se enlazan en el **teorema fundamental de la teoría de la información**:

*"Dada una fuente de información y un canal de comunicación, existe una técnica de codificación tal que la información puede ser transmitida sobre el canal con una tasa menor*

*que la capacidad del canal y con una frecuencia arbitrariamente pequeña de errores a pesar de la presencia de ruido”.*

Lo que nos dice este teorema es que se va a utilizar la codificación para adaptar la fuente y el canal a fin de obtener una máxima transferencia de información confiable.

Observación: no es lo mismo velocidad máxima, que velocidad máxima confiable.

## Medida de la información

Es la cantidad de información que tiene un mensaje y podemos decir que está relacionada a la incertidumbre del mensaje que de su contenido o posibles interpretaciones. Los mensajes de alta probabilidad indican poca incertidumbre del usuario o poca elección en la fuente, llevando una pequeña cantidad de información, y viceversa.

Un suceso contendrá mayor cantidad de información, cuanto menor sea la probabilidad de ocurrencia del mismo.

Entonces, se puede decir que la información es función recíproca de la probabilidad:

$$I = f\left(\frac{1}{P}\right)$$

### Información mutua

En una manera más concreta: la función que la representa a la información es la FUNCIÓN LOGARITMO.

Debido a que la información a transmitir son dígitos binarios, el logaritmo que se usa es base 2 y su unidad representativa es el BIT.

$$I = \log_2\left(\frac{1}{P}\right) [Bits]$$

Sean A y B dos eventos que ocurren simultáneamente y que aportan información. La información total es la suma de las informaciones tomadas por separado:

$$I_{Total} = IA + IB = \log_2 \frac{1}{PA} + \log_2 \frac{1}{PB}$$

Si los eventos son independientes, la probabilidad de que ocurran simultáneamente es:

$$P = PA * PB$$

La base del logaritmo determina la unidad de medición:

$$I(a) = \log_2\left(\frac{1}{P}\right) [Bits]$$

$$I(a) = \log_e\left(\frac{1}{P}\right) [Nat]$$

$$I(a) = \log_{10}\left(\frac{1}{P}\right) [Hartley]$$

## Relación entre las unidades

$$1\text{Hartley} = 3,32\text{Bit}$$

$$1\text{Nat} = 1,44\text{Bit}$$

$$1\text{Hartley} = 2,30\text{Nat}$$

Cabe aclarar que si en vez de usar bits usás nats o hartleys sos un psicópata y deberías ser separado del resto de la sociedad enfermo hijo de puta.

## Diferencia entre bit y binit

La palabra dígito binario abreviada bit, aparece a causa que dos estados pueden ser representados por los dígitos binarios 0 y 1. Pero un dígito binario puede llevar más de un bit de información o menos, dependiendo de su probabilidad de ocurrencia. Por eso no es siempre correcto decir que un 1 o un 0 es un bit, pues esto se puede interpretar como su unidad de información (sólo es cierto para sucesos equiprobables). Por ejemplo:

Si

$$P_A = \frac{1}{4} \quad Y \quad P_B = \frac{3}{4}$$

Entonces:

$$I_A = \log_2 4 = 2 \text{ [bit]} \quad y \quad I_A = \log_2 \frac{4}{3} = 0,414 \text{ [bits]}$$

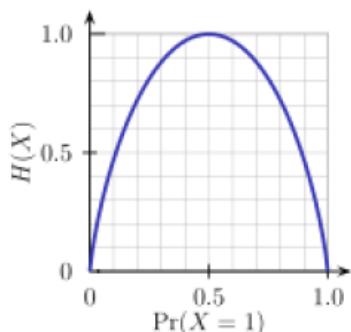
Para evitar errores de interpretación, a los dígitos binarios como elementos de mensaje se los llama binit en lugar de bits, para no confundirlos con su información asociada.

## Información promedio. Entropía

Se debe describir a la fuente en términos de la información promedio producida, conocida también como entropía de la fuente. Esta entropía se llama frecuentemente **Entropía de Shannon**.

El concepto básico de entropía en Teoría de la Información tiene mucho que ver con la incertidumbre que existe en cualquier experimento o señal aleatoria. Es también la cantidad de "Ruido" o "desorden" que contiene o libera un sistema. De esta forma, podremos hablar de la cantidad de información que lleva una señal.

**Primera definición:** Entropía de una fuente de datos es la información promedio contenida en un flujo de datos.



Si X puede tener valores entre 0 y 1, la entropía de X se define como:

$$H(X) = - [ \Pr(X=0) \log_2 \Pr(X=0) ] - [ \Pr(X=1) \log_2 \Pr(X=1) ]$$

Shannon ofrece una definición de entropía que satisface las siguientes afirmaciones:

- La medida de información debe ser proporcional (continua). Es decir, el cambio pequeño en una de las probabilidades de aparición de uno de los elementos de la señal debe cambiar poco la entropía.
- Si todos los elementos de la señal son equiprobables a la hora de aparecer, entonces, la entropía será máxima.

### Definición formal

La entropía nos indica el límite teórico para la compresión de datos. También es una medida de la información contenida en el mensaje.

Su cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$H(x) = \sum_{i=1}^n p(i) \log \left( \frac{1}{p(i)} \right).$$

donde H es la ENTROPÍA, las p son las PROBABILIDADES de que aparezcan los diferentes códigos y n el número total de códigos.

Si nos referimos a un sistema, las p se refieren a las probabilidades de que se encuentre en un determinado estado y n el número total de posibles estados.

Se utiliza habitualmente el logaritmo en base 2, y entonces la entropía se mide en bits.

### Información mutua

Consideremos una fuente que produce varios mensajes. Sea uno de los mensajes A y  $P_A$  la probabilidad que sea elegido para su transmisión. Entonces:

$$I_A = f(P_A)$$

Donde la función  $f(P_A)$  debe ser determinada. Para encontrar dicha función es intuitivo suponer que los siguientes requerimientos sean impuestos:

$$f(P_A) \geq 0 \text{ donde } 0 \leq P_A \leq 1 \quad (1)$$

$$\lim_{P_A \rightarrow 1} f(P_A) = 0 \quad (2)$$

$$f(P_A) > f(P_B) \text{ para } P_A < P_B \quad (3)$$

Si dos mensajes A y B son entregados desde la misma fuente, podemos hablar de un mensaje compuesto C, tal que:

C = AB, Si A y B son estadísticamente independientes,  $P_C = P_A \cdot P_B$  y  $I_C = f(P_A \cdot P_B)$  y como la información recibida es :

$$I_C = I_A + I_B = f(P_A) + f(P_B), \text{ luego: } f(P_A \cdot P_B) = f(P_A) + f(P_B)$$

Que es el requerimiento para  $f(P_B)$ .

Hay una sola función que satisface todas las condiciones antes vistas, y es la función logarítmica.

$$f(x) = \log_b(x)$$

Donde b es la base del logaritmo. Así la información mutua es definida como:

$$I_A = \log_b \frac{1}{P_A}$$

Como  $0 <= P_A <= 1$  el logaritmo es positivo, como se desea (eia).

Especificando ahora la base b del logaritmo seleccionamos la unidad de información.

Si b = 2 su unidad de información se denomina [bit]

Si b = 10 su unidad de información se denomina [hartley]

Si b = e su unidad de información se denomina [nat]

## Ancho de banda y Capacidad del canal

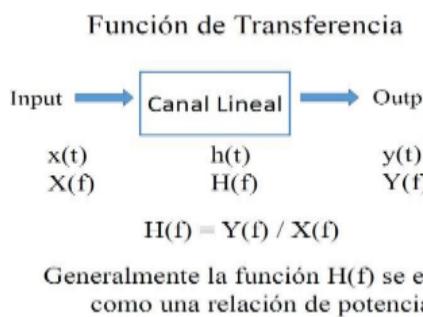
### Filtros

Cuando una señal de datos binaria atraviesa el canal de transmisión, el mismo se comporta como un filtro y bloquea o modifica la amplitud o la fase de determinadas componentes de la señal.

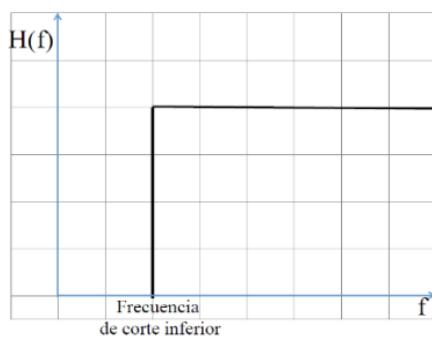
Si dejamos pasar las frecuencias desde cero hasta una frecuencia máxima hablamos de un **filtro pasabajos**.

Si dejamos pasar las frecuencias desde una frecuencia mínima distinta de cero hasta una frecuencia máxima hablamos de un **filtro pasabanda**.

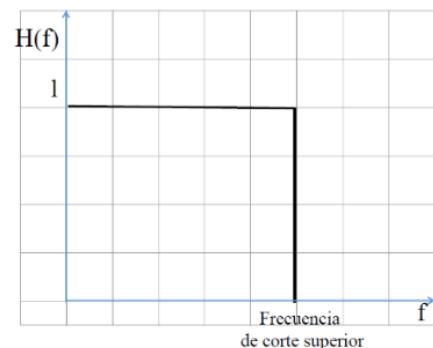
Si dejamos pasar las frecuencias desde una frecuencia mínima distinta de cero hasta infinito un **filtro pasa altos**.



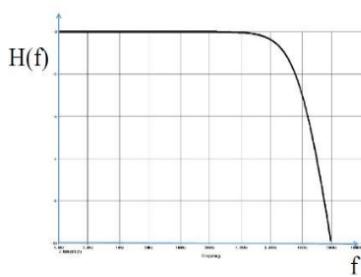
Filtro Pasaaltos Ideal



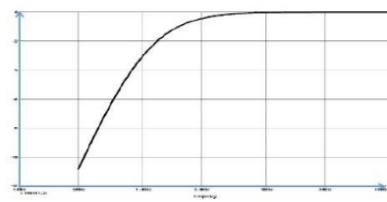
Filtro Pasabajos Ideal



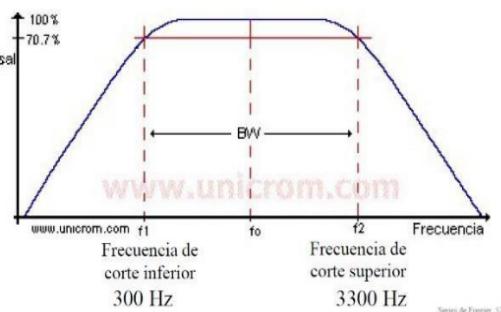
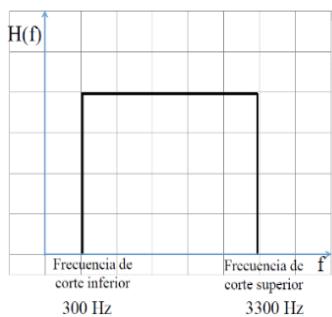
Filtros Pasabajos



Filtros Pasa altos



Filtro Pasabanda Ideal



## Relación Señal-Ruido

La relación señal ruido (SNR o S/R) es una medida que define la relación entre la potencia de una señal con la potencia del ruido que la corrompe. En términos menos técnicos, la relación señal ruido compara el nivel de una deseada señal con el nivel del ruido de fondo. Cuanto más alta es la relación, menos molesto es el ruido de fondo.

- $S$  = Potencia promedio de la señal en watts
- $N$  = Potencia promedio del ruido en watts

$$\begin{aligned} S/N &= \frac{S}{N} \\ (S/N)_{\text{dB}} &= 10 \log(S/N) \\ (S/N)_{\text{dB}} &= S(\text{dBx}) - N(\text{dBx}) \end{aligned}$$

## Decibel (dB)

Un parámetro importante en cualquier sistema de transmisión es la energía de la señal transmitida. Al propagarse la señal en el medio habrá una pérdida, o atenuación, de energía de la señal. Para compensar este hecho es necesario introducir amplificadores cada cierta distancia que restituyan la energía de la señal. Los valores de ganancias, pérdidas y, en general, de todas las magnitudes relativas se suelen expresar en decibelios.

El decibelio es una medida del cociente o proporción entre dos niveles de la señal (no es una unidad de medida). En realidad, la unidad es el bel (o belio) de símbolo B, pero dada la amplitud de los campos que se miden en la práctica, se utiliza su submúltiplo, el decibelio. Es una expresión logarítmica, adimensional y matemáticamente escalar. Ni el bel, ni el decibel son unidades del Sistema internacional de unidades.

Donde:

$$G_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{entrada}}} \quad \begin{aligned} N_{\text{dB}} &= \text{número de decibelios.} \\ P_{\text{entrada}} &= \text{potencia de entrada.} \\ P_{\text{salida}} &= \text{potencia de salida.} \\ \log_{10} &= \text{logaritmo en base 10.} \end{aligned}$$

Si un valor G dB es positivo, corresponde en realidad a una ganancia en potencia. Por ejemplo, una ganancia de 3 dB significa que la potencia se ha doblado. Si el valor de G dB es negativo, en realidad implica una pérdida de potencia. Por ejemplo, una ganancia de -3 dB, significa que la potencia se ha dividido por la mitad, es decir, es una pérdida de potencia (atenuación).

Las ventajas de especificar relaciones de potencias o de tensiones en unidades de decibeles incluye:

1. Pueden emplearse para describir el rendimiento independientemente del voltaje o potencia de operación de una aplicación.
2. Se calcula en una escala logarítmica que permite la especificación del rendimiento a través de un amplio rango de voltaje/potencia.
3. Pueden sumarse o restarse facilitando los cálculos y soluciones gráficas.

Ganancia de Potencia.  $P_2 > P_1$

• Absoluta:

$$G = \frac{P_2}{P_1}$$

• en decibeles :

$$G_{\text{dB}} = 10 \log G = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

Pérdida de Potencia.  $P_2 < P_1$

• Absoluta:

$$L = \frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{G}$$

• En decibel :

$$L_{\text{dB}} = 10 \log L = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

$$L_{\text{dB}} = -G_{\text{dB}}$$

### Conversión de Decibel a Ganancia Absoluta

• Dato:  $G_{\text{dB}} = 10 \log G$

• Dividir por 10  $\frac{G_{\text{dB}}}{10} = \log G$

• Elevar a la 10  $G = 10^{G_{\text{dB}}/10}$

• Para la pérdida  $L = 10^{L_{\text{dB}}/10}$

### El Decibel como relación de Tensión

- Asumimos una resistencia  $R$  a la entrada y a la salida del circuito.

$$G_{\text{dB}} = 10 \log \frac{V_2^2/R}{V_1^2/R} = 10 \log \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^2 = 20 \log \frac{V_2}{V_1}$$

Sea  $V_2/V_1$  = ganancia de voltaje =  $A_v$

$$G_{\text{dB}} = 20 \log A_v \quad A_v = 10^{G_{\text{dB}}/20}$$

## Diferencia entre bps y baudios

En el dominio de las señales digitales o discretas, denominamos **símbolo** a la forma de onda o a la forma de la señal que representa la información.

Cada símbolo está caracterizado por una amplitud y un tiempo de duración ( $\tau$ ), los símbolos básicamente van a ser **pulsos** desde el punto de vista discreto.

De la Teoría de la Información surge que la cantidad de información que transporta un símbolo depende de las probabilidades de ocurrencia de este.

### Velocidad de transmisión (bit rate) o Tasa de información

Denominamos velocidad de transmisión y la denotaremos con la letra "R", a la cantidad de información transmitida en un segundo. Su unidad de medida es bps [bit/segundo].

Define el número de bits que se transmiten por unidad de tiempo a través de un sistema de transmisión digital o entre dos dispositivos digitales. Así pues, el bitrate es la velocidad de transferencia de datos.

### Velocidad de señalización (Baud rate)

Velocidad de cambio de la señal (cuán rápido cambia la señal), la denotaremos con la letra "r" y será igual al inverso de la duración del símbolo más corto ( $r = 1/\tau$  [Baudios]). Su unidad de medida es el **baudio** o símbolo/seg.

Representa el número de cambios de estado, o eventos de señalización, que la señal tiene en un segundo. Cada evento de señalización transmitido puede transportar uno o más bits.

Sólo cuando cada evento de señalización transporta un solo bit coinciden la velocidad de transmisión de datos en baudios y en bits por segundo.

La velocidad de transferencia de datos puede ser constante o variable:

1. **CBR (bit rate constante):** Aplica una cuantificación uniforme, por lo que no tiene en cuenta si en la señal hay zonas con mayor o menor densidad de información, sino que cuantifica toda la señal por igual.

2. **VBR (bit rate variable):** Aplica una cuantificación no uniforme que sí que hace diferenciación entre las zonas con mayor o menor densidad de información, por lo que la cuantificación resulta más eficaz.

En transmisiones digitales ocurre lo siguiente: la información digital, codificada en bits, normalmente no se puede enviar por el medio de transmisión directamente (por ejemplo asociando un nivel eléctrico al 1 y al 0, típicamente 5V y 0V respectivamente) debido a que los medios de transmisión suelen estar limitados en banda, esto es, que solo dejan pasar las componentes frecuenciales de una señal que se encuentren en un rango determinado de frecuencias, por ejemplo, entre 1KHZ y 4KHz.

Ocurre que al codificar los bits como un nivel eléctrico, la señal sufre transiciones muy rápidas, lo que genera frecuencias muy altas. Por ejemplo, si se quiere transmitir un 1 y después un 0, hay que pasar de 5V a 0V inmediatamente.

Una forma de solucionar esto es codificando los bits de otra forma, por ejemplo, asociando cada bit a una señal que si admite el medio, como por ejemplo, senos y cosenos; si el medio limita a señales que se encuentren en el rango de 1Khz y 4 Khz, podemos transmitir una señal sinusoidal de 2 KHz para expresar un 1 y otra de 3 KHz para expresar un 0, lo que sería una forma primitiva de modulación FSK.

Estas señales tienen un tiempo de duración comúnmente llamado tiempo de símbolo T, de modo que cada T segundos se transmite una de las 2 señales. Como cada señal codifica 1 bit, cada T segundos se transmite 1 bit, luego la tasa de bit es  $1/T$  bps (bits por segundo), que en este caso coincide con los baudios.

El bitrate o tasa de bits, es el número de bits que se transmiten en un tiempo T y se calcula como  $R_b = 2^n / T$  bps

#### **Relación que existe entre la velocidad de transmisión y la velocidad de señalización:**

$R = r \cdot \log_2 M$  [bps] ; M = cantidad de niveles de tensión.

Si M = 2 (caso binario) , entonces:  $R = r$  (numéricamente).

Si deseo transmitir rápido a elevadas velocidades de transmisión requiero elevadas velocidades de señalización y el canal me lo debe permitir, si tengo velocidad de cambio rápido necesito frecuencias altas, generalmente si aumento la velocidad de transmisión aumento la velocidad de señalización y eso va a hacer que aumente el ancho de banda.

## Teorema de Shannon-Hartley

Considerando todas las posibles técnicas de codificación de niveles múltiples y polifásicas, el teorema de Shannon-Hartley indica que la capacidad del canal C es:

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

donde:

- **B** es el ancho de banda del canal en Hertz.
- **C** es la capacidad del canal (tasa de bits de información bit/s)
- **S** es la potencia de la señal útil, que puede estar expresada en vatios, milivatios, etc., (W, mW, etc.)
- **N** es la potencia del ruido presente en el canal, (mW, etc.) que trata de enmascarar a la señal útil.

## Desarrollo

### Tasa de Nyquist

Nyquist determinó que el número de pulsos independientes que podían pasar a través de un canal de telégrafo, por unidad de tiempo, estaba limitado a dos veces el ancho de banda del canal.

$$f_p \geq 2B$$

### Ley de Hartley

Hartley formuló una manera de cuantificar la información y su tasa de transmisión a través de un canal de comunicaciones. Este método, conocido más adelante como ley de Hartley, se convirtió en un importante precursor para la sofisticada noción de capacidad de un canal, formulada por Shannon.

Hartley indicó que el número máximo de pulsos distintos que se pueden transmitir y recibir, de manera fiable, sobre un canal de comunicaciones está limitado por el **rango dinámico** de la amplitud de la señal y de la precisión con la cual el receptor puede distinguir distintos niveles de amplitud.

De manera específica, si la amplitud de la señal transmitida se restringe al rango de  $[-A \dots +A]$  voltios, y la precisión del receptor es  $\pm \Delta V$  voltios, entonces el número máximos de pulsos distintos **M** está dado por:

$$M = 1 + \frac{A}{\Delta V}$$

Tomando la información para ser el logaritmo del número de los mensajes distintos que podrían ser enviados, Hartley después construyó una medida de la información

proporcional al ancho de banda del canal y a la duración de su uso. A veces sólo se habla de dicha proporcionalidad cuando se cita a la ley de Hartley.

Posteriormente, Hartley combinó la observación de Nyquist y su propia cuantificación de la calidad o ruido de un canal en términos del número de niveles de pulso que podían ser distinguidos, de manera fiable y denotados por M, para llegar a una medida cuantitativa de la tasa de información que se puede obtener.

La ley de Hartley se explica, cuantitativamente, de manera usual, como la tasa de información alcanzable de R bits por segundo, (b/s):

$$R = 2B \log_2(M)$$

Hartley no resolvió, de manera precisa cómo el parámetro M debe depender de las estadísticas de ruido del canal, o cómo la comunicación podía ser fiable incluso cuando los pulsos individuales correspondientes a símbolos no se pudieran distinguir, de manera fiable, de los niveles de M; con las estadísticas del ruido gaussiano.

Los diseñadores de sistemas tienen que elegir un valor muy conservador de M para alcanzar la mínima tasa de error.

### **Teorema de codificación de canales con ruido y capacidad**

El teorema de Shannon demuestra cómo calcular la capacidad de un canal sobre una descripción estadística del canal y establece que, dado un canal con ruido con capacidad C e información transmitida en una tasa R, entonces si

$$R < C$$

Existe una técnica de codificación que permite que la probabilidad de error en el receptor se haga arbitrariamente pequeña. Esto significa que, teóricamente, es posible transmitir información casi sin error hasta un límite cercano a C bits por segundo.

El inverso también es importante. Si

$$R > C$$

La probabilidad del error en el receptor se incrementa sin límite mientras se aumente la tasa. De esta manera no se puede transmitir ninguna información útil por encima de la capacidad del canal. El teorema no trata la situación, poco frecuente, en que la tasa y la capacidad son iguales.

### **Teorema de Shannon-Hartley**

El teorema de Shannon-Hartley establece cuál es la capacidad del canal, para un canal con ancho de banda finito y una señal continua que sufre un ruido gaussiano. Conecta el resultado de Hartley con el teorema de Shannon de la capacidad del canal en una forma que es equivalente a especificar la M en la fórmula de Hartley de la tasa de información en

términos de la relación señal/ruido, pero alcanzando fiabilidad a través de la codificación correctora de errores, más fiable, que los niveles de pulso distinguibles.

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

Si existiera una cosa tal como un canal analógico con ancho de banda infinito y sin ruido, uno podría transmitir cantidades ilimitadas de datos sin error, sobre este, por cada unidad de tiempo. Sin embargo, los canales de comunicación reales están sujetos a las limitaciones impuestas por el ancho de banda finito y el ruido.

En el canal considerado por el teorema de Shannon-Hartley, el ruido y la señal se suman. Es decir, el receptor mide una señal que sea igual a la suma de la señal que codifica la información deseada y una variable aleatoria continua que represente el ruido. Esta suma crea incertidumbre en cuanto al valor de la señal original.

Si el receptor tiene cierta información sobre el proceso aleatorio que genera el ruido, se puede, en principio, recuperar la información de la señal original considerando todos los posibles estados del proceso del ruido. En el caso del teorema de Shannon-Hartley, se asume que el ruido es generado por un proceso gaussiano con una varianza conocida. Puesto que la varianza del proceso gaussiano es equivalente a su potencia, normalmente se llama a esta varianza la potencia de ruido.

Tal canal es llamado canal aditivo del ruido blanco gaussiano, porque el ruido gaussiano es añadido a la señal; blanco significa igual cantidad de ruido en todas las frecuencias dentro del ancho de banda del canal.

## Distintas formas de la transmisión de datos

### **Simplex**

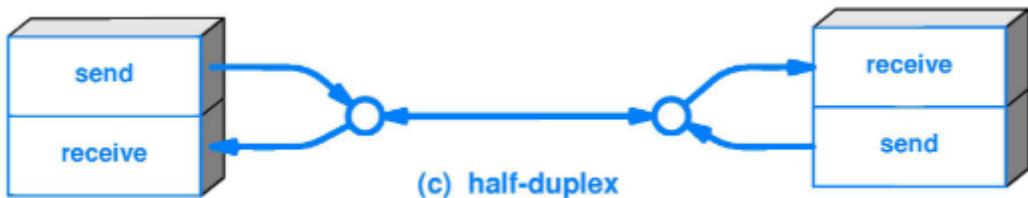
Es una transmisión única, de una sola dirección. Un ejemplo de transmisión simplex es la señal que se envía de una estación de TV a la TV de su casa.



### **Half-duplex**

Transmisión en la cual los datos circulan en una sola dirección por vez. En la transmisión half-duplex, el canal de comunicaciones permite alternar la transmisión en dos direcciones, pero no en ambas direcciones simultáneamente. Las radios bidireccionales, como las radios móviles de comunicación de emergencias o de la policía, funcionan con transmisiones

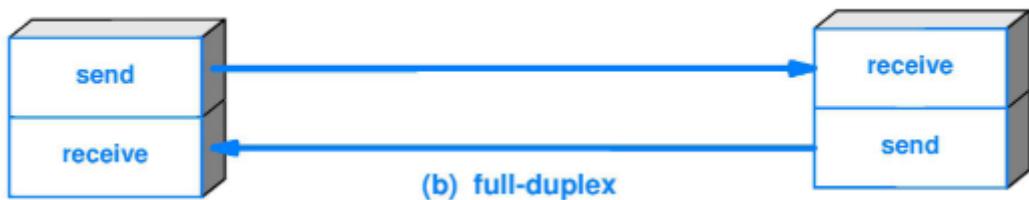
half-duplex. Cuando presiona el botón del micrófono para transmitir, no puede oír a la persona que se encuentra en el otro extremo. Si las personas en ambos extremos intentan hablar al mismo tiempo, no se establece ninguna de las transmisiones.



### Full-Duplex

Cuando los datos circulan en ambas direcciones a la vez, la transmisión se denomina full-duplex. A pesar de que los datos circulan en ambas direcciones, el ancho de banda se mide en una sola dirección. Un cable de red con 100 Mbps en modo full-duplex tiene un ancho de banda de 100 Mbps.

La tecnología de red full-duplex mejora el rendimiento de la red ya que se pueden enviar y recibir datos de manera simultánea. Un ejemplo de comunicación full-duplex es una conversación telefónica. Ambas personas pueden hablar y escuchar al mismo tiempo.

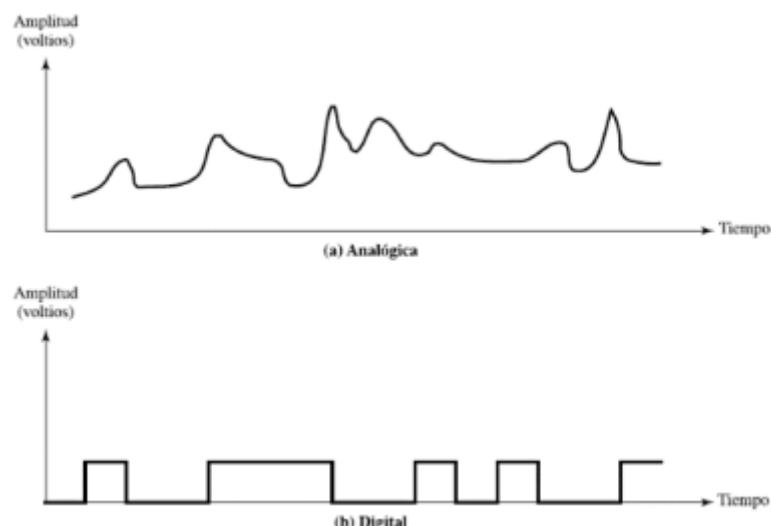


## ..Unidad Nro. 2: MODOS DE TRANSMISIÓN

### Transmisión analógica y digital

Una **señal analógica** es aquella en la que la intensidad de la señal varía suavemente en el tiempo. Es decir, no presenta saltos o discontinuidades y a medida que la onda se mueve pasa a través de infinitos valores. La amplitud y el tiempo son continuos. La ventaja de estas señales es que contienen toda la información, mientras que la desventaja es que el ruido es aditivo.

Una **señal digital** es aquella en la que la intensidad se mantiene constante durante un determinado intervalo de tiempo, tras el cual la señal cambia a otro valor constante. La amplitud es continua y el tiempo es discreto. Las ventajas de estas señales son su facilidad de transmisión, se puede eliminar el ruido y utilizan dos niveles de amplitud, mientras que la desventaja es que no contienen toda la información, son muestras codificadas con un nivel de calidad aceptable para una velocidad de transmisión acorde, mientras más muestras utilice, pierde menos información, pero aumenta el ancho de banda necesario.



Tanto las señales analógicas como las digitales se pueden transmitir si se emplea el medio de transmisión adecuado.

La **transmisión analógica** es una forma de transmitir señales analógicas con independencia de su contenido; las señales pueden representar datos analógicos o datos digitales. En cualquier caso, la señal analógica se irá debilitando (atenuándose) con la distancia. Para conseguir distancias más largas, se incluyen amplificadores que inyectan energía en la señal. Desgraciadamente, el amplificador también inyecta energía en las componentes de ruido.

La **transmisión digital** depende del contenido de la señal. Una señal digital sólo se puede transmitir a una distancia limitada, ya que la atenuación, el ruido y otros aspectos negativos pueden afectar a la integridad de los datos transmitidos. Para conseguir distancias mayores se usan repetidores. Un repetidor recibe la señal digital, regenera el patrón de ceros y unos, y los retransmite, evitando la atenuación. Para señales analógicas se puede usar esa técnica

si la señal transmitida transporta datos digitales. En este caso, el sistema de transmisión tendrá repetidores en lugar de amplificadores. De esta manera, el ruido no es acumulativo.

## **Transmisión asincrónica y sincrónica**

Para poder transmitir datos entre un emisor y un receptor se necesita establecer un lenguaje de transmisión común entre las partes y definir una unidad de tiempo periódica para cada bit, incorporando de esta forma sincronismo, ya que sin este, no se pueden transmitir datos.

Supóngase que el emisor emite una cadena de bits. Esto se hará de acuerdo con el reloj del transmisor. Generalmente, el receptor intentará muestrear el medio en la parte central de cada bit, obteniendo una muestra por cada intervalo de duración de un bit. Si el receptor delimita las duraciones basándose en su propio reloj, se puede presentar un problema si los dos relojes no están sincronizados con precisión. Si hay una pérdida de sincronismo, el muestreo estará desplazado del instante central del intervalo, por lo que el receptor puede obtener un error debido a que el muestreo lo realizará en un instante incorrecto.

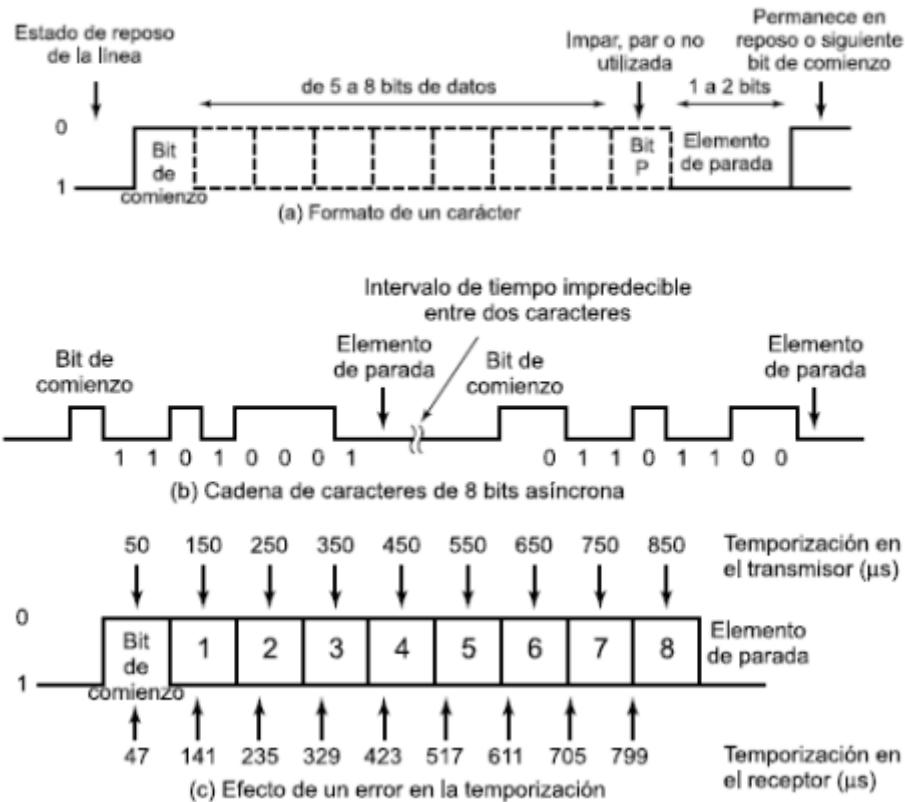
En cualquier caso, si se emite un número suficiente de bits, dicho error aparecerá irremediablemente si no se adoptan medidas para sincronizar el transmisor y al receptor.

Cuando introducimos los pulsos en la línea de transmisión, sufren deformaciones debido a los comportamientos inductivos y capacitivos. Como estrategia, se elige un porcentaje a partir del cual se considera que el crecimiento y decrecimiento de la señal llegó a su valor máximo y mínimo respectivamente, lo que permite una lectura más rápida de la señal. La señal del reloj, al ser determinada como flancos ascendentes o descendentes, sufre estas deformaciones mencionadas, afectando al sincronismo, por lo que conviene que el intervalo significativo sea a la mitad del tiempo de bit ya que es el momento más estable de la señal. El sincronismo se puede aplicar como **autosincronizado** (por software) utilizando códigos de línea o **heterosincronizado** (por hardware) añadiendo una línea de transmisión adicional para el reloj.

### **Transmisión Asíncrona**

En esta aproximación, el problema de la temporización se evita no enviando cadenas de bits largas de forma ininterrumpida. En su lugar, los datos se transmiten enviándolos carácter a carácter. Normalmente, cada carácter tiene una longitud de 5 a 8 bits (dependiendo de la codificación que se utilice). La temporización o sincronización se debe mantener solamente durante la duración del carácter, ya que el receptor tiene la oportunidad de resincronizarse al principio de cada nuevo carácter.

Esta técnica se va a explicar con la ayuda de la siguiente figura:



Se trabaja con un carácter de transmisión asíncrona que contiene un payload donde se incorporan los datos (7 u 8 bits, dependiendo si se incluye el bit de paridad).

Cuando no se transmite ningún carácter, la línea entre el emisor y el receptor estará en estado de **reposo**. La definición de reposo es equivalente al 1 binario. El principio de cada carácter se indica mediante un **bit de comienzo** que corresponde al valor binario 0. A continuación se transmite el carácter, comenzando por el bit menos significativo, que tendrá entre cinco y ocho bits. A los bits de datos se les añade un **bit de paridad**, el cual ocupa la posición correspondiente al bit más significativo. El bit de paridad se determina en el emisor, de tal manera que el número de unos dentro del carácter, incluyendo el bit de paridad, sea par (paridad par) o impar (paridad impar), dependiendo del criterio que se elija. Este bit se usa en el receptor para la detección de errores. Por último, está el denominado **elemento de parada**, que corresponde a un 1 binario. Se debe especificar la longitud mínima del elemento de parada, la cual normalmente es igual a 1, 1,5 o 2 veces la duración de un bit convencional. No se especifica un valor máximo. Debido a que el elemento de parada es igual que el estado de reposo, el transmisor seguirá transmitiendo la señal de parada hasta que se transmite el siguiente carácter.

Al agregar estos bits adicionales, la tasa efectiva de transmisión de datos disminuye, ya que necesito más bits para transmitir la misma información.

## Transmisión Síncrona

En la transmisión síncrona, cada bloque de bits se transmite como una cadena estacionaria sin utilizar códigos de comienzo o parada. El bloque puede tener una longitud de muchos

bits. Para prevenir la pérdida de sincronismo entre el emisor y el receptor, sus relojes se deberán sincronizar de alguna manera.

Una posibilidad puede ser proporcionar la señal de reloj a través de una línea independiente. Uno de los extremos (el receptor o el transmisor) enviará regularmente un pulso de corta duración. El otro extremo utilizará esta señal a modo de reloj. Esta técnica funciona bien a distancias cortas. Sin embargo, a distancias superiores, los pulsos de reloj pueden sufrir las mismas dificultades y defectos que las señales de datos, por lo que pueden aparecer errores de sincronización.

La otra alternativa consiste en incluir la información relativa a la sincronización en la propia señal de datos. En señalización digital, esto se puede llevar a cabo mediante la codificación Manchester o Manchester diferencial. En señalización analógica se han desarrollado, a su vez, varias técnicas; por ejemplo, usando la fase de la propia portadora.

En la transmisión síncrona se requiere además un nivel de sincronización adicional para que el receptor pueda determinar dónde está el comienzo y el final de cada bloque de datos. Para llevar a cabo esto, cada bloque comienza con un patrón de bits denominado preámbulo y, por lo general, termina con un patrón de bits denominado final. Además de los anteriores, se añaden otros bits que se utilizan en los procedimientos de control del enlace. Al conjunto de bits, o unidad de información formada por los datos más el preámbulo más los bits de final junto con la información de control se le denominan trama. El formato en particular de la trama dependerá del procedimiento de control del enlace que se utilice.



Formato de una trama síncrona.

En la figura anterior se muestra, en términos generales, un formato típico de una trama en una transmisión síncrona. Normalmente, la trama comienza con un preámbulo de 8 bits llamado delimitador (flag). El mismo delimitador se utiliza igualmente como indicador del final de la trama. El receptor buscará la aparición del delimitador que determine el comienzo de la trama. Este delimitador estará seguido por algunos campos de control, el campo de datos (de longitud variable para la mayoría de los protocolos), más campos de control y, por último, se repetirá el delimitador indicando el final de la trama.

Para los bloques de datos que sean suficientemente grandes, la transmisión síncrona es mucho más eficiente que la asíncrona. La transmisión asíncrona requiere un 20 por ciento, o más, de bits suplementarios. La información de control, el preámbulo y el final son normalmente menos de 100 bits.

La transmisión síncrona por software puede ser en serie o en paralelo.

En paralelo, la velocidad estará definida por la cantidad de circuitos disponibles ( $R=n$  circuitos/Tbit). La transmisión en paralelo tiene problemas con la distorsión de la señal, por

lo que se necesitan retornos individuales para los distintos circuitos, de esta forma se garantiza que no hayan diferencias de potencial entre ellas, ya que eso implicaría variaciones de los niveles de la señal que se está transmitiendo.

## **Los puertos de conexión**

### **Universal Serial Bus (USB)**

El USB, es un puerto que sirve para conectar periféricos a una computadora. Fue creado en 1996 por siete empresas: IBM, Intel Northern Telecom, Compaq, Microsoft, Digital Equipment Corporation y NEC.

El diseño del USB tenía en mente eliminar la necesidad de adquirir tarjetas separadas para poner en los puertos bus ISA o PCI, y mejorar las capacidades plug-and-play permitiendo a esos dispositivos ser conectados o desconectados al sistema sin necesidad de reiniciar. Sin embargo, en aplicaciones donde se necesita ancho de banda para grandes transferencias de datos, o si se necesita una latencia baja, los buses PCI o PCIe salen ganando. A favor del bus USB, cabe decir que cuando se conecta a un nuevo dispositivo, el servidor lo enumera y agrega el software necesario para que pueda funcionar.

Para dispositivos multimedia como escáneres y cámaras digitales, el USB se ha convertido en el método estándar de conexión. Para impresoras, el USB ha desplazado a los puertos paralelos porque hace mucho más sencillo el poder agregar más de una impresora a una computadora personal. Además, algunos dispositivos que requieren una potencia mínima pueden conectarse mediante USB sin necesitar fuentes de alimentación extra.

En el caso de los discos duros, es poco probable que el USB reemplace completamente a los buses ATA (IDE) y el SCSI, pues el USB tiene un rendimiento más lento que esos estándares. Sin embargo, el USB tiene una importante ventaja en su habilidad de poder instalar y desinstalar dispositivos sin tener que abrir el sistema, lo cual es útil para dispositivos de almacenamiento externo.

#### **¿Qué es USB?**

USB Universal Serial Bus es una interfaz plug-and-play entre la PC y ciertos dispositivos tales como teclados, mouses, scanner, impresoras, módems, placas de sonido, cámaras, etc. Una característica importante es que permite a los dispositivos trabajar a velocidades mayores, en promedio a unos 12 Mbps, esto es más o menos de 3 a 5 veces más rápido que un dispositivo de puerto paralelo y de 20 a 40 veces más rápido que un dispositivo de puerto serial.

#### **¿Cómo funciona?**

Trabaja como interfaz para transmisión de datos y distribución de energía, que ha sido introducida en el mercado de PC y periféricos para mejorar las lentes interfaces serie

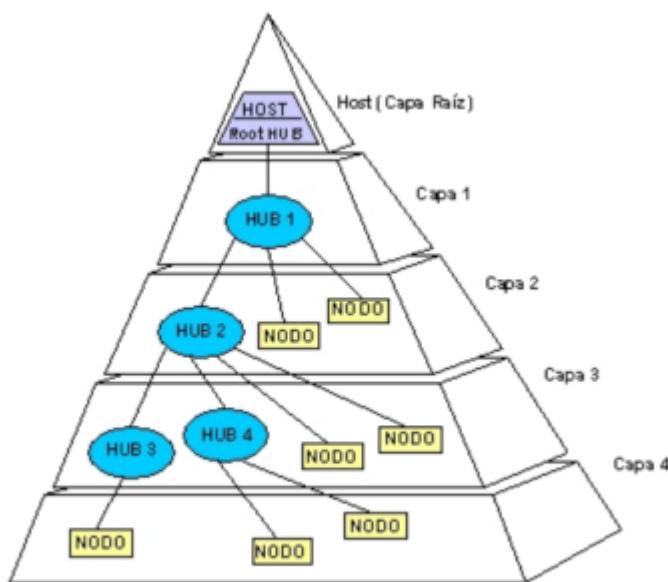
(RS-232) y paralelo. Esta interfaz de 4 hilos, 12Mbps y plug-and-play distribuye 5V para alimentación.

Es un bus basado en el paso de un testigo, semejante a otros buses como los de las redes locales en anillo con paso de testigo. El controlador USB distribuye testigos por el bus. El dispositivo cuya dirección coincide con la que porta el testigo, responde aceptando o enviando datos al controlador. Este también gestiona la distribución de energía a los periféricos que lo requieran.

### Arquitectura de USB

Emplea una topología de estrellas apiladas que **permite el funcionamiento simultáneo de 127 dispositivos a la vez**, pero debido a las constantes de tiempo permitidas para los tiempos de propagación del HUB y el cable, **el número máximo de capas permitido es de siete (incluida la capa raíz)** con un máximo de longitud de cable entre el HUB y el dispositivo de 5 metros. Cabe destacar que en siete capas, **solo se soportan cinco HUBS que no sean raíz en una ruta de comunicación entre el host y cualquier dispositivo**.

En la raíz o vértice de las capas, está el controlador anfitrión o host que controla todo el tráfico que circula por el bus. Esta topología permite a muchos dispositivos conectarse a un único bus lógico sin que los dispositivos que se encuentran más abajo en la pirámide sufran retardo. A diferencia de otras arquitecturas, USB no es un bus de almacenamiento y envío, de forma que no se produce retardo en el envío de un paquete de datos hacia capas inferiores.



**Figura 1. Estructura de capas del bus USB.**

El sistema de bus serie universal USB consta de tres componentes:

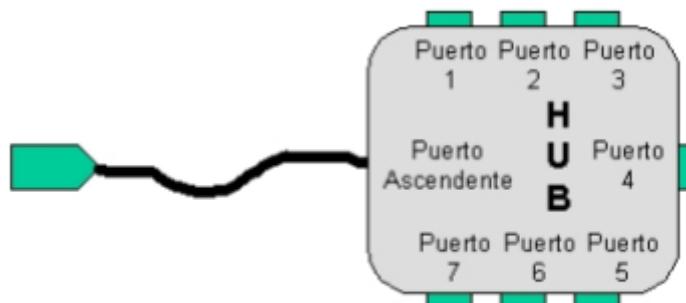
- Un controlador
- Hubs o concentradores

- Periféricos

**El controlador:** Reside dentro del PC y es responsable de las comunicaciones entre los periféricos USB y la CPU del PC. También es responsable de la admisión de los periféricos dentro del bus, tanto si se detecta una conexión o una desconexión. Para cada periférico añadido, el controlador determina su tipo y le asigna una dirección lógica para utilizarla siempre en las comunicaciones con el mismo. Si se producen errores durante la conexión, el controlador lo comunica a la CPU, la cual se lo transmite al usuario. Una vez se ha producido la conexión correctamente, el controlador asigna al periférico los recursos del sistema que éste precise para su funcionamiento. El controlador es también responsable del control de flujo de datos entre el periférico y la CPU.

**Los concentradores o HUBS:** Son distribuidores inteligentes de datos y alimentación, y hacen posible la conexión a un único puerto USB de 127 dispositivos. De una forma selectiva reparten datos y alimentación hacia sus puertas descendentes y permiten la comunicación hacia su puerta de retorno o ascendente. Un hub de 4 puertos, por ejemplo, acepta datos del PC para un periférico por su puerta de retorno o ascendente y los distribuye a las 4 puertas descendentes si fuera necesario. Los concentradores también permiten las comunicaciones desde el periférico hacia el PC, aceptando datos en las 4 puertas descendentes y enviándolos hacia el PC por la puerta de retorno. Además del controlador, la PC también contiene el concentrador raíz. Este es el primer concentrador de toda la cadena que permite a los datos y a la energía pasar a uno o dos conectores USB del PC, y de allí a los 127 periféricos que, como máximo, puede soportar el sistema. Esto es posible añadiendo concentradores adicionales. Por ejemplo, si el PC tiene una única puerta USB y a ella le conectamos un hub o concentrador de 4 puertas, el PC se queda sin más puertas disponibles. Sin embargo, el hub de 4 puertas permite realizar 4 conexiones descendentes. Conectando otro hub de 4 puertas a una de las 4 puertas del primero, habremos creado un total de 7 puertas a partir de una puerta del PC. De esta forma, es decir, añadiendo concentradores, el PC puede soportar hasta 127 periféricos USB.

La mayoría de los concentradores se encontrarán incorporados en los periféricos. Por ejemplo, un monitor USB puede contener un concentrador de 7 puertas incluido dentro de su chasis. El monitor utilizará una de ellas para sus datos y control y le quedarán 6 para conectar allí otros periféricos.



**Figura 2. Esquema de un concentrador.**

**Periféricos:** USB soporta periféricos de baja y media velocidad. Empleando dos velocidades para la transmisión de datos de 1.5 y 12 Mbps se consigue una utilización más eficiente de sus recursos. Los periféricos de baja velocidad tales como teclados, ratones, joysticks, y otros periféricos para juegos, no requieren 12 Mbps. Empleando para ellos 1.5 Mbps, se puede dedicar más recursos del sistema a periféricos tales como monitores, impresoras, módems, scanners, equipos de audio, etc., que precisan de velocidades más altas para transmitir mayor volumen de datos o datos cuya dependencia temporal es más estricta.

### **Velocidades de transmisión**

Los dispositivos USB se clasifican en cuatro tipos según su velocidad de transferencia de datos:

- **Baja velocidad (1.0):** Tasa de transferencia de hasta 1,5 Mbit/s (188 kB/s). Utilizado en su mayor parte por dispositivos de interfaz humana como los teclados, mouse, cámaras web, etc.
- **Velocidad completa (1.1):** Tasa de transferencia de hasta 12 Mbit/s (1,5 MB/s) según este estándar. Ésta fue la más rápida antes de la especificación USB 2.0. Estos dispositivos dividen el ancho de banda de la conexión USB entre ellos, basados en un algoritmo de impedancias LIFO.
- **Alta velocidad (2.0):** Tasa de transferencia de hasta 480 Mbit/s (60 MB/s) pero con una tasa real práctica máxima de 280 Mbit/s (35 MB/s). El cable USB 2.0 dispone de cuatro líneas, un par para datos, y otro par de alimentación.

Casi todos los dispositivos fabricados en la actualidad trabajan a esta velocidad.

- **Súper alta velocidad (3.0):** Tiene una tasa de transferencia de hasta 4,8 Gbit/s (600 MB/s). La velocidad del bus es diez veces más rápida que la del USB 2.0, debido a que han incluido 5 contactos adicionales, y será compatible con los estándares anteriores. Las señales del USB se transmiten en un cable de par trenzado, cuyos hilos se denominan D+ y D-. Éstos, colectivamente, utilizan señalización diferencial en half-dúplex excepto el USB 3.0 que utiliza un segundo par de hilos para realizar una comunicación en full-dúplex. La razón por la cual se realiza la comunicación en modo diferencial es simple, reduce el efecto del ruido electromagnético en enlaces largos (se emplean señales diferenciales debido a que son más robustas frente a las interferencias, ya que la interferencia se suma por igual a las señales de ambos conductores, de modo que al calcular  $V(+) - V(-)$ , la interferencia se cancela. De forma similar, las señales transmitidas por líneas diferenciales causan menos radiación, ya que la suma de las dos señales se cancelan:  $V(+) + V(-) \approx 0$ ).

## USB 3.0

### Características de USB 3.0

A diferencia del USB 2.0, esta nueva tecnología es casi diez veces más rápida, ya que transfiere datos a 600 MB/s. También, podemos notar que cuenta con soporte para dispositivos HD externos, lo que aumenta su rendimiento.

Otra de las características de este puerto es su "regla de inteligencia": los dispositivos que se enchufan y después de un rato quedan en desuso, pasan inmediatamente a un estado de bajo consumo.

### Principales diferencias entre los puertos

Aumenta la velocidad en la transmisión de datos, ya que en lugar de funcionar con tres líneas, lo hace con cinco. De esta manera, dos líneas se utilizan para enviar, otras dos para recibir, y una quinta se encarga de suministrar la corriente. Así, el tráfico es bidireccional (Full dúplex).

### Compatibilidad y Conectores

Las especificaciones USB 1.0, 1.1 y 2.0 definen dos tipos de conectores para conectar dispositivos al servidor: A y B.

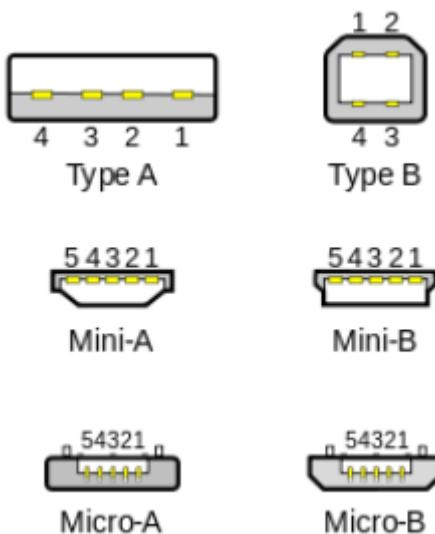
Sin embargo, la capa mecánica ha cambiado en algunos conectores. Por ejemplo, el IBM UltraPort es un conector USB privado localizado en la parte superior del LCD de los ordenadores portátiles de IBM. Utiliza un conector mecánico diferente, mientras mantiene las señales y protocolos característicos del USB. Otros fabricantes de artículos pequeños han desarrollado también sus medios de conexión pequeños, y ha aparecido una gran variedad de ellos, algunos de baja calidad.

Pin	Nombre	Color del cable	Descripción
1	VCC	Rojo	+5v
2	D-	Blanco	Data -
3	D+	Verde	Data +
4	GND	Negro	Masa

*Patillaje estandar*

Pin	Nombre	Color	Descripción
1	VCC	Rojo	+5 V
2	D-	Blanco	Data -
3	D+	Verde	Data +
4	ID	Ninguno	Permite la distinción de Micro-A y Micro-B Tipo A: conectado a masa Tipo B: no conectado
5	GND	Negro	Masa y retorno o negativo

*Patillaje miniplug/microplug*



## Puerto Paralelo

### Generalidades

Un puerto paralelo es una interfaz entre una computadora y un periférico cuya principal característica es que los bits de datos viajan juntos enviando un byte completo o más a la vez. Es decir, se implementa un cable o una vía física para cada bit de datos formando un bus.

El cable paralelo es el conector físico entre el puerto paralelo y el periférico. En un puerto paralelo habrá una serie de bits de control en vías aparte que irá en ambos sentidos por caminos distintos.

En contraposición al puerto paralelo está el puerto serie, que envía los datos bit a bit por el mismo hilo.

### Puerto paralelo CENTRONICS

El puerto paralelo más conocido es el puerto de impresora (que cumplen más o menos la norma **IEEE 1284**, también denominados tipo Centronics) que destaca por su sencillez y que transmite 8 bits.

El puerto paralelo de las computadoras, de acuerdo a la norma Centronics, está compuesto por un bus de comunicación bidireccional de 8 bits de datos, además de un conjunto de líneas de protocolo. Las líneas de comunicación cuentan con un retenedor que mantiene el último valor que les fue escrito hasta que se escribe un nuevo dato, las características eléctricas son:

- Tensión de nivel alto: 3.3 o 5V
- Tensión de nivel bajo: 0V
- Intensidad de salida máxima: 2.6 mA
- Intensidad de entrada máxima: 24 mA

El puerto paralelo como se implementó en la PC, consiste de un conector con 17 líneas de señal y 8 líneas de tierra (GND). Las líneas de señal se dividen en 3 grupos: **Control, estado y datos**.

- Las **líneas de control** son usadas como control de la interfaz y señalización de establecimiento de comunicación (Hand Shaking) de la PC al dispositivo.
- Las **líneas de estado** se usan para la señalización de establecimiento de conexión y como indicador de estado para cosas tales como no tener papel, indicador de ocupado y errores de la interface o del periférico.
- Las **líneas de datos** son usadas para proveer la información desde la PC al dispositivo o viceversa.

La siguiente tabla identifica cada una de esas señales y da su definición de acuerdo al Puerto Paralelo Estándar (SPP):

GRUPO	SEÑAL SPP	ENTRADA / SALIDA	DESCRIPCIÓN DE LA SEÑAL
Control	nSTROBE	Salida	Indica que hay datos válidos en la línea de datos
	nAUTOFED	Salida	Hace que la impresora automáticamente inserte una línea por cada retorno de carro
	nSELECTIN	Salida	Le indica a la impresora que está seleccionada
	nINIT	Salida	Usado para aplicar un reset a la impresora
Estado	nACK	Entrada	Indica que el último carácter fue recibido
	BUSY	Entrada	
	PE	Entrada	Sin papel
	SELECT	Entrada	Indica que la impresora está en línea
	nERROR	Entrada	Indica que existe una condición de error
Data	DATA(8:1)	Salida/Entrada	8 líneas de datos, en el antiguo puerto paralelo son solo de salida

Por otro lado, el sistema operativo gestiona las interfaces de puerto paralelo con los nombres LPT1, LPT2 y así sucesivamente. La estructura consta de tres registros: **de control**, **de estado y de datos**.

- El **registro de control** es un bidireccional de 4 bits, con un bit de configuración que no tiene conexión al exterior.
- El **registro de estado**, se trata de un registro de entrada de información de 5 bits.
- El **registro de datos**, se compone de 8 bits y es bidireccional.

La siguiente tabla identifica los registros para el puerto paralelo estándar:

Posición del registro	Nombre	Lectura/Escritura	Descripción
0	Registro de Datos	Lectura y escritura	Puerto de datos para leer o escribir datos
1	Registro de Estado	Lectura	Contienen los bits indicadores del status
2	Registro de Control	Escritura	Usado para establecer señales de control
3-7	Varios	-	Usado para distintas implementaciones

### Modos de Transferencia

El uso de distintos modos de transferencia nos da la capacidad de crear un canal de dos sentidos entre la computadora anfitrión y el periférico conectado. Como sólo hay un juego de líneas de datos la comunicación es Half Duplex, o sea se transmiten datos en una dirección a la vez.

Este estándar define 5 modos de transferencia de datos. Cada uno provee un método de pasar datos entre la PC y el periférico (directa) y entre el periférico y la PC (inversa); o de manera bidireccional (half duplex). Los modos definidos son:

#### Sólo en sentido directo:

**Modo de Compatibilidad** (modo estándar o “Centronics”)

#### Modo de dirección inversa:

**Modo Nibble:** 4 bits a la vez usando las líneas de estado (Status) para datos (Hewlett Packard Bi-tronics)

**Modo de Octeto (Byte Mode):** 8 bits a la vez usando las líneas de datos, a veces nombrado como puerto bidireccional.

#### Bidireccional:

**EPP (Enhanced Parallel Port):** Puerto Paralelo Extendido, usado principalmente para periféricos que no son impresoras, como CD-ROM, Adaptadores de Red, etc.

**ECP (Extended Capability Port):** Puerto de Capacidades Extendidas, usado principalmente por impresoras recientes y scanners.

El modo de operación “**de compatibilidad**” y “**de Nibble**” se pueden poner en ejecución en cualquier puerto paralelo existente para crear una trayectoria de comunicación bidireccional completa entre el anfitrión y el periférico.

Los modos “**de compatibilidad**” y “**de octeto (byte)**” se pueden también utilizar para crear una trayectoria de comunicación bidireccional, pero el puerto paralelo debe soportar la

capacidad del Modo de octeto. El modo de octeto requiere que un octeto entero de datos se pueda leer en las líneas de datos externas. Esto es implementado generalmente por la adición de un bit de dirección en el registro de control del puerto paralelo. Este tipo de puerto generalmente se llama un puerto paralelo "bidireccional".

Los modos de **EPP** y de **ECP** tienen capacidad bidireccional como parte de su protocolo. Estos modos requieren que el hardware cree un estado de máquina que sea capaz automáticamente de generar los pulsos de control que son necesarios para estos modos de transferencia de datos del alto rendimiento.

Cada uno de los modos de funcionamiento, con excepción del **Modo de compatibilidad**, renombra las señales de control y de estado para tener significado dentro del modo que es utilizado.

Todos los puertos paralelos pueden implementar un enlace bidireccional usando los modos **Compatible** y **Nibble** para transferir datos. El **Modo de Octeto** puede ser usado por cerca del 25% de los puertos básicos instalados; y los 3 modos anteriores transmiten los datos controlados por software. El manejador tiene que escribir los datos, revisar las líneas que establecen la conexión (handshake), por ejemplo que no haya una señal de ocupado, determinar las señales apropiadas de control, y entonces ir al siguiente byte. Esto es muy demandante y limita la efectividad del radio de transferencia de 50 a 100 Kbytes por segundo.

Además de esos 3 modos previos, **EPP** y **ECP** están implementados en los controladores más nuevos de entrada y salida (I/O) por la mayoría de los fabricantes. Estos modos usan un control por hardware para asistir la transferencia de datos. Por ejemplo, en el modo EPP, un byte de datos puede ser transmitido a un periférico por una simple instrucción de salida. El controlador maneja todo el establecimiento de conexión y la transferencia de datos al periférico.

## IEEE 1284

El estándar **IEEE 1284** provee de una comunicación de alta velocidad y bidireccional entre un ordenador y un dispositivo externo que puede comunicarse 50 o 100 veces más rápido que con el puerto paralelo original, además de ser totalmente compatible con los periféricos, impresoras y software que existían previamente.

Cuando IBM introdujo la computadora personal en 1981, el puerto paralelo de impresión estaba incluido como una alternativa al puerto serie, que era más lento para poder manejar las últimas impresoras de matriz de puntos de alto rendimiento.

## RS232

### Generalidades

RS232 (también conocido como Electronic Industries Alliance RS-232C) es una interfaz que designa una norma para el intercambio de una serie de datos binarios entre un DTE (Equipo

terminal de datos) y un DCE (Equipo de Comunicación de datos), aunque existen otras en las que también se utiliza la interfaz RS-232.

En particular, existen ocasiones en que interesa conectar otro tipo de equipamientos, como pueden ser computadores. Evidentemente, en el caso de interconexión entre los mismos, se requerirá la conexión de un DTE con otro DTE. Para ello se utiliza una conexión sin usar módem, por ello se llama: null módem o módem nulo (ejemplo el cable de mierda ese que te hacen soldar en el tp de cable null modem, que pija fue hacer eso jsjs).

Conector DB-25		
Pin	Señal	Nombre
1	Shield	
2	Transmitted Data	TX
3	Received Data	RX
4	Request To Send	RTS
5	Clear To Send	CTS
6	Data Set Ready	DSR
7	Signal Ground	GND
8	Carrier Detect	CD
9	Pos. Test Voltage	-
10	Neg. Test Voltage	-
11	-	-
12	Secondary Carrier Detect	SCDC
13	Sec. Clear To Send	SCTS
14	Sec. Transmit Data	STX
15	Transmit Clock	TC
16	Sec. Recieve Data	SRX
17	Recieve Clock	RC
18	-	-
19	Sec. Request To Send	SRTS
20	Data Terminal Ready	DTR
21	Signal Quality	SQ
22	Ring Indicator	RI
23	Data Rate Selector	DRS
24	Ext. Transmit Clock	XTC
25	Test Mode	-

### Conectores y señales

El RS-232 consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DE-9, o popularmente denominado DB-9), más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos (como el ratón serie).

Conector DB-9		
Pin	Señal	Nombre
1	Carrier Detect	CD
2	Received Data	RX
3	Transmitted Data	TX
4	Data Terminal Ready	DTR
5	Signal Ground	GND
6	Data Set Ready	DSR
7	Request To Send	RTS
8	Clear To Send	CTS
9	Ring Indicator	RI

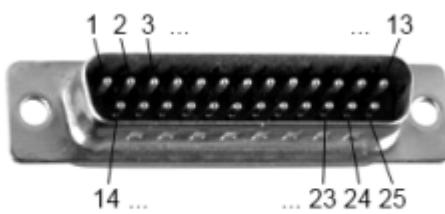


Diagrama de pines del conector DB-25 macho

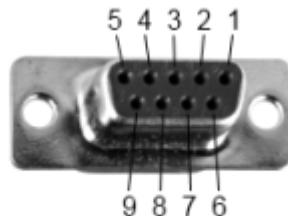


Diagrama de pines del conector DE-9 hembra

### Sub-grupo de señales (DB-25)

1. Señal de tierra: Pin 7, Pin 1 y la malla externa.
2. Canal de comunicaciones primario. Es utilizado para intercambio de datos e incluye las señales de control de flujo.
  - Pin 2 - Transmitted Data (Tx)
  - Pin 3 - Received Data (Rx)
  - Pin 4 - Request to Send (RTS): el DTE lo pone en 0 (tensión positiva) para transmitir.
  - Pin 5 - Clear to Send (CTS): el DCE responde poniendo a 0 (tensión positiva).
3. Canal de comunicaciones secundario. Es utilizado para control del elemento remoto, solicitud de retransmisiones cuando ocurren errores y para intercambio de información referida al canal primario.
  - Pin 14 - Secondary Transmitted Data (STx)
  - Pin 16 - Secondary Received Data (SRx)
  - Pin 19 - Secondary Request to Send (SRTS)
  - Pin 13 - Secondary Clear to Send (SCTS)
4. Status del modem y señales de control. Estas señales indican el status del modem y proveen puntos intermedios de verificación dentro de un circuito (como por ejemplo si la línea telefónica se encuentra establecida).
  - Pin 6 - DCE Ready (DSR): se pone en 0 (tensión positiva) cuando la línea de audio se encuentra libre (establecida la llamada). Cualquier interrupción de audio pasa a estado 1 (tensión negativa) lo que interrumpe la comunicación.

- Pin 20 - DTE Ready (DTR): Indica al DCE cuando debe establecer la llamada por la línea telefónica poniéndose a 0 (tensión positiva). Cuando pasa a 1 (tensión negativa), el DCE interpreta que debe terminar la llamada (on hook).
- Pin 8 - Received Line Signal Detector (CD): 0 si está off hook
- Pin 12 - Secondary Received Line Signal Detector (SCD)
- Pin 22 - Ring Indicator (RI): se pone en 0 cuando un DCE recibe una llamada por la línea telefónica.
- Pin 23 - Data Signal Rate Selector: lo usan el DTE o el DCE (no ambos) para elegir una de dos velocidades preacordadas, 0 (tensión positiva) selecciona la mayor.

5. Señales de timing para transmisión y recepción. Si la comunicación se establece en modo sincrónico, mediante estas señales se transporta el clock. La tasa de bits puede ser diferente en un sentido y en otro.

- Pin 15 - Transmitter Signal Element Timing (TC): Transmitter Clock
- Pin 17 - Receiver Signal Element Timing (RC): Receiver Clock
- Pin 24 - External Transmitter Signal Element Timing (ETC): External Transmitter Clock

### **Características de transmisión**

La interfaz RS-232 puede operar en distancias de hasta 15 metros con velocidades de transmisión no superiores a 20 kbps. La velocidad máxima absoluta puede variar en función de las condiciones de la línea y la longitud del cable.

La interfaz RS-232 opera frecuentemente a 38,4 Kbps sobre distancias muy cortas. A pesar de ello, muchas veces se utiliza para mayores velocidades con un resultado aceptable. La interfaz puede trabajar en comunicación asíncrona o síncrona y tipos de canal simplex, half duplex o full duplex. Las líneas de handshaking de la RS-232 se usan para resolver los problemas asociados con las transmisiones full duplex, tal como en qué dirección los datos deben viajar en un instante determinado.

Los niveles de voltaje definidos por el estándar RS-232 van desde -12 a +12 voltios. La interfaz RS-232 es una interfaz no balanceada o de una sola terminación, lo que significa que una señal eléctrica única es comparada con una señal común (tierra) para determinar los estados lógicos binarios. Un voltaje de +12 voltios (normalmente de +3 a +15 voltios) representa un 0 binario (espacio), y -12 voltios (de -3 a -15 voltios) representa un 1 binario (marca).

El rango intermedio de -3 a +3 sirve para detectar errores, de forma tal que si alguna tensión cae dentro de ese rango, sea detectada como error de forma instantánea.

### **UART (Universal Asynchronous Rx Tx)**

Las UART (Transmisor y Receptor Asíncrono Universal) son las encargadas de controlar los puertos y dispositivos serie. Se encuentra integrado en la placa base o en la tarjeta adaptadora del dispositivo. Existe un chip UART en cada puerto serie. La mayoría de los

ordenadores modernos utilizan el chip UART 16550, que soporta velocidades de transmisión de hasta 115,2 Kbps.

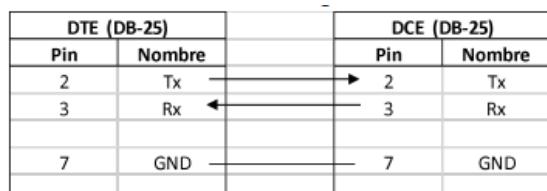
Éstas se diseñaron para convertir las señales que maneja la CPU y transmitirlas al exterior. Las UART deben resolver problemas tales como la conversión de tensiones internas del DCE con respecto al DTE, gobernar las señales de control, y realizar la transformación desde el bus de datos de señales en paralelo a serie y viceversa. Debe ser robusta y deberá tolerar circuitos abiertos, cortocircuitos y escritura simultánea sobre un mismo pin, entre otras consideraciones. Es en la UART en donde se implementa la interfaz.

Para los propósitos de la RS-232 estándar, una conexión es definida por un cable desde un dispositivo al otro. Hay 25 conexiones en la especificación completa, pero es muy probable que se encuentren menos de la mitad de éstas en una interfaz determinada. La causa es simple, una interfaz full duplex puede obtenerse con solamente 3 cables.

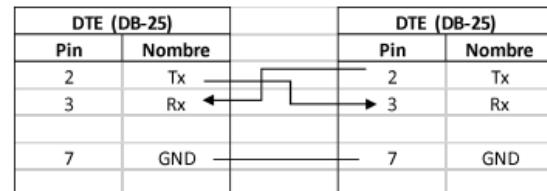
### Diagrama de conexión

Si un dispositivo de los que están conectados a una interfaz RS-232 procesa los datos a una velocidad menor de la que los recibe deben de conectarse las líneas handshaking que permiten realizar un control de flujo tal que al dispositivo más lento le dé tiempo de procesar la información. Las líneas de "handshaking" que permiten hacer este control de flujo son las líneas RTS y CTS. Los diseñadores del estándar no concibieron estas líneas para que funcionen de este modo, pero dada su utilidad en cada interfaz posterior se incluye este modo de uso.

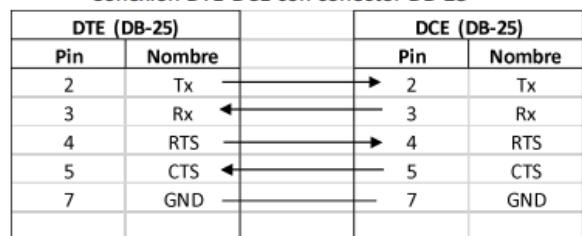
A continuación se ilustran algunas conexiones básicas:



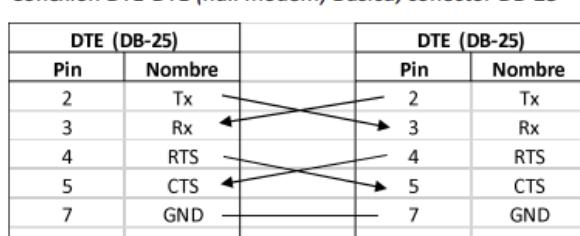
Conexión DTE-DCE con conector DB-25



Conexión DTE-DTE (null modem) Básica, conector DB-25



Conexión DTE-DCE con control de flujo, DB-25



Conexión DTE-DTE (null modem) con control de flujo, DB-25

### PON

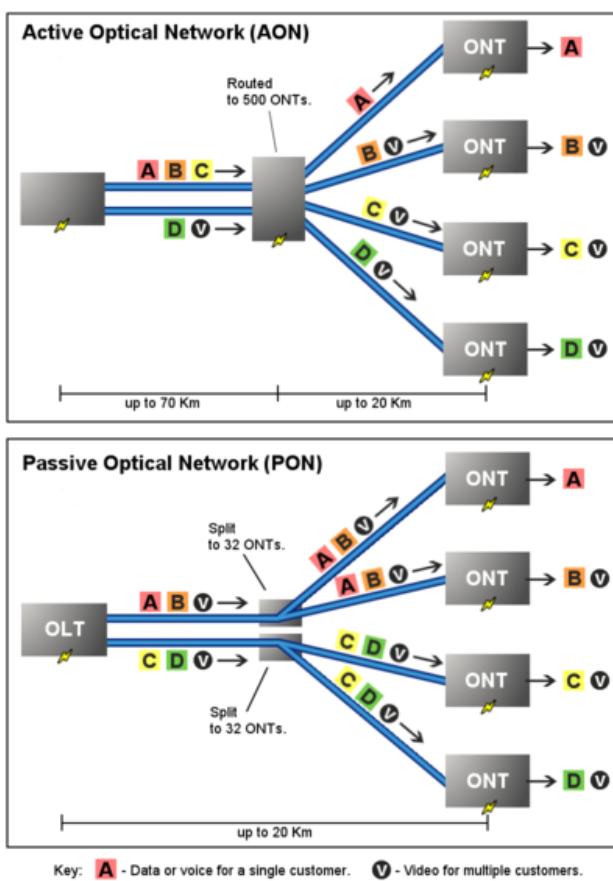
Con respecto a PON en ningún lado estoy encontrando que carajo es y hay un par de cosas relacionadas a las comunicaciones que se llaman PON así que como estamos hablando de interfaces me incliné por uno que va por ese lado.

Una red óptica pasiva (Passive Optical Network - PON) es una tecnología de telecomunicaciones de fibra óptica para brindar acceso a la red de banda ancha a los clientes finales. Su arquitectura implementa una topología punto a multipunto, en la que una sola fibra óptica sirve a múltiples puntos finales mediante el uso de divisores de fibra óptica sin alimentación (pasivos) para dividir el ancho de banda de la fibra entre múltiples puntos de acceso. Las redes ópticas pasivas se denominan a menudo la "última milla" entre un proveedor de servicios de Internet (ISP) y sus clientes.

## Componentes

Una red óptica pasiva consta de un terminal de línea óptica (OLT - optical line terminal) en la oficina central (hub) del proveedor de servicios y varias unidades de red óptica (ONU - optical network units) o terminales de red óptica (ONT - optical network terminals), cerca de los usuarios finales. Un PON reduce la cantidad de fibra y equipos de oficina central necesarios en comparación con las arquitecturas punto a punto. Una red óptica pasiva es una forma de red de acceso de fibra óptica.

En la mayoría de los casos, las señales descendentes se transmiten a todas las instalaciones que comparten varias fibras. El cifrado puede evitar las escuchas clandestinas. Las señales ascendentes se combinan utilizando un protocolo de acceso múltiple, generalmente acceso múltiple por división de tiempo (TDMA - time-division multiple access ).

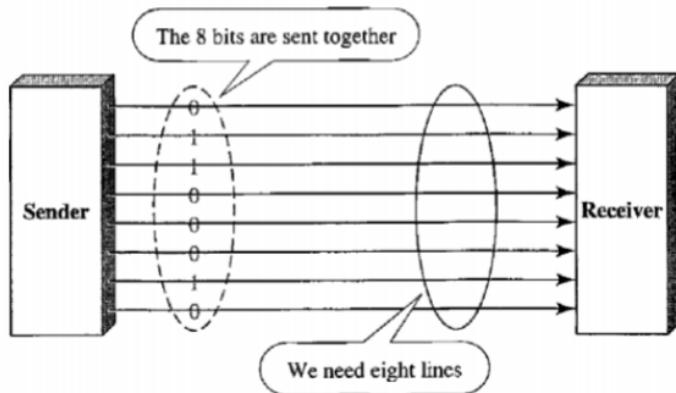


En este gráfico se compara el tráfico downstream en activo(AON) y el PON. Como se puede ver la distancia total de la central a los equipos de los end users es de aprox 90 km de pura fibra, más caro que el pingüino. En cambio usando PON como acceso desde la OLT en la central hasta las ONT cerca de los end users se usan 20 km de fibra (baratísimo).

## Transmisión en paralelo

Los datos se pueden organizar en grupos de n bits cada uno, pero agrupando se pueden enviar n bits en un momento, en lugar de enviar de a 1 bit por vez, para esto se utilizan n cables, entonces, cada bit tiene su propio cable y en cada pulso de reloj se envía un bit por cada cable desde un dispositivo hacia otro.

La principal ventaja es la velocidad, pero es más costosa y compleja de implementar ya que precisa n hilos de transmisión. Para disminuir el ruido disminuyo el tamaño del cable.



## Transmisión en serie

Se transmite a través de un medio conductor de a un bit por vez, por lo cual se necesita solo un hilo. Utilizo un clock ya que envío un bit por ciclo de reloj.

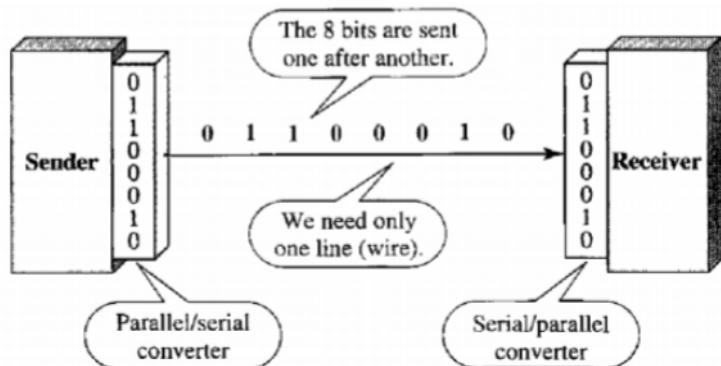
Debido a que dentro de los dispositivos la comunicación es en paralelo, se necesitan interfaces de conversión tanto en el emisor (de paralelo a serie) como en el receptor (de serie a paralelo).

**Ventaja:** Se reduce el costo de transmisión.

**Ejemplos:** Discos duros, puertos serie, USB, RC232.

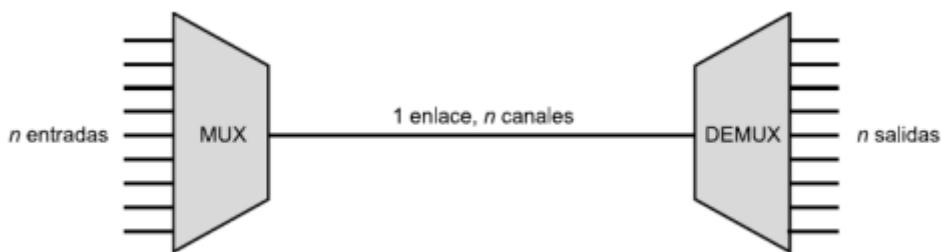
Uso el código Manchester para enviar los datos y el clock.

La transmisión en serie puede clasificarse en: asíncrona y síncrona.



## Multiplexación

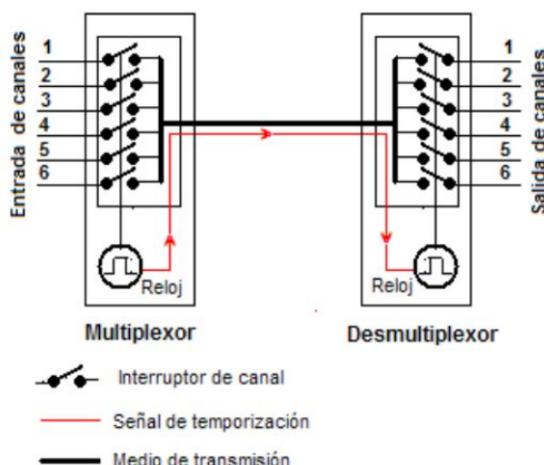
La siguiente figura muestra la función de multiplexación en su forma más simple. Existen  $n$  entradas a un multiplexor, que se conecta a un demultiplexor mediante un único enlace de datos. El enlace es capaz de transportar  $n$  canales de datos independientes. El multiplexor combina (multiplexa) los datos de las  $n$  líneas de entrada y los transmite a través de un enlace de datos de capacidad superior. Por su parte, el demultiplexor capta la secuencia de datos multiplexados, separa (demultiplexa) los datos de acuerdo con el canal y los envía hacia las líneas de salida correspondientes.



Las compañías telefónicas han desarrollado esquemas complejos para multiplexar muchas conversaciones en una sola troncal física. Estos esquemas de multiplexión se pueden dividir en dos categorías principales: **FDM (Multiplexión por División de Frecuencia)** y **TDM (Multiplexión por División de Tiempo)**. En **FDM** el espectro de frecuencia se divide en bandas de frecuencia, y cada usuario posee exclusivamente alguna banda. En **TDM** los usuarios esperan su turno (en round-robin), y cada uno obtiene en forma periódica toda la banda durante un breve lapso de tiempo.

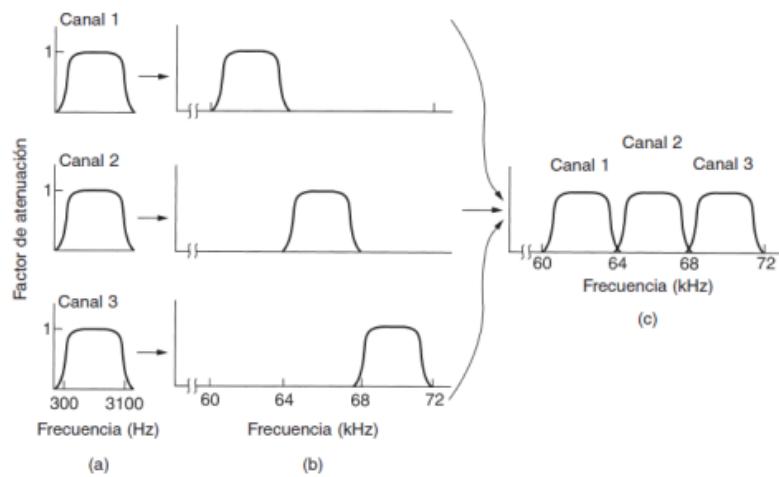
### Multiplexación por división de tiempo (TDM)

Uno de los más utilizados hoy en día. Cada canal de entrada recibe la totalidad del medio de transmisión durante un tiempo determinado por una señal de clock. En el extremo opuesto, se realiza el proceso inverso sincronizando con la misma señal de clock. Se aplica por completo a transmisiones digitales.



## Multiplexacion por division de frecuencias (FDM)

Esquema muy utilizado para transmisiones analógicas. Cada entrada se modula con una portadora diferente y, posteriormente, se pasa por un filtro pasa-banda para poder separarlas en el espectro (seleccionar la banda lateral inferior), lo que permite diferenciarlas y que puedan enviarse por un mismo canal de comunicación. En el otro extremo, se realiza el proceso inverso.



Multiplexión por división de frecuencia. (a) Los anchos de banda originales.  
(b) Incremento de frecuencia de los anchos de banda. (c) El canal multiplexado.

## Modulación

En telecomunicaciones, el término **modulación** engloba el conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda senoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea, protegiéndola de posibles interferencias y ruidos.

Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que queremos transmitir.

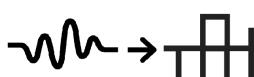
Vamos a tener 4 tipos de modulación dependiendo el tipo de información de origen y de destino. A saber:



**Datos digitales, señales digitales:** la forma más sencilla de codificar digitalmente datos digitales es asignar un nivel de tensión al uno binario y otro nivel distinto para el cero. Para mejorar las prestaciones hay que utilizar códigos distintos al anterior, alterando el espectro de la señal y proporcionando capacidad de sincronización.

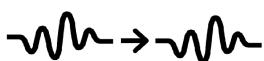


**Datos digitales, señales analógicas:** los módems convierten los datos digitales en señales analógicas de tal manera que se puedan transmitir a través de líneas analógicas. Las técnicas básicas son la modulación por desplazamiento de amplitud (**ASK**), modulación por desplazamiento de frecuencia (**FSK**) y modulación por desplazamiento de fase (**PSK**). En todas ellas, para representar los datos digitales, se modifican uno o más parámetros característicos de la señal portadora.



**Datos analógicos, señales digitales**

Los datos analógicos, como por ejemplo la voz y el vídeo, frecuentemente, se digitalizan para ser transmitidos en sistemas digitales. La técnica más sencilla es la modulación por impulsos codificados (**PCM**).



**Datos analógicos, señales analógicas:**

Los datos analógicos se modulan mediante una portadora para generar una señal analógica en una banda de frecuencias diferente, la cual se puede utilizar en un sistema de transmisión analógico. Las técnicas básicas son la modulación de amplitud (**AM**), la modulación de frecuencia (**FM**) y la modulación de fase (**PM**).

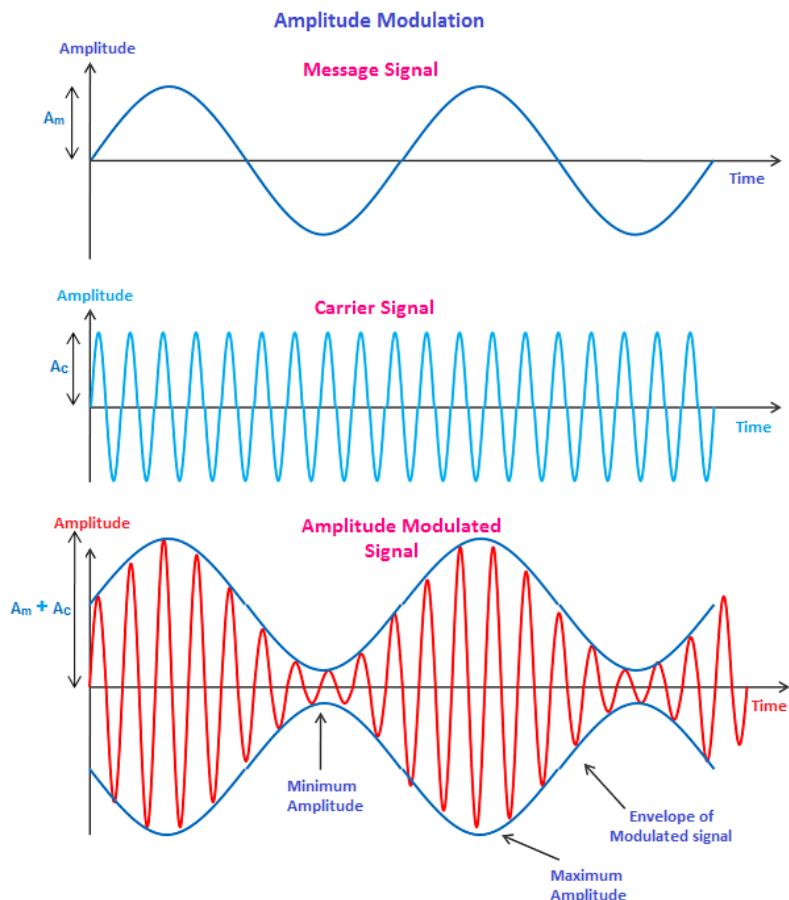
Si tomáramos en cuenta la física del sonido, el solo hecho de querer transmitir la voz humana nos implicaría la construcción de una antena de varios kilómetros de largo. Ya que esto es totalmente impráctico, llega la modulación a resolver este conflicto. En modulación, tendremos una señal **modulante** (información que enviamos) y una señal **portadora** (de alta frecuencia, que nos permitirá transmitir en el espacio). Esto se logra gracias a una multiplicación entre las 2 señales, lo que nos genera una 3er señal que poseerá el espectro de amplitud de la portadora junto con la información recorriendo las bandas laterales de la primera. La portadora por lógica **NUNCA** podrá ser digital (una antena no puede recibir bits).

Partiendo de esta base, podremos hacer que la señal modulante modifique los aspectos físicos de la portadora, ya sea su amplitud, frecuencia o fase.

## Analogico - Analogico

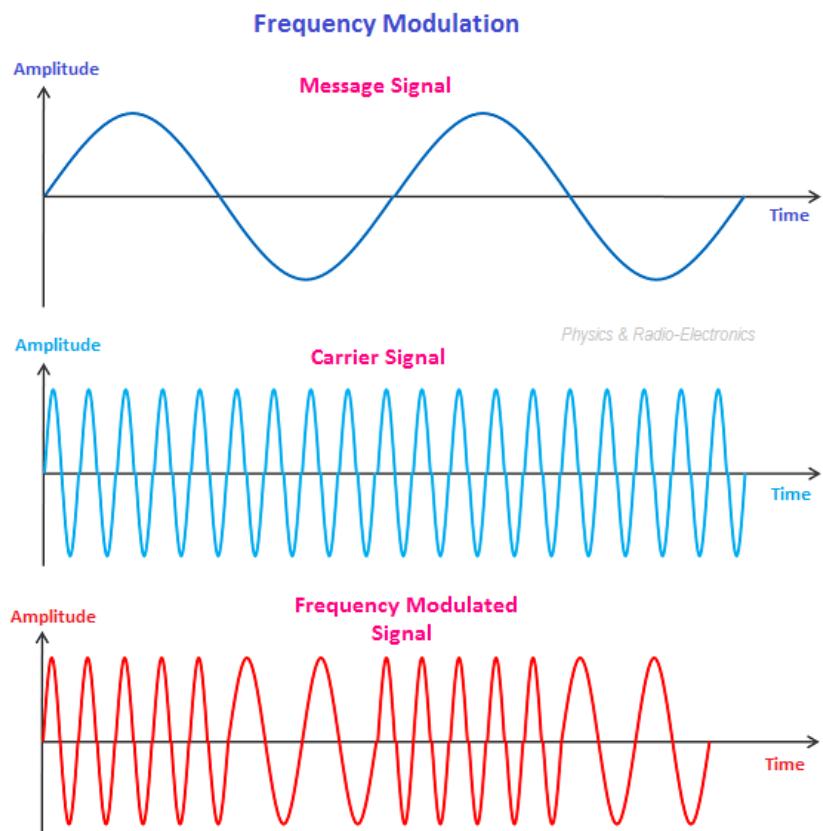
### Amplitud Modulada (A.M.)

En este caso, la señal modulante modificará la amplitud de la portadora. En el caso más típico tenemos la transmisión en doble banda lateral (DSBTC, Double Sideband Transmitted Carrier) pero debido al uso de ancho de banda se diseñó un modo SingleBand donde el uso de ancho de banda era mucho menor y la potencia requerida por la antena también disminuye.



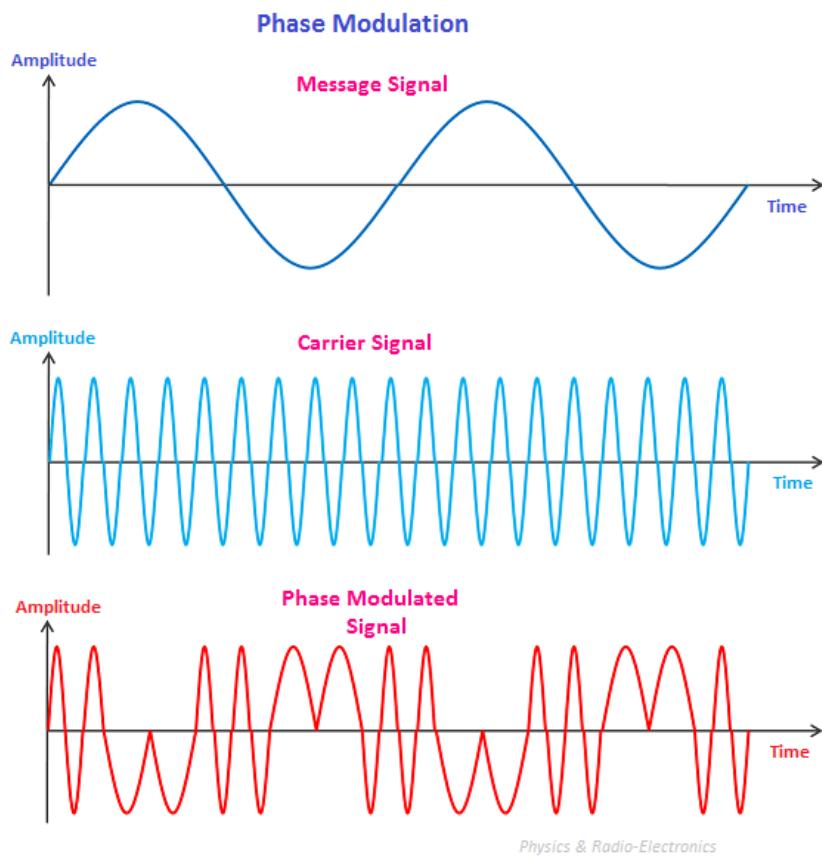
## Frecuencia Modulada (F.M.)

La señal modulante modifica la frecuencia de la portadora.



## Fase Modulada (P.M.)

La señal modulante modifica la fase de la portadora adelantándola o atrasándola respecto a la fase inicial.



## Análogo - Digital

### Modulación por pulsos codificados (PCM)

PCM es un procedimiento de modulación para convertir una señal analógica en digital.

En la figura se muestran los elementos o bloques principales de un sistema PCM.

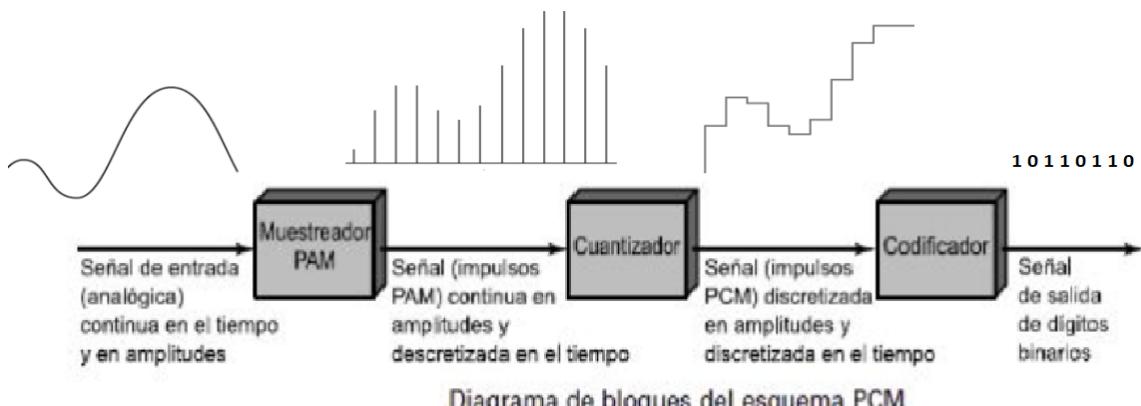


Diagrama de bloques del esquema PCM.

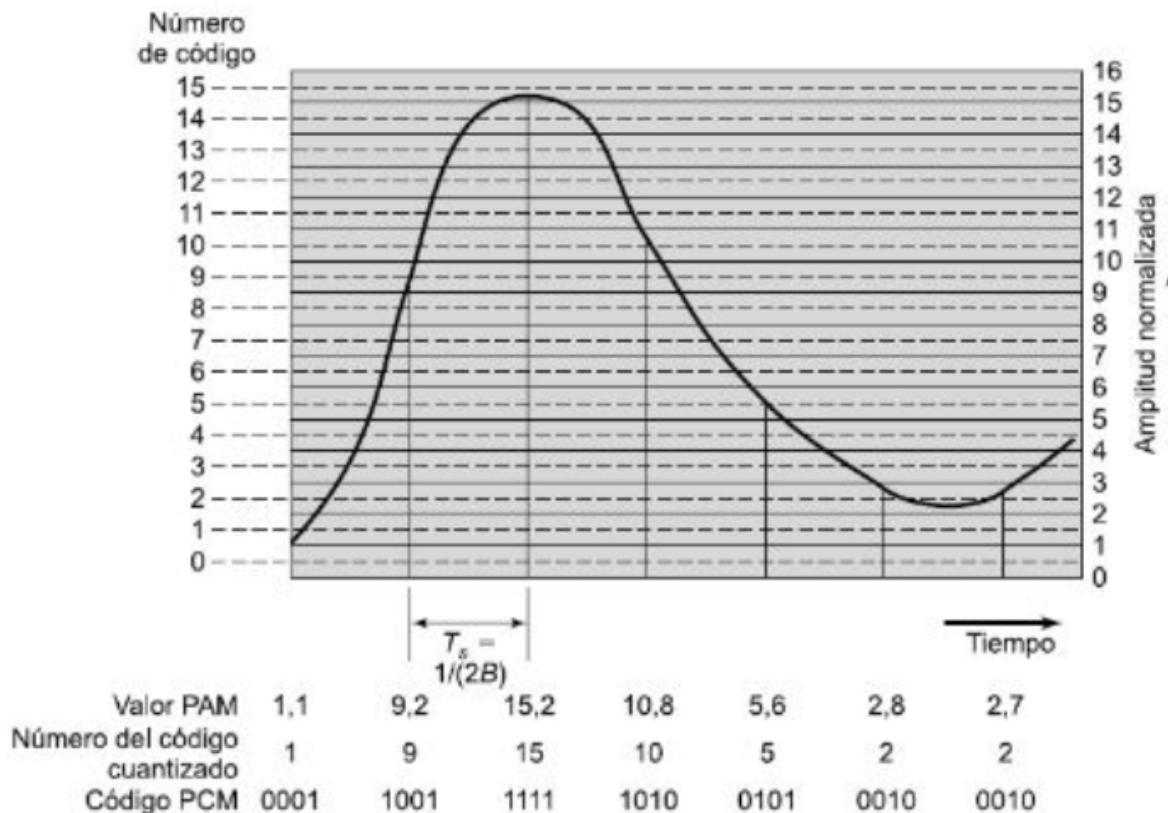
Este tipo de modulación se basa en el teorema de muestreo de Nyquist, el cual afirma que:

*Si una señal  $f(t)$  se muestrea a intervalos regulares de tiempo con una frecuencia mayor que el doble del ancho de banda de la señal de entrada, las muestras así obtenidas*

contienen toda la información de la señal original. La función  $f(t)$  se puede reconstruir a partir de estas muestras mediante la utilización de un filtro paso baja.

$$F_m > 2B$$

En el siguiente gráfico se muestra el proceso de PCM:



### Muestreo

En primera instancia, se toman muestras de la señal analógica para lo cual podemos utilizar la tasa de muestreo de Nyquist. Por lo tanto, si fuese el caso de una señal telefónica que tiene 4Khz, deberíamos muestrear a una velocidad de  $T_s = 1/2B$  que implica 8000 muestras por segundo. Entra la señal analógica y nos devuelve los pulsos PAM que son continuos en amplitud y discretos en tiempo (valores enteros de tiempo).

### Cuantificación

En esta parte, se asigna un valor discreto a cada nivel de tensión obtenido en el muestreo aproximándolo al nivel correspondiente (en este caso de 0 a 16). Entran los pulsos PAM y nos devuelve los impulsos PCM que son discretos en tiempo y amplitud.

### Codificación

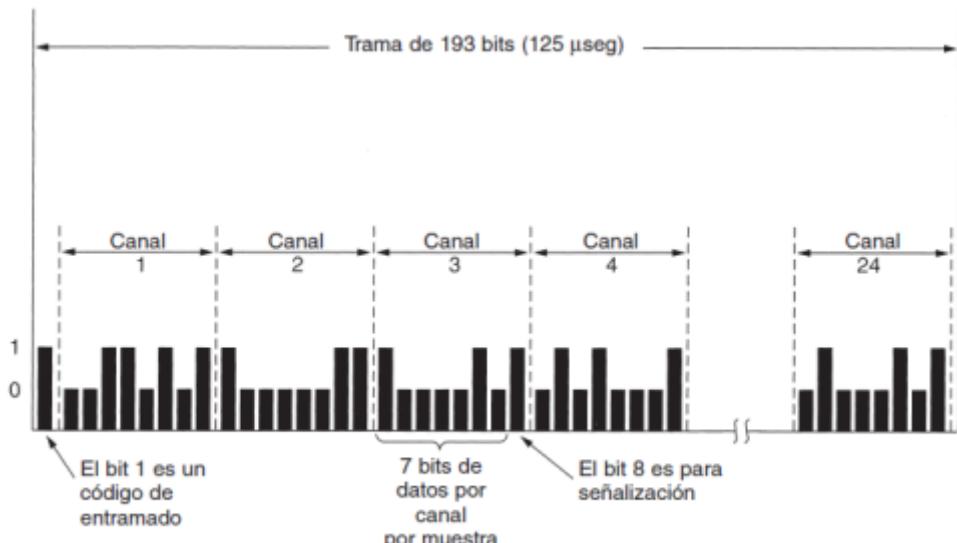
Por último, se asigna a cada nivel un código binario representando el nivel aproximado. Ya que en el proceso no se cumple el teorema de Nyquist debido a que estamos aproximando valores, se generará lo que se denomina error de cuantización.

Así es como obtenemos un conjunto de bloques de  $n$  bits, donde cada bloque corresponde con el valor de la amplitud de la señal analógica en un momento dado. En el receptor, este proceso puede invertirse para obtener la señal original. Entran los impulsos PCM y devuelve una señal de dígitos binarios, más discreto que ella.

### Tramas T1 y E1

Cuando la transmisión digital empezó a surgir como una tecnología factible, el CCITT (ahora se llaman ITU-C y son los que estandarizan estas porongas) era incapaz de lograr un acuerdo respecto al estándar internacional para la **PCM (Modulación por Codificación de Impulsos)**. En consecuencia, ahora se usan diversos esquemas incompatibles en diferentes países alrededor del mundo.

Un método muy utilizado en Estados Unidos y Japón es el de la portadora **T1**, descrito en la siguiente figura. La portadora T1 consiste en 24 canales de voz que se multiplexan juntos. Cada uno de los 24 canales inserta, a la vez, 8 bits en el flujo de salida. Siete bits son de datos y uno es de control, con lo que se obtienen  $7 \times 8000 = 56,000$  bps de datos, y  $1 \times 8000 = 8000$  bps de información de señalización por canal.



La portadora T1 (1.544 Mbps).

Una trama consiste en  $24 \times 8 = 192$  bits más un bit extra para entramado, lo que da 193 bits cada 125 µseg. Esto produce una tasa de transmisión de datos bruta de 1.544 Mbps. El bit número 193 se usa para sincronización de la trama y sigue el patrón 0101010101... Por lo general, el receptor verifica de manera continua este bit para asegurarse de que no ha perdido la sincronización. Si llegara a perder sincronía, el receptor puede esperar hasta detectar otra vez el patrón y volverse a sincronizar. Cuando se utiliza un sistema T1 exclusivamente para datos, sólo 23 de los canales llevan datos. El vigésimo cuarto lleva un patrón especial de sincronización que permite la recuperación rápida en caso de que la trama pierda sincronía.

Cuando el CCITT por fin llegó a un acuerdo, sintió que 8000 bps de información de señalización era demasiado, de modo que su estándar de 1.544 Mbps se basa en un elemento de datos de 8 bits en lugar de 7; es decir, la señal analógica se cuantiza en 256 niveles discretos en lugar de 128. Hay dos variantes (incompatibles). En la señalización por canal común, el bit extra (que se anexa al final y no al principio de la trama de 193 bits) adopta los valores 10101010... en las tramas pares y contiene información de señalización para todos los canales de las tramas pares. En la otra variante, la señalización por canal asociado, cada canal tiene su propio subcanal privado de señalización. Se establece un subcanal privado asignando uno de los ocho bits de usuario de cada sexta trama a funciones de señalización, así que cinco de cada seis muestras tienen 8 bits de ancho y la otra sólo tiene 7.

El CCITT también recomendó una portadora PCM a 2.048 Mbps llamada **E1**. Esta portadora empaca 32 muestras de datos de 8 bits en la trama básica de 125 µseg. Treinta de los canales se usan para información y dos para señalización. Cada grupo de cuatro tramas proporciona 64 bits de señalización, la mitad de los cuales se usa para señalización por canal asociado y el resto se usa para sincronización de tramas o se reserva para que cada país los use como quiera. El primer canal se utiliza para sincronismo, y el decimosexto para señalización.

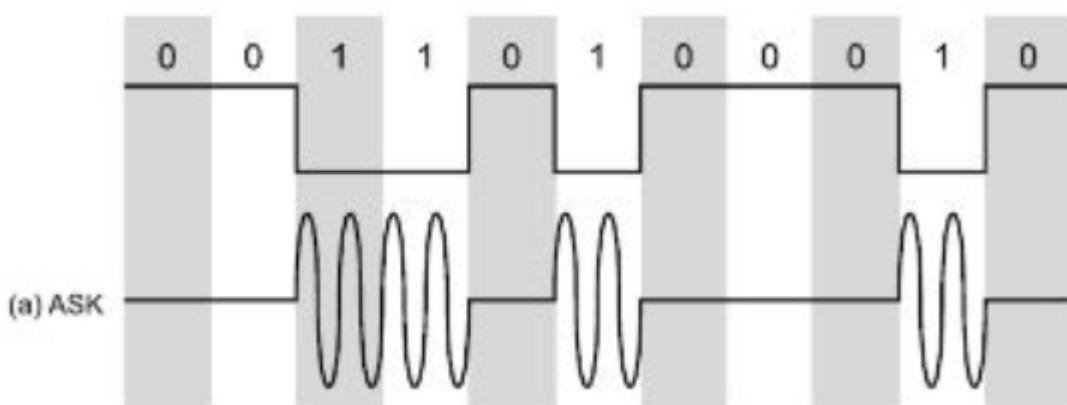
Fuera de Norteamérica y Japón, se utiliza la portadora **E1** de 2.048 Mbps en lugar de la **T1**.

## Digital - Analogico

Este caso es el aplicado en transmisión de datos digitales por medio de la red telefónica que maneja señales analógicas. Sin embargo, el uso de módems (modulador - demodulador) permite la conversión de datos digitales para poder ser enviados por la red. Como habíamos dicho anteriormente, para modular variamos alguno de los 3 parámetros básicos de una señal: Amplitud, frecuencia y fase. Por esto, vamos a tener 3 técnicas de modulación digital - analógico. En cada caso, el ancho de banda resultante dependerá de la frecuencia de la portadora.

### Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK)

En este caso, se representan ambos valores binarios por amplitudes distintas en la señal analógica. Comúnmente el 0 se representa con amplitud 0 (denominado On-Off Keying).



Las ecuaciones de la señal estarán dadas por:

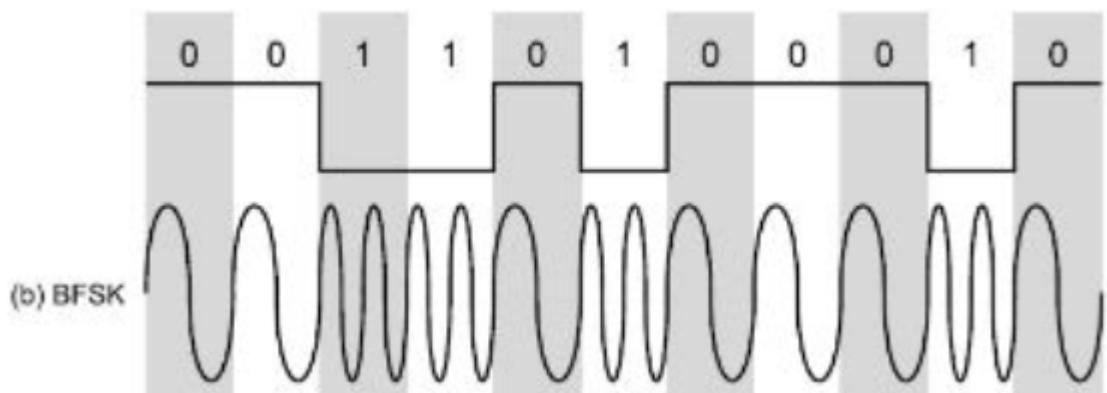
$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t) & 1 \text{ binario} \\ 0 & 0 \text{ binario} \end{cases}$$

El BW requerido para modular en ASK, es el doble (considerando una señal que se codifica en NRZ):

$$BW_{ASK} = 2(\frac{1}{T_b}) = 2\tau = 2B$$

### Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)

Para este tipo, se utilizan 2 valores de frecuencia diferentes para representar al 1 y al 0.



Las ecuaciones serán:

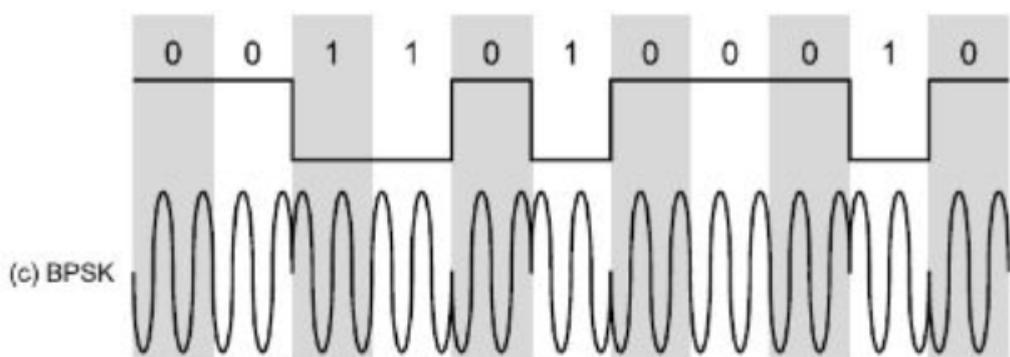
$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_1 t) & 1 \text{ binario} \\ A \cos(2\pi f_2 t) & 0 \text{ binario} \end{cases}$$

El BW requerido para modular en FSK es:

$$BW_{FSK} = 2(\Delta f + B)$$

#### Modulación por desplazamiento de fase (PSK)

Para este tipo, el caso más simple se denomina BPSK o PSK binario. Donde se utilizan 2 fases para representar a cada dígito binario.



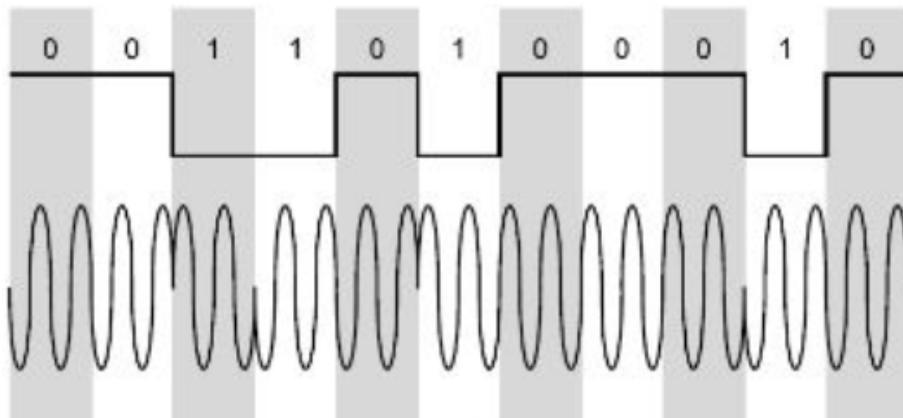
Por lo que, las ecuaciones de la señal serán:

$$s(t) = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t) & 1 \text{ binario} \\ A \cos(2\pi f_c t + \pi) & 0 \text{ binario} \end{cases} = \begin{cases} A \cos(2\pi f_c t) & 1 \text{ binario} \\ -A \cos(2\pi f_c t) & 0 \text{ binario} \end{cases}$$

El BW para modular en BPSK es:

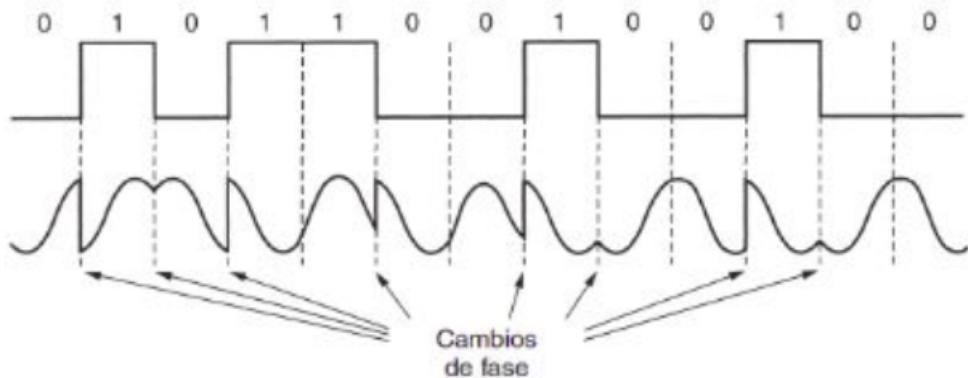
$$BW_{BPSK} = 2B$$

Una variante de esto es DPSK o PSK diferencial. Donde un 0 se representa utilizando la misma fase que el elemento anterior, mientras que un 1 representa invertir la fase respecto del elemento anteriormente transmitido.

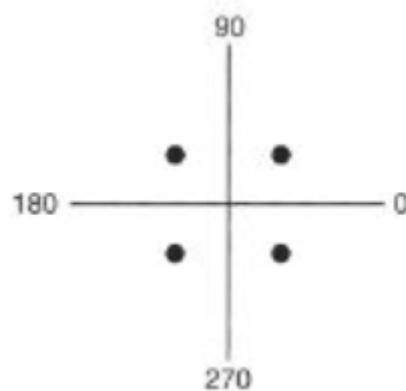


Modulación por desplazamiento de fase diferencial (DPSK).

Otra variante que mejora el uso del ancho de banda es QPSK o PSK en cuadratura. Donde en vez de usar cambios de fase de  $180^\circ$ , se usan desplazamientos múltiplos de  $\pi/2$  ( $90^\circ$ )



Como se puede ver, ahora cada elemento de señalización representa 2 bits en vez de uno (dados por las 4 regiones del diagrama de constelaciones y por los 4 cambios de fase posibles - Son las combinaciones posibles con 2 bits). Esto lo podemos plasmar en un diagrama conocido como diagrama de constelaciones. Aquí, se plasman los bits mediante el código de Gray que favorece a minimizar la tasa de bits erróneos haciendo variar de a 1 bit entre regiones adyacentes.



Aquí, identificamos la amplitud como una línea que iría desde el origen de coordenadas a cada punto y la fase como el ángulo que forman desde el eje x positivo.

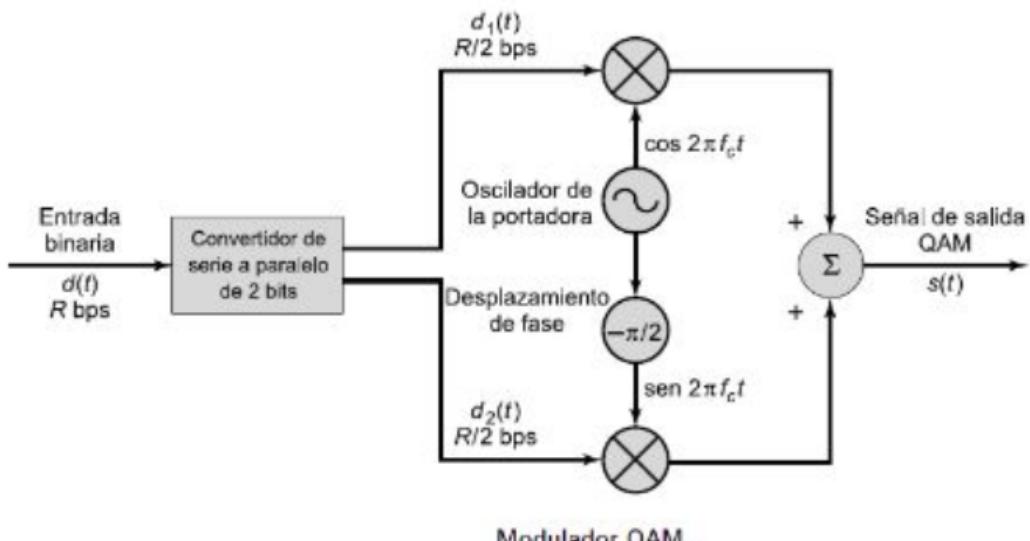
El eje horizontal es la amplitud y el vertical, la fase.

Para mejorar la eficiencia espectral, debo aumentar la cantidad de bits enviados por intervalo de tiempo de la portadora, aplicando codificaciones M-arias o multinivel (QPSK-NQAM). Cuantas más fases utilizamos, mejor relación S/N necesitamos, ya que en el diagrama de constelaciones “los puntos se juntan”, por lo que es más difícil distinguir a qué fase pertenece cada uno.

BPSK generalmente se utiliza para transmisiones de bajo costo y calidad. La modulación de fase es la más estable en relación al ruido.

### Modulación por desplazamiento de amplitud en cuadratura (QAM)

QAM surge como una combinación de ASK y PSK. Se aprovecha el concepto de poder transmitir 2 señales diferentes en la misma portadora pero desplazadas 90°. De todos modos, hay que tener en cuenta que cambia fase y amplitud al mismo tiempo, y la variación en amplitud afecta al ruido. Se usa para transmisiones de alta velocidad con BW restringido (televisión, microondas, satélites, modem de alta velocidad). 64/256 QAM se usan en tecnologías cable modem y tv digital sobre redes HFC. Podemos ver el proceso de un modulador QAM en el siguiente gráfico.



Primero, tenemos nuestra cadena de bit que se separa en dos secuencias tomando bits de forma alternada. La secuencia de arriba se modula en ASK con la portadora de frecuencia  $f_c$ . La misma portadora se desplaza en 90° y se usa para modular la otra secuencia de bits de abajo. Ambas señales ahora se suman y se transmiten. La señal total se puede representar como:

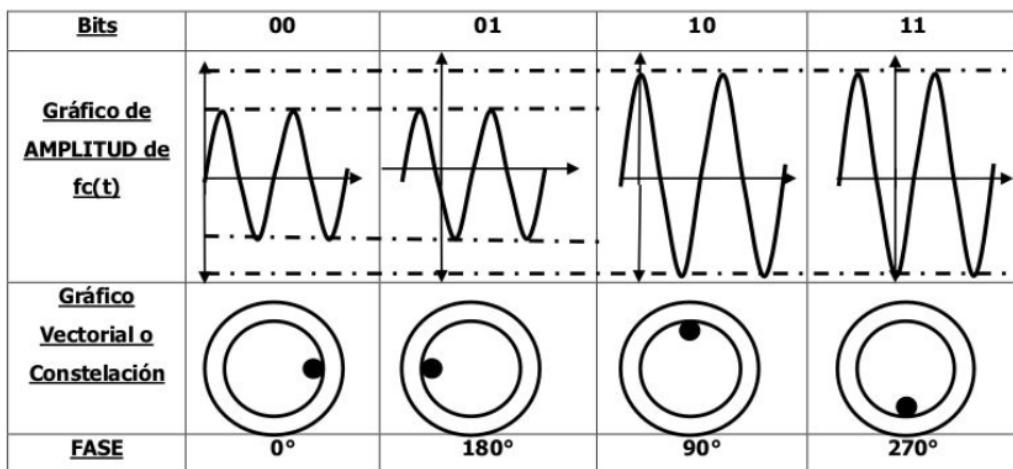
$$\text{QAM} \quad s(t) = d_1(t) \cos 2\pi f_c t + d_2(t) \sin 2\pi f_c t$$

Si tenemos un esquema ASK de dos bits tendremos 4 (2x2) puntos en la constelación. Extrapolando esto, podremos obtener constelaciones de 64 o inclusive 256 estados, los cuales se utilizan en la actualidad para redes catv por ejemplo. Si bien, a mayor número de

estados, permite mayor velocidad de transmisión, se incrementa también la cantidad potencial de errores por ruido o atenuación.

Es decir, para un ejemplo donde tenemos un esquema 4-QAM tenemos 4 variaciones de amplitud y de fase.

**Modulación 4 QAM:** Con **2 bits** se tienen **4 variaciones de AMPLITUD** y de **FASE**



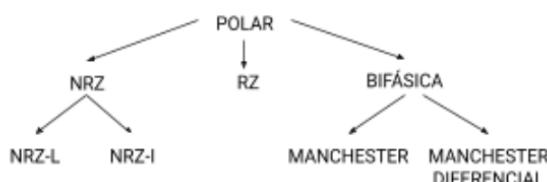
**Fig. 23**

## Digital - Digital

### Transmisión de banda base

Transmisión de banda base significa enviar una señal digital a través de un canal sin cambiar la señal digital a una señal analógica. Requiere de un canal de paso bajo, con ancho de banda que empiece en cero.

**Banda base:** Conjunto de señales que no sufren ningún proceso de modulación a la salida de la fuente que las origina, es decir son señales que son transmitidas en su frecuencia original. Dichas señales se pueden codificar y ello da lugar a los códigos de banda base. Estas se pueden clasificar en unipolares, polares y bipolares.

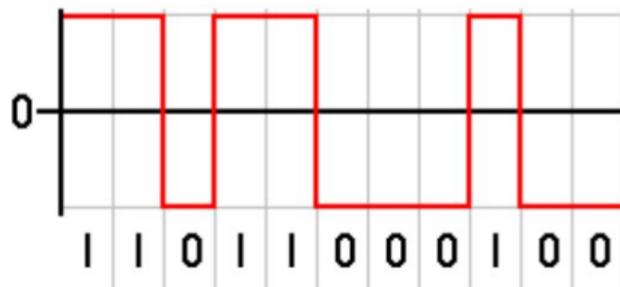


Cuando tenemos datos digitales y una transmisión digital, se utilizarán codificaciones de los bits de entrada para adaptarse al sistema de transmisión. Aquí, haremos una clasificación de los diferentes códigos dependiendo de la forma de la onda binaria.

- Unipolar: La señal varía entre 0 a 5 voltios. Se mantiene en el mismo signo el intervalo de voltios.
- Polar: La señal tiene un valor positivo y uno negativo de voltaje para representar los bits.

### **NRZ (Non-return to zero)**

Es la forma más sencilla de codificar datos digitales. Está dada por un valor de voltaje positivo para los 1 y uno negativo para los 0, los cuales nunca regresan a cero sino que se mantienen constantes para todo el bit.



Existen 2 variantes: NRZ-L y NRZ-I

### **NRZ-L (level)**

Similar a NRZ solo que utiliza un valor positivo de tensión para los 0 y uno negativo para los 1.

La desventaja es que presenta componente continua y se dificulta la sincronización cuando hay muchos 0 y 1 seguidos.

### **NRZ-I (invert on ones)**

En esta variante, un 1 se representa por un cambio de tensión, sea de bajo a alto o de alto a bajo, mientras que un 0 se representa por la ausencia de transiciones

Con esta variante se obtiene una solución parcial al problema de la sincronización ya que las cadenas largas 1 no serán un problema, pero si las de 0.

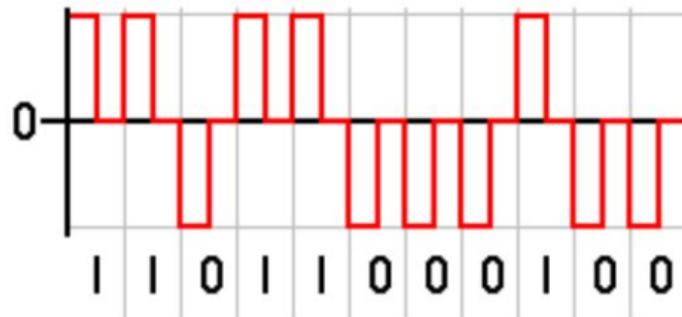
Estos códigos NRZ son fáciles de implementar, se comportan bien ante el ruido y hacen un uso eficiente del ancho de banda. El problema principal de este tipo de códigos es la sincronización, ya que al permanecer en alto o bajo por mucho tiempo puede provocar que el receptor sufra una situación denominada desplazamiento de línea base.

### **RZ (Return to zero)**

En este tipo de códigos, la señal vuelve a cero entre cada pulso, incluso ante valores consecutivos. Esto hace que tenga una señal de reloj incorporada pero utiliza el doble de ancho de banda que los códigos NRZ.

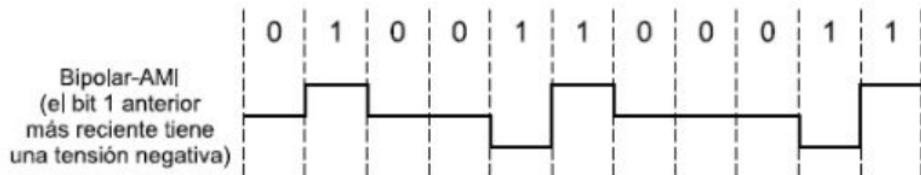
Existen 2 variantes. El retorno a cero, que representa los 1 como subidas de tensión, y los 0 como ausencia de la misma; y el retorno a la polaridad que representa los 1 como subida de tensión y los 0 como bajadas de tensión.

En ambos casos, siempre se vuelve a cero entre cada bit.



### AMI-Bipolar

En este caso, un 0 representa ausencia de tensión mientras que los 1 representan subidas o bajadas de tensión, alternando entre cada bit 1 que venga en la entrada.



Esto da una serie de beneficios, entre ellos:

- Cada 1 fuerza a un cambio de tensión, por lo que no habrá problemas de sincronización por cadenas largas de 1. La cadena larga de 0 sigue siendo un problema.
- Por lo anterior, evita la componente continua y reduce el ancho de banda con respecto a NRZ.
- Proporciona una forma sencilla de detectar errores.

Existe el AMI/B8ZS que introduce cambios artificiales denominados violaciones, que se utiliza para sustituir cadenas de 8 ceros consecutivos. Cuando encuentra una cadena de 8 ceros consecutivos, si el pulso anterior era un valor positivo, sustituye por 000+-0-+, si en cambio, el pulso anterior era negativo, sustituye por 000+-0+-.

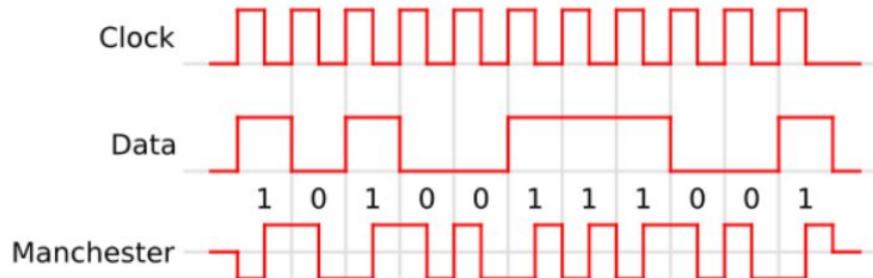
También está el AMI/HDB3 que introduce cambios solo cuando hay 4 ceros consecutivos, si es el mismo signo que el anterior introduce 000V, en cambio, si es distinto, introduce B00V.

### BI-FASE

Los códigos bifase se crearon con la intención de mitigar los problemas de los códigos NRZ. Dos grandes exponentes de este tipo son Manchester y Manchester diferencial, que son muy utilizados en el mundo de las comunicaciones, por ejemplo, en Ethernet (manchester).

## Manchester

Las señales de datos y de reloj se combinan en una sola, que auto-sincroniza el flujo de datos. Cada bit codificado tiene una transición a la mitad del tiempo. El verdadero valor del bit está dado por la primera mitad del intervalo y la segunda parte se usa para llenar el tiempo. Aquí, una transición de bajo a alto representa un 1, mientras que una de alto a bajo representa un 0. La desventaja es que se dobla el uso de ancho de banda respecto a NRZ.



## Aclaración

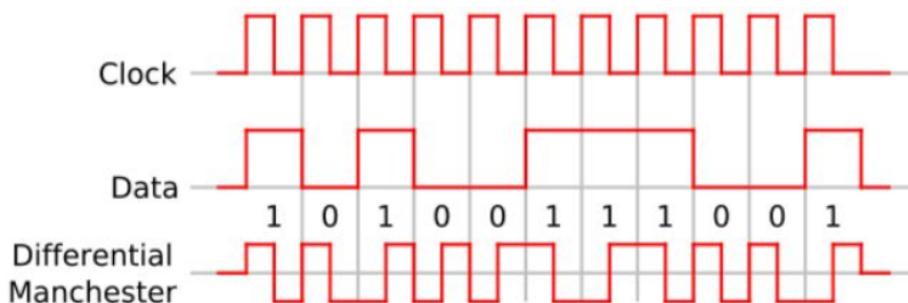
Hay dos formas de representar el código manchester:

E.G. Thomas (Original 1949) 1 cae, 0 sube.

IEEE 802.3 1 sube, 0 cae.

## Manchester diferencial

Presenta un esquema diferencial respecto a Manchester, es decir, que utiliza un valor (el 1 en este caso) para ausencia de transiciones y otro (el 0) para presencia de transiciones.



Los códigos manchester solucionan el problema de la componente continua pero no soportan largas distancias ya que usan el doble de BW, se utilizan para LAN.

## Ancho de Banda (BW)

Podemos saber el ancho de banda de la señal modulada con respecto al ancho de banda base.

Tipo de Modulación	Ancho de Banda de nulo a nulo (B=ancho de banda base)	Tasa de Bits
ASK	2B	R
BPSK	2B	R
QPSK	B	R
8PSK	2B/3	3R
16PSK	B/2	4R
8QAM (n=3)	2B/3	3R
16QAM (n=4)	B/2	4R
64QAM (n=6)	B/3	6R

$$B_{modulada} = \frac{2B}{n}$$

siendo n: cantidad de bits / símbolo.

Dado un nivel de ruido, cuanto mayor es la velocidad de transmisión, mayor es la tasa de errores.

## Unidad Nro. 3: MEDIOS DE TRANSMISIÓN

### Medios de transmisión

Los medios de transmisión se pueden clasificar como guiados y no guiados. Los **medios guiados** proporcionan un camino físico a través del cual se propaga la señal; entre éstos están el par trenzado, el cable coaxial y la fibra óptica.

Los **medios no guiados** utilizan una antena para transmitir a través del aire, el vacío o el agua. En el diseño de sistemas de transmisión es deseable que tanto la distancia como la velocidad de transmisión sean lo más grandes posibles. Hay una serie de factores relacionados con el medio de transmisión y con la señal que determinan tanto la distancia como la velocidad de transmisión, estos son el ancho de banda, las dificultades en la transmisión, interferencias y el número de receptores (si es un medio guiado).

### **Par telefónico**



Consiste en dos cables de cobre paralelos, sin retorcer ni blindar, únicamente aislados con un recubrimiento de plástico, para que no hagan cortocircuito. Al ser paralelos, se transforman en antenas y captan ruidos, interferencias e incluso se pueden inducir señales de canales paralelos, es decir se acoplan.

El cable **multipar telefónico** está formado por muchos pares telefónicos, 10, 20, 100, 120, 600, y hasta 1200. Son los cables que colocan las centrales telefónicas, ya sea en postes aéreos, enterrados o en canaletas. El par telefónico utiliza conectores RJ11.

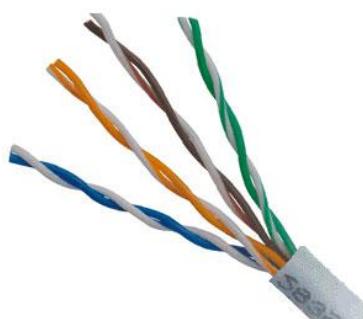
### **Código de colores para cables telefónicos (re al pedo)**

- 1) Blanco - Azul
- 2) Blanco - Naranja
- 3) Blanco - Verde
- 4) Blanco - Marrón
- 5) Blanco – Gris
- 6) Negro - Azul
- 7) Negro - Naranja
- 8) Negro - Verde
- 9) Negro - Marrón
- 10) Negro – Gris
- 11) Violeta - Azul
- 12) Violeta - Naranja
- 13) Violeta - Verde
- 14) Violeta - Marrón

- 15) Violeta – Gris
- 16) Rojo - Azul
- 17) Rojo - Naranja
- 18) Rojo - Verde
- 19) Rojo - Marrón
- 20) Rojo – Gris
- 21) Amarillo - Azul
- 22) Amarillo - Naranja
- 23) Amarillo - Verde
- 24) Amarillo - Marrón
- 25) Amarillo – Gris

Los primeros 25 pares se colocan en una cinta Blanco – Azul, los segundos en una Blanco – Naranja, y así sucesivamente.

## Par trenzado



### Construcción física

El par trenzado consiste en dos cables de cobre embutidos en un aislante, entrecruzados en forma de bucle espiral.

Cada par de cables constituye un enlace de comunicación. Normalmente, varios pares se encapsulan conjuntamente mediante una envoltura protectora. El uso del trenzado tiende a reducir las interferencias electromagnéticas (diafonía) entre los pares adyacentes dentro de una misma envoltura, ya que produce que se cancelen las ondas y reduce la interferencia eléctrica tanto exterior como de pares cercanos. Para este fin, los pares adyacentes dentro de una misma envoltura se trenzan con pasos de torsión diferentes. En enlaces de larga distancia, la longitud del trenzado varía entre 5 cm y 15 cm.

Los conductores que forman el par tienen un grosor de 0,6 mm (23 AWG) y 0,5 mm (24 AWG). AWG (calibre de alambre estadounidense) hace referencia al diámetro del cable según el estiramiento del mismo. El par telefónico tiene 0,4 mm de diámetro (26 AWG).

## Aplicaciones

### Red Telefónica

La aplicación más común del cable de par trenzado es en el sistema telefónico. Casi todos los teléfonos están conectados a la compañía telefónica mediante un cable de par trenzado. Igualmente, dentro de los edificios de oficinas, cada teléfono se conecta mediante par trenzado a la central privada. La distancia que se puede recorrer con estos cables es de varios kilómetros sin necesidad de amplificar las señales, pero para distancias mayores se

requieren repetidores. Estas instalaciones de pares trenzados se diseñaron para transportar tráfico de voz mediante señalización analógica. No obstante, con el uso de los módem, esta infraestructura puede utilizarse para transportar tráfico digital a velocidades de transmisión reducidas.

### Redes LAN

En la señalización digital, el par trenzado es, igualmente, el más utilizado. El par trenzado también se utiliza, dentro de edificios, como medio de transmisión para las redes de área local. La velocidad típica en este tipo de configuraciones está en torno a los 10 Mbps. No obstante, recientemente se han desarrollado redes de pares trenzados con velocidades de hasta 1 Gbps, aunque estas configuraciones están bastante limitadas en el número de posibles dispositivos a conectar y en la extensión geográfica de la red. Para aplicaciones de larga distancia, el par trenzado se puede utilizar a velocidades de 4 Mbps o incluso mayores.

El par trenzado es mucho menos costoso que cualquier otro medio de transmisión guiado (cable coaxial o fibra óptica) y, a la vez, es más sencillo de manejar.

### **Características de transmisión**

Los cables de par trenzado se pueden utilizar para transmisión analógica y digital. El ancho de banda depende del grosor del cable y de la distancia que recorre; en muchos casos pueden obtenerse transmisiones de varios megabits/seg, en distancias de pocos kilómetros. Al transmitir señales analógicas exige amplificadores cada 5 o 6 km. Para transmisión digital (usando señales analógicas o digitales), requiere repetidores cada 2 o 3 km.

Comparado con otros medios guiados (como el cable coaxial o la fibra óptica), el par trenzado permite distancias menores, menor ancho de banda y menor velocidad de transmisión. Este medio se caracteriza por su gran susceptibilidad a las interferencias y al ruido, debido a su fácil acoplamiento con campos electromagnéticos externos. Así, por ejemplo, un cable conductor situado en paralelo con una línea de potencia que conduzca corriente alterna captará energía.

### **Tipos de pares trenzados**

**Unshielded twisted pair (UTP)** o par trenzado sin blindaje: son cables de pares trenzados sin blindar que se utilizan para diferentes tecnologías de redes locales. Son de bajo costo y de fácil uso, pero producen más errores que otros tipos de cable y tienen limitaciones para trabajar a grandes distancias sin regeneración de la señal, su impedancia es de 100 ohmios.

**Shielded twisted pair (STP)** o par trenzado blindado: se trata de cables de cobre aislados dentro de una cubierta protectora, con un número específico de trenzas por pie. STP se refiere a la cantidad de aislamiento alrededor de un conjunto de cables y, por lo tanto, a su inmunidad al ruido. Se utiliza en redes de ordenadores como Ethernet o Token Ring. Es más caro que la versión sin blindaje y su impedancia es de 150 ohmios.

**Foiled twisted pair (FTP)** o par trenzado con blindaje global: son cables de pares que poseen una pantalla conductora global en forma trenzada, formada por papel de aluminio. Mejora la protección frente a interferencias y su impedancia es de 120 ohmios.

**Screened fully shielded twisted pair (SFTP)** es un tipo especial de cable que utiliza múltiples versiones de protección metálica, estos son blindados y apantallados.

### Categorías

Se señalan en negrita las categorías más importantes

Categoría	Ancho de banda	Aplicaciones	Notas
<b>Categoría 1</b>	0,4 MHz	Líneas telefónicas y módem de banda ancha.	No descrito en las recomendaciones del EIA/TIA. No es adecuado para sistemas modernos.
<b>Categoría 2</b>	4 MHz	Cable para conexión de antiguos terminales como el IBM 3270.	No descrito en las recomendaciones del EIA/TIA. No es adecuado para sistemas modernos
<b>Categoría 3</b>	16 MHz	10BASE-T and 100BASE-T4 Ethernet	Descrito en la norma EIA/TIA-568. No es adecuado para transmisión de datos mayor a 16 Mbit/s
<b>Categoría 4</b>	20 MHz	16 Mbit/s Token Ring	
<b>Categoría 5</b>	100 MHz	100BASE-TX y 1000BASE-T Ethernet	
<b>Categoría 5e</b>	100 MHz	100BASE-TX y 1000BASE-T Ethernet	Mejora del cable de Categoría 5. En la práctica es como la categoría anterior pero con mejores normas de prueba. Es adecuado para Gigabit Ethernet
<b>Categoría 6</b>	250 MHz	Mejora del cable de Categoría 5. En la práctica es como la categoría anterior pero con mejores normas de prueba. Es adecuado para Gigabit Ethernet	Cable más comúnmente instalado en Finlandia según la norma SFS-EN 50173-1.
Categoría 6a	250 MHz	10GBASE-T Ethernet (en)	

		<b>desarrollo)</b>	
Categoría 7	600 MHz	<b>En desarrollo.</b> Aún sin aplicaciones.	En desarrollo. Aún sin aplicaciones.
Categoría 7a	1200 MHz	Para servicios de telefonía, Televisión por cable y Ethernet 1000BASE-T en el mismo cable	Para servicios de telefonía, Televisión por cable y Ethernet 1000BASE-T en el mismo cable
Categoría 8	1200 MHz	<b>Norma en desarrollo.</b> Aún sin aplicaciones.	Norma en desarrollo. Aún sin aplicaciones.
Categoría 9	25000 MHz	<b>Norma en creación</b> por la UE.	Cable S/FTP (pares blindados, cable blindado trenzado) de 8 pares de milar polyamida.

\*Las categorías 6a en adelante, están en desarrollo

### Norma EIA/TIA

Pin	Color T568A	Color T568B	Pines en conector macho (en conector hembra se invierten)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

The diagram shows an RJ45 connector with its internal pins numbered from 1 to 8. The top row of pins (1, 2, 3, 4) corresponds to the T568A standard, while the bottom row (5, 6, 7, 8) corresponds to the T568B standard. The colors for each pin are: Pin 1 (W-G), Pin 2 (G), Pin 3 (W-O), Pin 4 (BL), Pin 5 (W-BL), Pin 6 (O), Pin 7 (W-BR), and Pin 8 (BR). The text "Pin Position" is written above the pins.

## Cableado Estructurado

La necesidad de unificar las distintas redes de los años 80 fue la necesidad de crear un sistema estándar que se concretó con la norma **TIA/EIA 568A**. (Después de la división de la compañía AT&T en los Estados Unidos, se hicieron intentos para simplificar el cableado, mediante un enfoque más universal).

Un sistema de cableado estructurado es la infraestructura de cable destinada a transportar, a lo largo y ancho de un edificio, las señales que emite un emisor de algún tipo de señal hasta el correspondiente receptor. Al ser un sistema modular, los crecimientos en la instalación se pueden cubrir muy fácil y rápidamente. Toda la instalación debe hacerse de acuerdo a las normas y estándares definidos por la EIA/TIA 568.

Otro de los beneficios del cableado estructurado es que permite “**la administración sencilla y sistemática de las mudanzas y cambios de ubicación de personas y equipos**”. Tales como el sistema de cableado de telecomunicaciones para edificios que presenta como característica saliente de ser general, es decir, soporta una amplia gama de productos de telecomunicaciones sin necesidad de ser modificado.

### **Estructurado**

Al concepto de “**estructurado**” lo definen los siguientes puntos:

**Solución Segura**



El cableado se encuentra instalado de tal manera que los usuarios del mismo, tienen acceso a lo que deben de tener y el resto del cableado se encuentra perfectamente protegido.

**Solución Longeva**



Cuando se instala un cableado estructurado se convierte en parte del edificio, así como lo es la instalación eléctrica, por tanto este tiene que ser igual de funcional que los demás servicios del edificio. La gran mayoría de los cableados estructurados pueden dar servicio por un periodo de hasta 20 años, no importando los avances tecnológicos en las computadoras.

**Modularidad**



Capacidad de integrar varias tecnologías sobre el mismo cableado voz, datos, video.

**Fácil Administración**



El cableado estructurado se divide en partes manejables que permiten hacerlo confiable y perfectamente administrable, pudiendo así detectar fallas y repararlas fácilmente.

Entre las características generales de un sistema de cableado estructurado destacan las siguientes:

- Soporta:
  - LAN's (Ethernet, Fast Ethernet, Token-ring, Arcnet, FDDI/TP-PMD).
  - Datos discretos (Mainframes, minicomputadoras).
  - Voz/Datos integrados (PBX, Centrex, ISDN).
  - Video (señales en banda base, ej.: seguridad de edificios; señales en banda amplia, ej.: TV en escritorio).
- Evoluciona para soportar aplicaciones futuras, garantizando así su vigencia en el tiempo.
- Simplifica las tareas de administración, minimizando las posibilidades de alteración del cableado.
- Responde a los estándares. Por esta causa garantiza la compatibilidad y calidad conforme a lo establecido por las siguientes organizaciones:
  - EIA/TIA- Electronics Industries Association. / Telecommunications Industry Association.
  - CSA- Canadian Standards Association.
  - IEEE- Institute of Electrical & Electronics Engineers.
  - ANSI- American National Standards Institute.
  - ISO - International Organization for Standardization.
- La configuración de nuevos puestos se realiza hacia el exterior desde un nodo central, sin necesidad de variar. La localización y corrección de averías se simplifica ya que los problemas se pueden detectar a nivel centralizado.

## Requerimientos para la conexión física



**Dispositivo**

Cualquier aparato que queramos conectar a la red, puede ser un teléfono, computadora, etc.



**Patch Cord**

Debemos contar con un cable que une un dispositivo a la placa que se encuentra en la pared (en el área de trabajo), este es un cable de alta resistencia ya que está considerado para ser conectado y desconectado cuantas veces lo requiera el usuario.



**Placa con servicios (Jack o Roseta)**

Esta placa contiene los conectores en donde puede ser conectado un dispositivo, pensando en una red de datos, tendremos un conector RJ45 donde puede ser insertado el plug del cable, y pensando en un teléfono, pues tendremos un conector RJ11 para insertar ahí el conector telefónico. La misma placa puede combinar servicios (voz, datos, video, etc).



## Cableado Oculto

Es la parte del cableado que nunca debe ser movida una vez instalada, es el cable que viaja desde el área de trabajo, hasta el closet de comunicaciones donde se concentran todos los puntos que vienen de las áreas de trabajo. Este puede viajar entubado, en canaletas, escalerillas, o similares.



## Panel de Parcheo (Patch Panel)

Todos los cables que vienen de las áreas de trabajo al llegar al closet de comunicaciones se terminan de alguna manera en la que se puedan administrar.

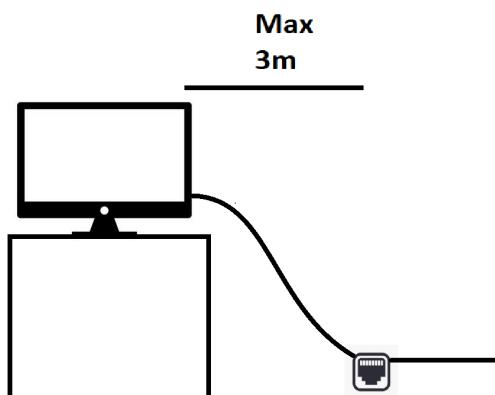
## Elementos Principales de un Cableado Estructurado

### Subsistemas EIA/TIA 568

De acuerdo a la norma, un sistema de cableado estructurado consta de 6 subsistemas funcionales y 1 subsistema de administración:

1. Área de Trabajo (Work Area).
2. Cableado Horizontal (Horizontal cabling).
3. Cableado Troncal (Backbone Cabling).
4. Armario de Telecomunicaciones (Telecommunications Closet).
5. Sala de Equipos (Equipment Room).
6. Instalaciones de Entrada (Entrance Facilities).
7. Administración.

### Subsistema de Área de trabajo



Es el lugar donde se encuentra el personal trabajando con las computadoras, impresoras, etc. En este lugar se instalan los servicios (nodos de datos, telefonía, energía eléctrica, etc). El área de trabajo se extiende de la toma/conector de telecomunicaciones o el final del sistema de cableado horizontal, hasta el equipo de la estación y está fuera del alcance de la norma EIA/TIA 568A. El equipo de la estación puede incluir, pero no se limita a, teléfonos, terminales de datos y computadoras.

**Se deben hacer ciertas consideraciones cuando se diseña el cableado de las áreas de trabajo:**

- El cableado de las áreas de trabajo generalmente no es permanente y debe ser fácil de cambiar.
- La longitud máxima del cable horizontal se ha especificado con el supuesto que el patch cord empleado en el área de trabajo tiene una longitud máxima de 3 m.
- Comúnmente se emplean cordones con conectores idénticos en ambos extremos



#### Salidas de área de trabajo

Los ductos a las salidas del área de trabajo deben prever la capacidad de manejar **tres cables**. Las salidas de área de trabajo deben contar con un mínimo de **dos conectores**. Uno de los conectores debe ser del tipo RJ-45 bajo el código de colores de cableado T568A (recomendado) o T568B.

Algunos equipos requieren componentes adicionales en la salida del área de trabajo. Estos componentes no deben instalarse como parte del cableado horizontal, deben instalarse externos a la salida del área de trabajo. Esto garantiza la utilización del sistema de cableado estructurado para otros usos.

Este subsistema incluye los siguientes elementos:

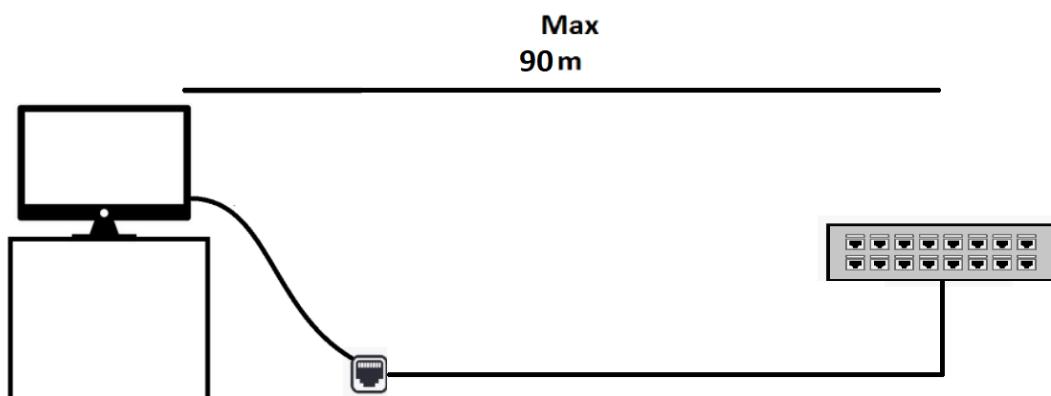
- Salida de información propiamente dicha (el estándar es tipo RJ45).
- Cable flexible UTP de 3 metros, calibre 24 AWG de 4 pares.
- Toma de Telecomunicaciones (generalmente ubicada en la pared) con un mínimo de dos puertos de salida de información, uno para voz y uno para datos.

## Cableado Horizontal

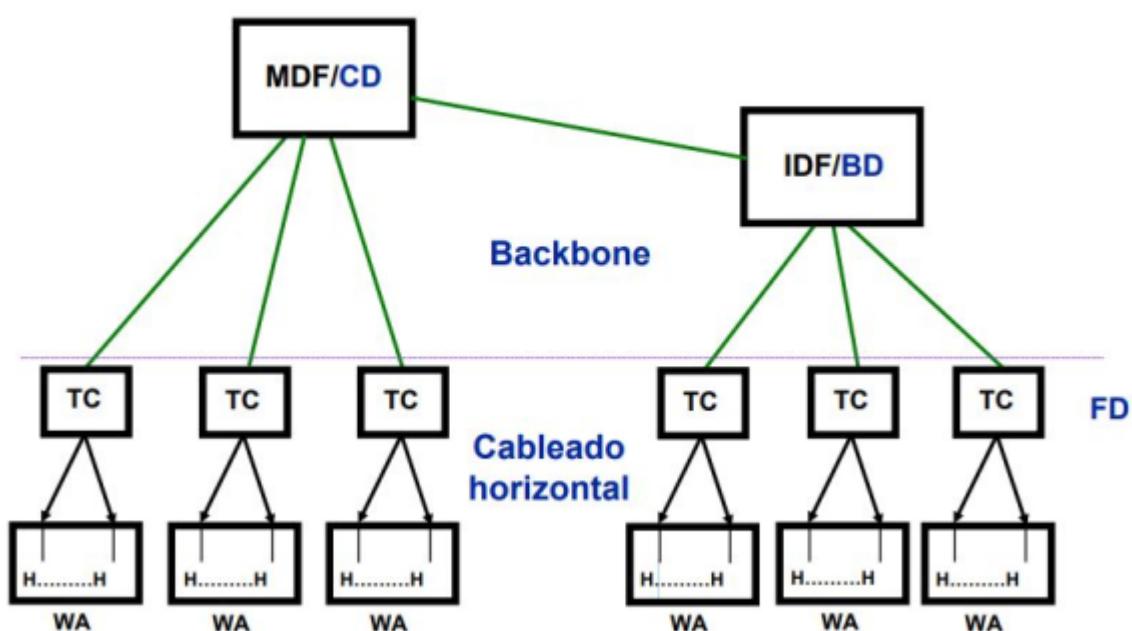
La norma EIA/TIA 568A define el cableado horizontal de la siguiente forma:

"El sistema de cableado horizontal es la porción del sistema de cableado de telecomunicaciones que se extiende del área de trabajo al cuarto de telecomunicaciones. El cableado horizontal incluye los cables horizontales, las tomas/conectores de telecomunicaciones en el área de trabajo, la terminación mecánica y las interconexiones horizontales localizadas en el cuarto de telecomunicaciones."

Este subsistema conecta el subsistema de Estaciones de trabajo con el cuarto donde se hará la administración del piso. O sea que abarca desde la toma del Área de trabajo, hasta el HC (Cableado Horizontal). La topología en la que se debe instalar es de "estrella extendida". La distancia máxima del cable horizontal debe ser de 90 metros; y la combinación con la distancia de los cables hacia los patch cord y a los equipos no deben superar los 100 metros.



## Topología Jerárquica en Estrella



El cableado Horizontal Incluye:

- Las salidas (cajas/jacks/rosetas) de telecomunicaciones en el área de trabajo.
- Cables y conectores de transición instalados entre las salidas del área de trabajo y el cuarto de telecomunicaciones.
- Patch Panels y Patch Cords utilizados para configurar las conexiones de cableado horizontal en el cuarto de telecomunicaciones.

### Topología

La norma EIA/TIA 568A hace las siguientes recomendaciones en cuanto a la topología del cableado horizontal:

- El cableado horizontal debe seguir una topología estrella.
- Cada toma/conector de telecomunicaciones del área de trabajo debe conectarse a una interconexión en el cuarto de telecomunicaciones.
- El cableado horizontal en una oficina debe terminar en un cuarto de telecomunicaciones ubicado en el mismo piso que el área de trabajo servida.
- Los componentes eléctricos específicos de la aplicación (como dispositivos acopladores de impedancia) no se instalarán como parte del cableado horizontal; cuando se necesiten, estos componentes se deben poner fuera de la toma/conector de telecomunicaciones.
- El cableado horizontal no debe contener más de un punto de transición entre cable horizontal y cable plano.
- No se permiten empalmes de ningún tipo en el cableado horizontal.

### Distancias

Sin importar el medio físico, la distancia horizontal máxima no debe exceder los 90 m. La distancia se mide desde la terminación mecánica del medio en la interconexión horizontal en el cuarto de telecomunicaciones hasta la toma/conector de telecomunicaciones en el área de trabajo.

Además se recomiendan las siguientes distancias:

- Se separan 10 m para los cables del área de trabajo y los cables del cuarto de telecomunicaciones (cordones de parcheo, jumpers y cables de equipo).
- Los cables de interconexión y los cordones de parcheo que conectan el cableado horizontal con los equipos o los cables del backbone en las instalaciones de interconexión no deben tener más de 6 m de longitud.
- En el área de trabajo, se recomienda una distancia máxima de 3 m desde el equipo hasta la toma/conector de telecomunicaciones.

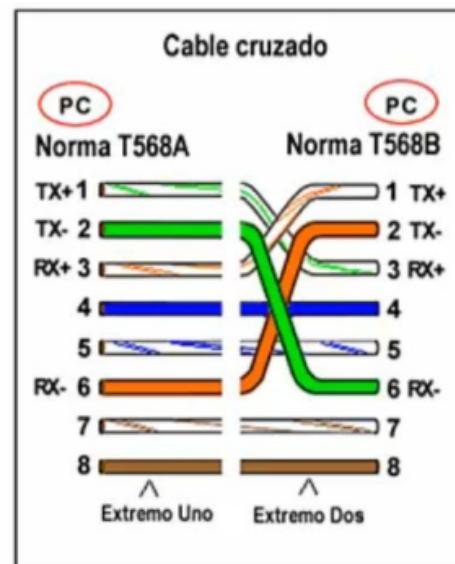
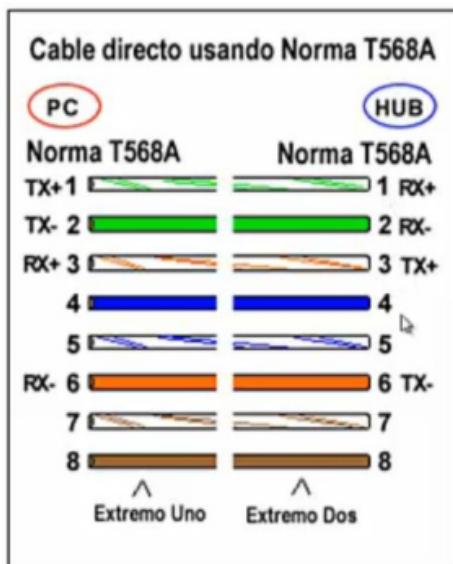
### Esquema de colores para cables UTP cat 5 (EIA/TIA 568)

Existen 2 estándares para la configuración de las puntas de un cable UTP par trenzado

Categoría 5:

- EIA/TIA 568A.
- EIA/TIA 568B.

A su vez, se pueden armar dos tipos de cables dependiendo de qué equipos se conectarán en sus extremos, esto es:



### Regla para acordarse los colores:

**Azul** en el medio.

**Marrón** al final.

Rayado 1º y oscuro 2º (excepto el azul).

**Naranja** y **Verde** se cruzan.

**Azul** y **Marrón** no se cruzan.

### Cableado del Backbone

El propósito del cableado vertical o backbone es proporcionar interconexiones entre cuartos de entrada de servicios de edificio, cuartos de equipo y cuartos de telecomunicaciones, es decir realiza la interconexión entre los diferentes gabinetes de telecomunicaciones y entre estos y la sala de equipamiento. Además incluye la conexión vertical entre pisos en edificios de varios pisos. Éste cableado incluye medios de transmisión (cable), puntos principales e intermedios de conexión cruzada y terminaciones mecánicas.

En este componente del cableado estructurado, ya no resulta económico mantener la estructura general utilizada en el cableado horizontal, sino que es conveniente realizar instalaciones independientes para la telefonía y datos. Esto se ve reforzado por el hecho de que, si fuera necesario sustituir el backbone, ello se realiza con un coste relativamente bajo

y causando muy pocas molestias a los ocupantes del edificio. El backbone telefónico se realiza habitualmente con cable telefónico multipar.

En el cableado de distribución se ha de considerar la utilización de cable de fibra óptica multimodo o monomodo (preferiblemente 62'5/125 micras), o cable simétrico multipar de 100 ohmios (preferiblemente), 120 o 150 ohmios.

### Topología

Para definir el backbone de datos es necesario tener en cuenta cuál será la disposición física del equipamiento. Normalmente, el tendido físico del backbone se realiza en forma de estrella, es decir, se interconectan los gabinetes con uno que se define como centro de la estrella, en donde se ubica el equipamiento electrónico más complejo.

El backbone de datos se puede implementar con cables UTP y/o con fibra óptica. En el caso de decidir utilizar UTP, el mismo será de categoría 5e, 6 o 6A y se dispondrá un número de cables desde cada gabinete al gabinete seleccionado como centro de estrella.

Actualmente, la diferencia de coste provocada por la utilización de fibra óptica se ve compensada por la mayor flexibilidad y posibilidad de crecimiento que brinda esta tecnología. Se construye el backbone llevando un cable de fibra desde cada gabinete al gabinete central de la estrella.

Si bien para una configuración mínima Ethernet basta con utilizar cable de 2 fibras, resulta conveniente utilizar cable con mayor cantidad de fibra (6 a 12) ya que la diferencia de coste no es importante y se posibilita por una parte disponer de conductores de reserva para el caso de falla de algunos, y por otra parte, la utilización en el futuro de otras topologías que requieren más conductores.

### **Cuarto de Telecomunicaciones o Rack**

Un cuarto de telecomunicaciones es el área en un edificio utilizada para el uso exclusivo de equipo asociado con el sistema de cableado de telecomunicaciones. El espacio del cuarto de comunicaciones no debe ser compartido con instalaciones eléctricas que no sean de telecomunicaciones. El cuarto de telecomunicaciones debe ser capaz de albergar equipo de telecomunicaciones, terminaciones de cable y cableado de interconexión asociado.

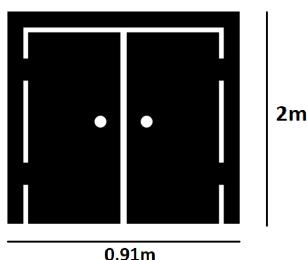
Debe de haber un mínimo de un Cuarto de Telecomunicaciones por edificio, mínimo uno por piso, no hay máximo.

El diseño de cuartos de telecomunicaciones debe considerar, además de voz y datos, la incorporación de otros sistemas de información del edificio tales como televisión por cable, alarmas, seguridad, audio y otros sistemas de telecomunicaciones. La principal función es la de adecuar las terminaciones de los subsistemas horizontal y vertical para adaptarlos a la conexión con los dispositivos de red. Además, aquí se encuentran las conexiones cruzadas horizontales, las cuales utilizan los cables de terminación (patch cords) para proveer

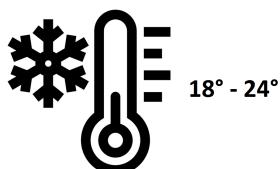
flexibilidad en el armado de la red. En este armario se encuentran además los dispositivos que realizan el protocolo de red (switches).

Entre las características más representativas del cuarto de telecomunicaciones se destacan:

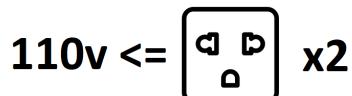
- Una altura mínima recomendada es de 2.6 metros.



- La(s) puerta(s) de acceso debe(n) ser de apertura completa, con llave y de al menos 91 centímetros de ancho y 2 metros de alto. La puerta debe ser removible y abrir hacia afuera (o lado a lado). La puerta debe abrir al ras del piso y no debe tener postes centrales.



- Si posee equipos activos, su temperatura ambiente debe encontrarse entre 18 y 24°C y la humedad entre 30% y 50%. De lo contrario, la temperatura debe estar entre 10 y 35°C y la humedad inferior al 85%.
- Los pisos de los CT deben soportar una carga de 2.4 kPa.



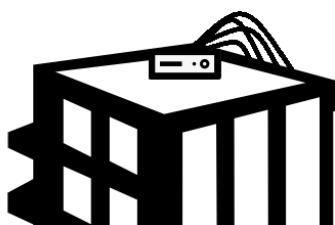
- Debe contener un mínimo de dos tomacorrientes AC de 110V y 15 A con circuitos independientes.
- Debe encontrarse en un lugar sin riesgo de inundación o en contacto con agua. En caso de haber riesgo de ingreso de agua, se debe proporcionar drenaje de piso.
- No puede compartir espacio con instalaciones eléctricas que no estén relacionadas con las telecomunicaciones.
- Se debe evitar el uso de cielos falsos en los cuartos de telecomunicaciones.
- Con el propósito de mantener la distancia horizontal de cable promedio en 46 metros o menos (con un máximo de 90 metros), se recomienda localizar el cuarto de telecomunicaciones lo más cerca posible del centro del área a servir.
- Se debe mantener el cuarto de telecomunicaciones con llave en todo momento. Se debe asignar llaves al personal que esté en el edificio durante las horas de operación. Se debe mantener el cuarto de telecomunicaciones limpio y ordenado.

- Los andenes (racks) deben de contar con al menos 82 cm de espacio de trabajo libre alrededor (al frente y detrás) de los equipos y paneles de telecomunicaciones. La distancia de 82 cm se debe medir a partir de la superficie más salida del andén.

### Sala de Equipos

En este centro de control se concentran el mayor número de dispositivos o equipos de donde parten las señales que se distribuirán a lo largo y ancho de todo el sistema del cableado del edificio. Generalmente allí se instala y conecta el PABX, los servidores de las redes, los equipos principales de procesamiento, los equipos de comunicación, videograbadoras, paneles de seguridad y control, etc. De este subsistema parte el Backbone.

### Instalaciones de Entrada



Conformado por los equipos y el cableado necesario para conectarnos a las redes de los proveedores de servicios de telecomunicaciones hacia afuera del edificio.

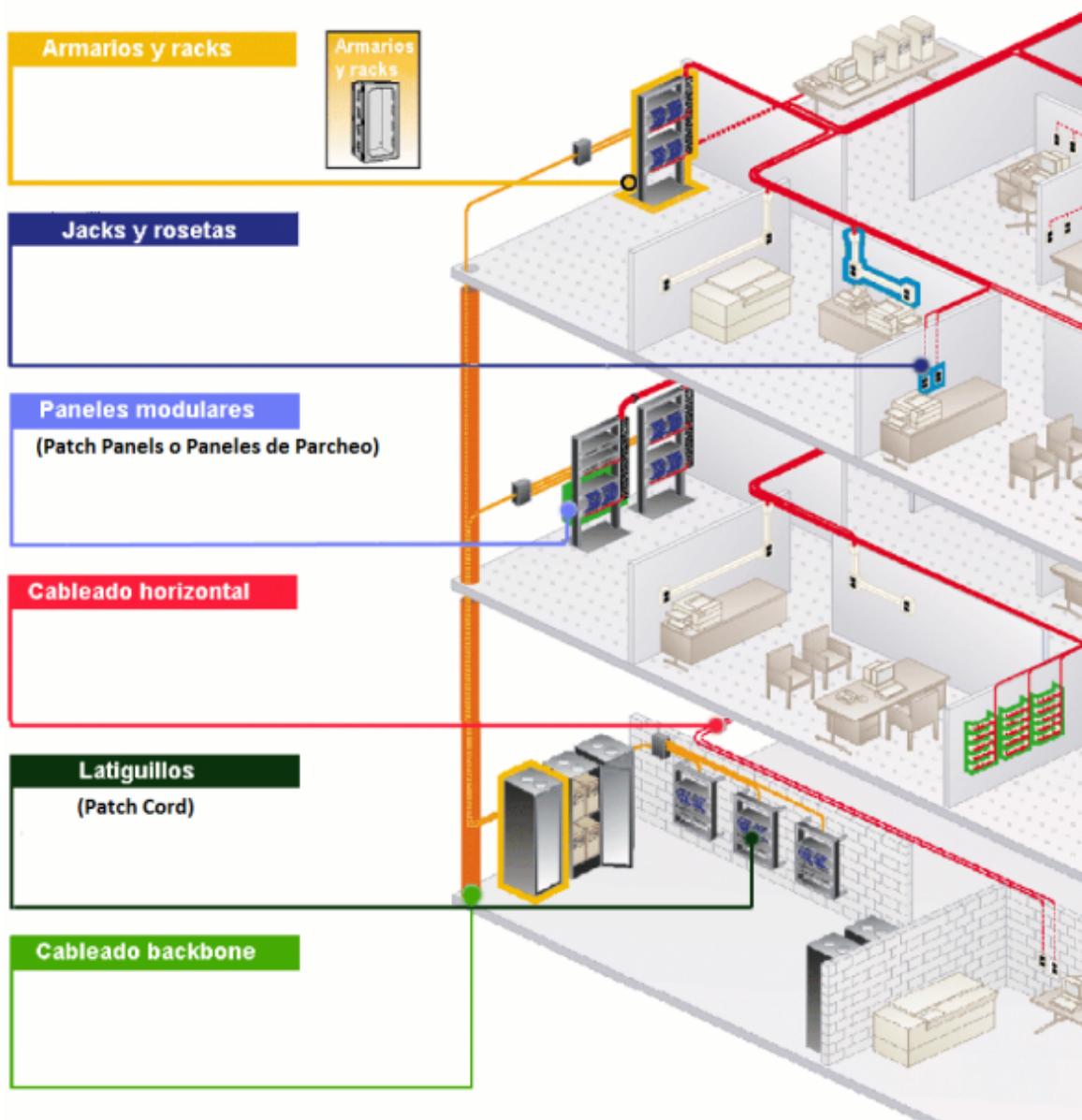
### Administración del sistema de cableado estructurado

Incluye todos los componentes que se colocan dentro del cuarto de administración del piso y que permiten la conectorización y administración de las señales que se habilitarán en el piso en el cual está ubicado. Aquí encontramos los bloques de conexión de diferentes tipos y capacidades (tipo 110 de 100 pares, 300 pares, paneles de conexión tipo RJ45 de 12, 24, 48, ... salidas, las cajas terminales de llegada de las fibras ópticas con conectores adecuados tipo ST, SC, etc.), los armarios o racks, los elementos que se utilizan para organizar los cables, los paneles que recibirán las señales de los sensores o detectores de seguridad y control, etc.

**La administración del sistema de cableado incluye la documentación de los cables, terminaciones de los mismos, paneles de parcheo, armarios de telecomunicaciones y otros espacios ocupados por los sistemas.** La norma TIA/EIA 606 proporciona una guía que puede ser utilizada para la ejecución de la administración de los sistemas de cableado. Los principales fabricantes de equipos para cableados disponen también de software específico para administración. En general, es muy importante contar con planos de todos los pisos, en los que se detallan:

1. Ubicación de los gabinetes de telecomunicaciones.
2. Ubicación de ductos a utilizar para cableado vertical.

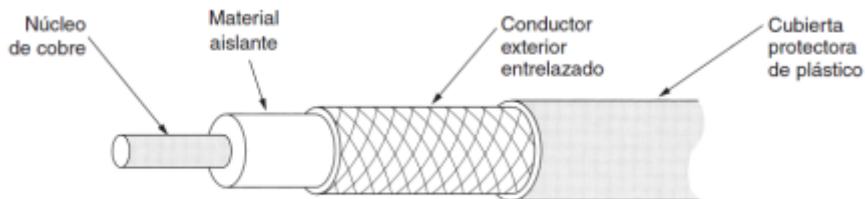
3. Disposición detallada de los puestos de trabajo.
4. Ubicación de los tableros eléctricos en caso de ser requeridos.
5. Ubicación de pisoductos si existen y pueden ser utilizados.



## Cable coaxial

### Descripción física

El cable coaxial, al igual que el par trenzado, tiene dos conductores, pero está construido de forma diferente para que pueda operar sobre un rango de frecuencias mayor. Posee dos conductores concéntricos, uno central de cobre duro, encargado de llevar la información, una malla de tejido trenzado, que sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes. Entre ambos se encuentra una capa aislante llamada dieléctrico, de cuyas características dependerá principalmente la calidad del cable. Todo el conjunto suele estar protegido por una cubierta aislante. El conductor exterior se protege con una cubierta o funda. El cable coaxial tiene un diámetro aproximado entre 1 cm y 2,5 cm. Comparado con el par trenzado, el cable coaxial se puede usar para cubrir mayores distancias así como para conectar un número mayor de estaciones en líneas compartidas.



Un cable coaxial.

Hay dos tipos de cables coaxiales:

#### **De Banda Base**

Tiene una resistencia de 50 ohms, permite obtener velocidades de 10 Mbps en cables de 1 km.

#### **De Banda Ancha**

Tiene una resistencia de 75 ohms, un cable de 300 MHz puede mantener velocidades de hasta 150 Mbps en longitudes de hasta 100 m. Necesitan amplificadores que refuerzen las señales en forma periódica, a diferencia de los de banda base.

### Aplicaciones

El cable coaxial es quizás el medio de transmisión más versátil, por lo que se está utilizando cada vez más en una gran variedad de aplicaciones.

Las más importantes son:

- La distribución de televisión.
- La telefonía a larga distancia.
- Los enlaces en computadoras a corta distancia.
- Las redes de área local.

## **Características de transmisión**

El cable coaxial se usa para transmitir tanto señales analógicas como digitales. Tiene una respuesta en frecuencias mejor que la del par trenzado permitiendo, por tanto, mayores frecuencias y velocidades de transmisión. Debido al apantallamiento, por construcción, el cable coaxial es mucho menos susceptible que el par trenzado tanto a interferencias como la diafonía. Sus principales limitaciones son la atenuación, el ruido térmico y el ruido de intermodulación. Este último aparece sólo cuando sobre el mismo cable se usan simultáneamente varios canales o bandas de frecuencias (FDM).

En la transmisión de señales analógicas a larga distancia se necesitan amplificadores separados entre sí a distancias del orden de pocos kilómetros, siendo esta separación tanto menor cuanto mayor sea la frecuencia de trabajo. El espectro de la señalización analógica se extiende hasta aproximadamente 500 MHz. En la señalización digital, en cambio, se necesita un repetidor cada kilómetro aproximadamente, e incluso menos cuanto mayor sea la velocidad de transmisión.

## Fibra Óptica

### ¿Qué es?

La fibra óptica es un soporte físico para transmitir datos en forma de luz, o sea, que **convierte señales eléctricas en luz** mediante conversores electro-ópticos.

Lo más importante es que ofrece **gran fiabilidad** porque su **tasa de error es mínima** debido a que es insensible a las interferencias electromagnéticas externas.

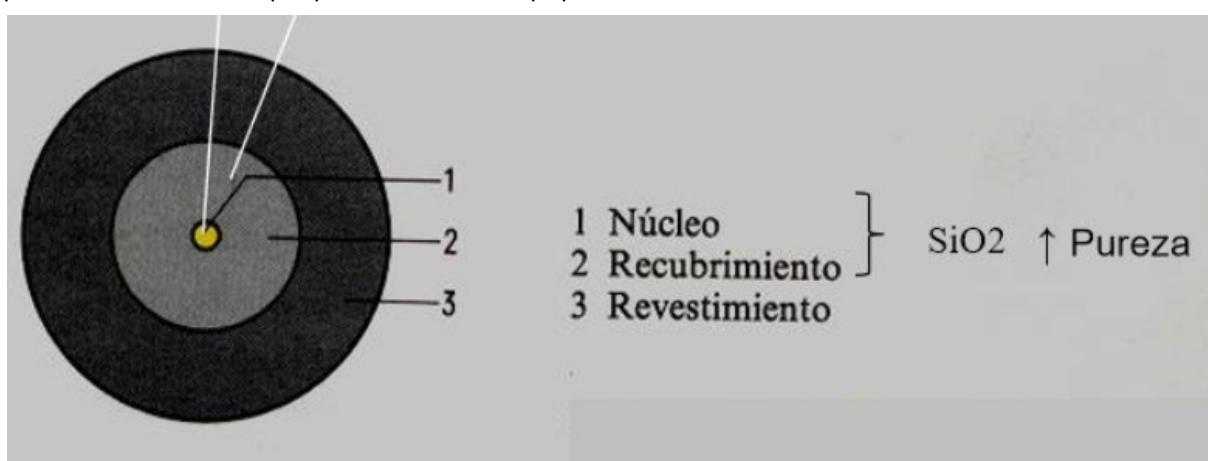
La idea principal es convertir señales eléctricas en luz mediante los llamados **Conversores electro-ópticos** (más adelante pongo como funcionan) y transmitir ésta mediante la fibra considerando que la luz deberá seguir la longitud total del conductor a pesar de que este doble en ciertos tramos.

También, la **velocidad de transmisión** de la fibra óptica es de 50.000 Gbps (en laboratorio) lo que es muy superior a la de los medios de transmisión que usan conductores metálicos (el cable de par trenzado o el cable coaxial). Gracias a esto se pueden realizar miles de llamadas telefónicas a través de una fibra óptica.

La principal **desventaja es su costo**.

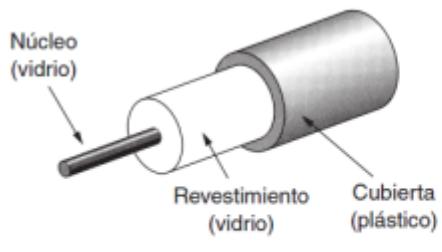
### Estructura

La mayoría de fibras ópticas son fabricadas en dióxido de silicio de alta pureza, ésto debido a que este material desde un punto de vista molecular, posee una estructura cristalina con distancias interatómicas casi iguales entre sí, lo que nos beneficia en que las fuerzas interatómicas van a ser estables y asegura que a lo largo de todo el trayecto la fibra poseerá las mismas propiedades físicas y químicas.

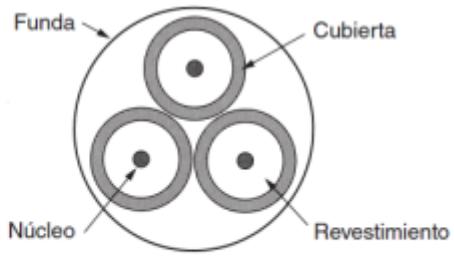


La diferencia principal entre el SiO<sub>2</sub> del núcleo y del recubrimiento es la densidad del material. La del núcleo es mayor (distancias interatómicas menores).

Vamos a hacer uso de la teoría de la luz como partícula (para explicar el funcionamiento de los conversores electro-ópticos, es decir, generación y recepción de luz) y de la luz como onda para explicar cómo viaja la luz dentro de la fibra (ya que la luz que enviaremos estará en el orden infrarrojo cuya longitud de onda es similar a el diámetro de nuestra fibra)



(a)



(b)

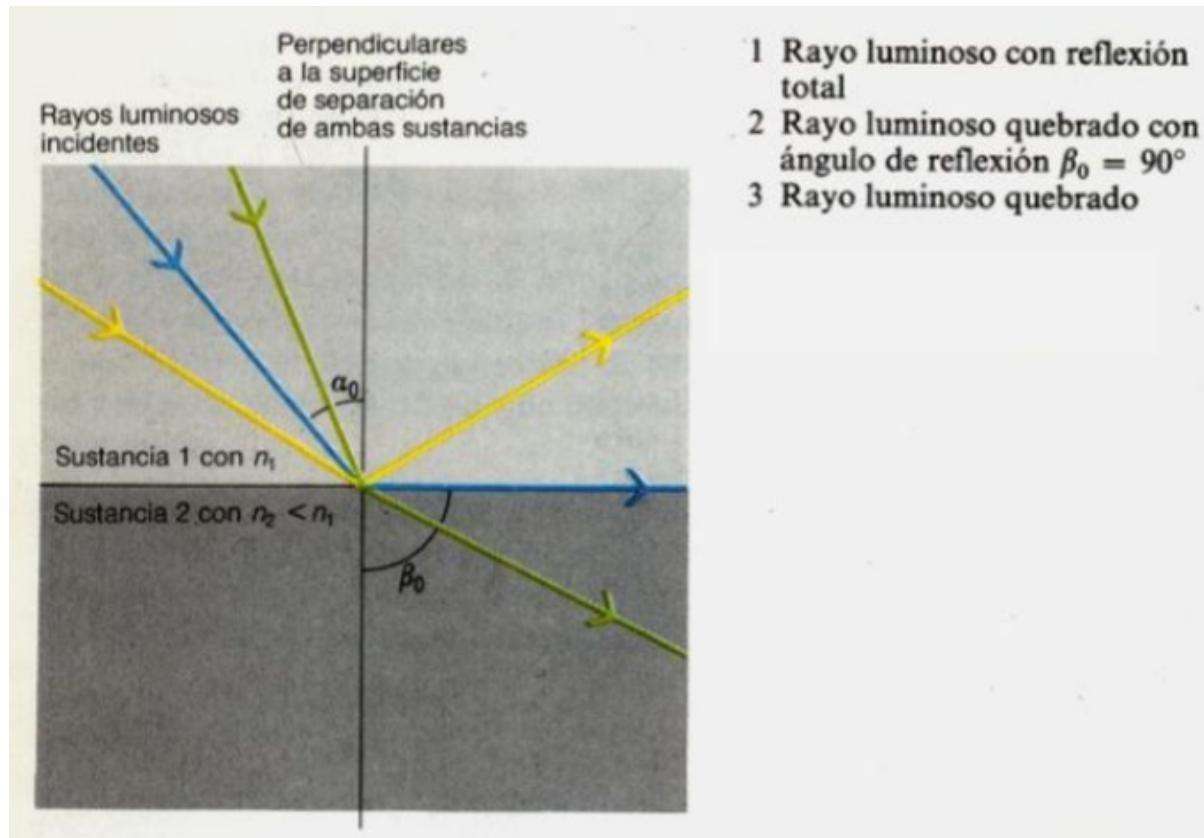
(a) Vista de lado de una fibra individual. (b) Vista de extremo de una funda con tres fibras.

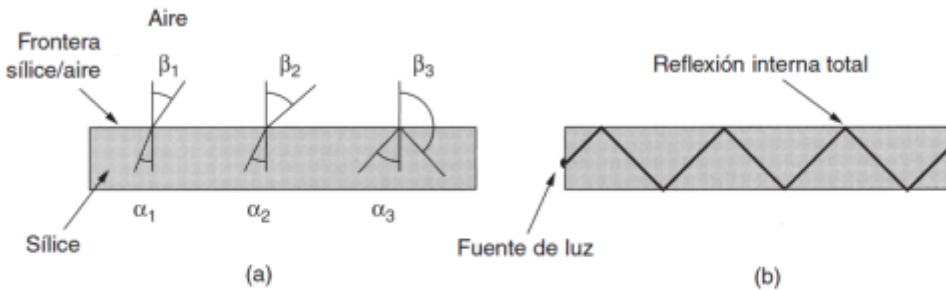
Su estructura está formada por un núcleo (de vidrio o plástico), un revestimiento (de vidrio o plástico también con propiedades ópticas distintas a las del núcleo) y un recubrimiento de plástico para protegerla de la humedad, aplastamientos, etc.

## Reflexión total interna

Usamos la óptica geométrica para explicar qué ocurre entre el núcleo y el recubrimiento, y cómo envía la luz dentro de la fibra.

Para esto, tenemos los conceptos de reflexión y refracción. Lo que podemos notar es que va a existir un ángulo  $\alpha$ , que cualquier rayo que incida con un ángulo igual o mayor a éste tendrá **reflexión total interna**.





(a) Tres ejemplos de un rayo de luz procedente del interior de una fibra de silice que incide sobre la frontera de la silice y el aire con diferentes ángulos. (b) Luz atrapada por reflexión interna total.

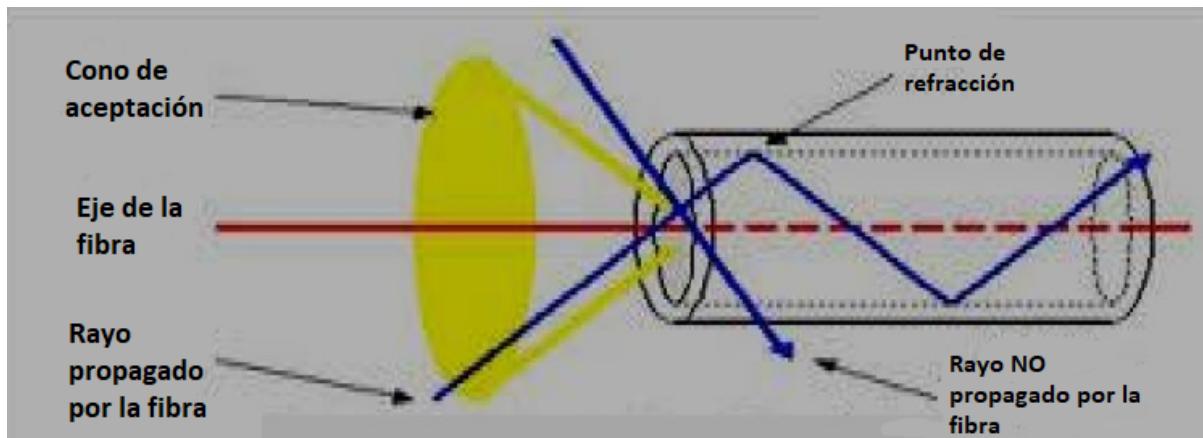
Ahora, para obtener este ángulo nos valemos de la Ley de Snell. Ya que nuestro medio es dióxido de silicio de alta pureza, estamos cumpliendo con el condicionante de la ley de Snell, que dice que la misma solo se aplica a sustancias **isotrópicas** (que mantienen sus propiedades físicas y químicas en todas direcciones o, de densidad constante). Entonces la ley nos dice:

$$\operatorname{sen} \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

Sabiendo que  $n_1$  y  $n_2$  son respectivamente los índices de refracción de ambos medios. Entonces para sacar el ángulo de aceptación, aplicamos el arc sen:

$$\alpha_0 = \operatorname{ArcSen} \frac{n_2}{n_1}$$

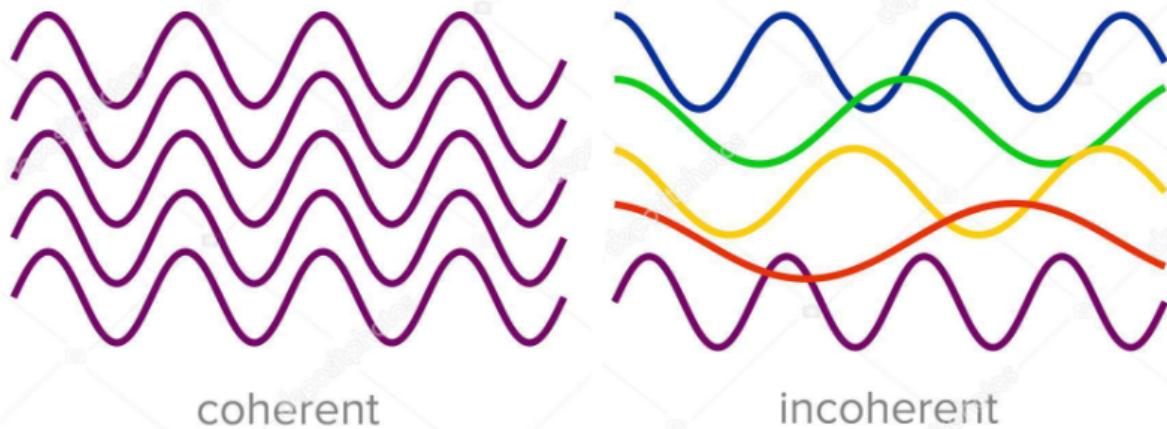
Por lo que, llevado a un plano este ángulo conformará un cono en el cual cualquier rayo que incida dentro de los límites, tendrá reflexión total interna.



## Coherencia e Interferencia

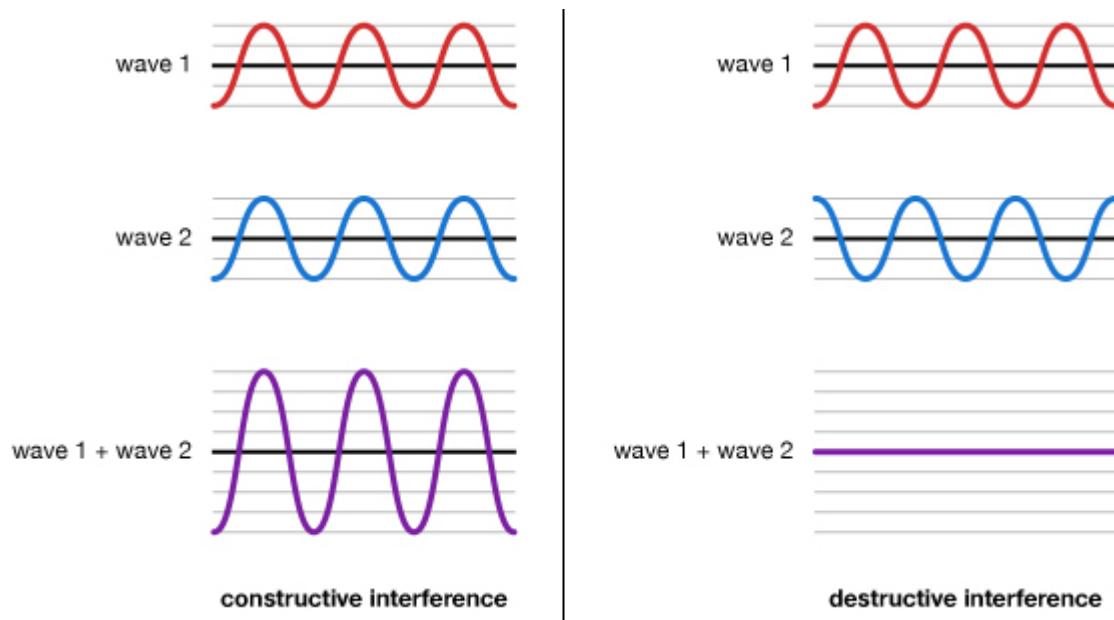
### Coherencia

Decimos que tenemos una fuente de luz coherente cuando la **fase** de las diferentes ondas que se emiten no varía (llevado a la práctica, no vemos el haz de luz).



### Interferencia

Relacionado a lo anterior, hablamos de interferencia en los casos de ondas que son coherentes y ondas incoherentes. Tendremos interferencia constructiva cuando las ondas están en fase (coherentes) y destructiva cuando estén desfasadas en mitad de longitud de onda.



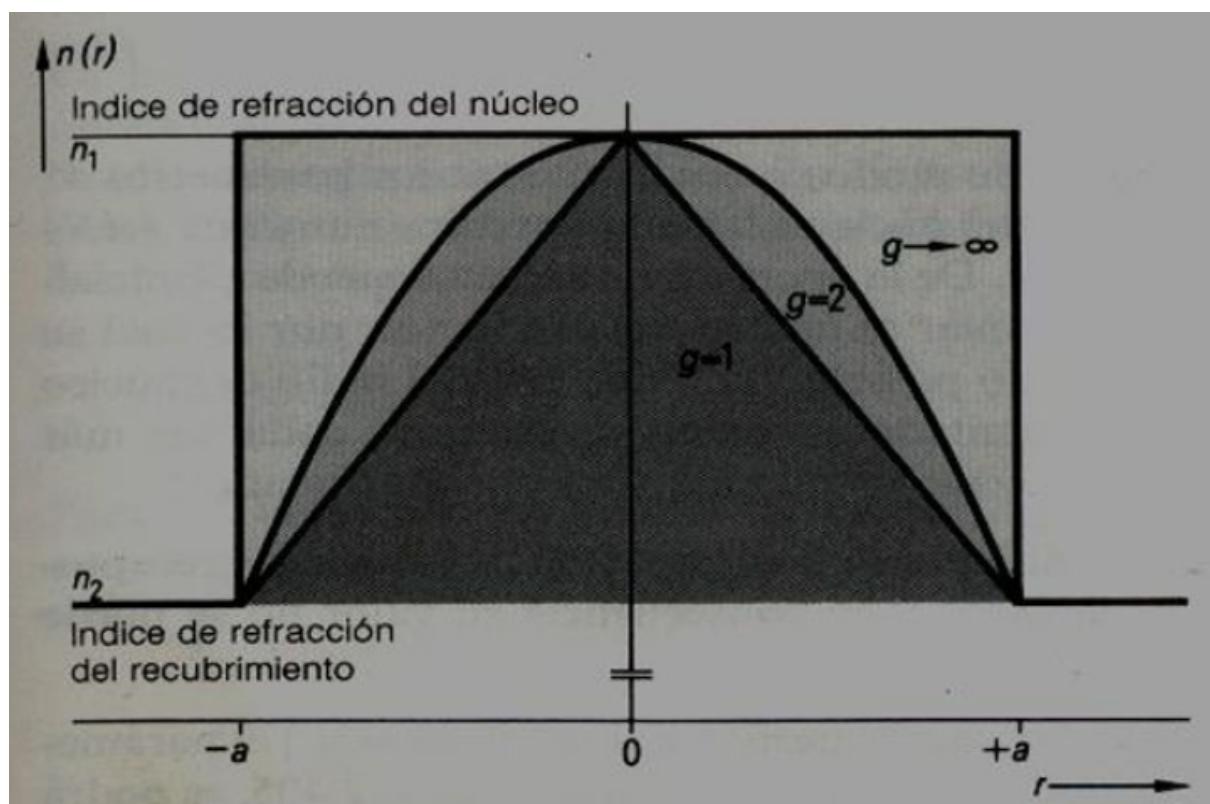
Por lo que podemos afirmar que para que un rayo luminoso se propague a través de la fibra tiene que cumplir con el principio de interferencia constructiva y provenir de una fuente de luz coherente. Cuando esto ocurra, lo llamaremos modo de propagación. Y podremos tener varios haces de luz que representan al único pulso inicial. Inicialmente podemos distinguir fibras monomodo o multimodo. Pero para estas últimas tengo que asegurarme de que

todas las ondas lleguen al destino ya que me conviene usar fibras multi-modo por cuestiones de acoplamiento de las mismas y manejo.

Aquí surge el concepto de perfil de fibra óptica.

## Perfiles

El **perfil de la fibra óptica** se define como la variación del índice de refracción (densidad del medio) en función del radio.



Podemos ver que el primer caso que se plantea es que la densidad del núcleo no varía en todo su radio, lo que me dice que las distancias interatómicas permanecen iguales. Este perfil se lo denomina escalón, ya que la densidad entre el recubrimiento y el núcleo es abrupta.

El caso inmediatamente siguiente, vemos que la densidad del núcleo varía gradual o exponencialmente, lo que nos dice que las distancias interatómicas irán decreciendo hacia el centro de manera gradual (aumentará la densidad). Esto también me dice que los rayos viajarán más rápido por los extremos que por el centro (ya que los extremos son menos densos y la velocidad será mayor).

El último caso es muy similar, solo que aumenta la densidad linealmente hacia el centro. Esto se hace para evitar el ensanchamiento del pulso, es decir, que lleguen las distintas ondas en momentos de tiempo muy distintos haciendo que el centro (que es la que más rápido viaja) se ralentice (debido a la alta densidad).

## Ahora, ¿cómo logramos esta variación?

Realizando un dopado de la fibra óptica (dotándola de impurezas como dióxido de germanio) puede generar variaciones en el comportamiento de la materia. En este caso va a disminuir el índice de refracción y la velocidad de las ondas luminosas aumentará.

## Conversores Electro-ópticos

Realizan la modulación de la señal óptica usando como moduladora la información a transmitir.

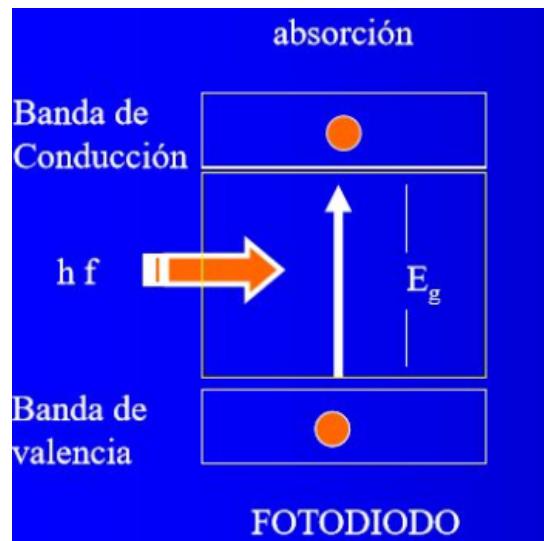
Para explicar el funcionamiento de los conversores electro-ópticos, nos valemos de la teoría corpuscular de la luz, partiendo del efecto fotoeléctrico descrito por Einstein.

Éste nos dice que si hago incidir luz de una determinada longitud de onda sobre una superficie semiconductor, ésta empezará a emitir electrones en función de la energía provista por la luz.

Dicho esto, se presentarán distintas interacciones, de las cuales tenemos que tener en cuenta unos conceptos.

El objetivo es trasladar electrones que se encuentran en el último nivel de energía (banda de valencia) a una posición más alejada del núcleo donde puedan “moverse” más libremente (banda de conducción). Para esto, la energía que voy a necesitar administrar va a tener que superar este denominado “**Energy-gap**”. De aquí, se desprenden 3 situaciones:

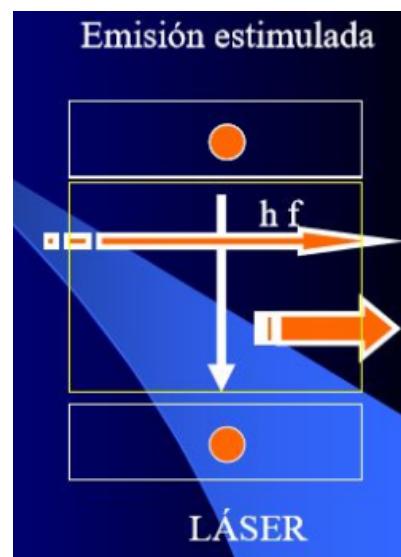
**Absorción:** En este caso se pasa de luz a energía eléctrica. La primera incidirá sobre el semiconductor **proveyendo** la energía suficiente para que éste desprenda electrones y genere un flujo de los mismos, que a su vez generarán una corriente eléctrica.



**Emisión espontánea por recombinación:** Es el caso contrario al anterior. Uso energía eléctrica para generar luz. Genero una diferencia de potencial que hará que los electrones se recombinan liberando energía y así vuelvan a la banda de valencia.



**Emisión estimulada:** Similar al caso anterior. Se utiliza una fuente primaria de luz que se recombinan y genera también luz. Solo que el efecto no es 1 a 1, sino en avalancha. La luz se amplifica y pasa por un espejo colimador que define la potencia. Es el principio que usan los láseres para funcionar.



Debido al espectro que emite el láser (se dispersa poco), me permite concentrar más energía en el gradiente que el led. Esto también me permite un mejor transporte en la fibra ya que pierdo menos luz en el recubrimiento.

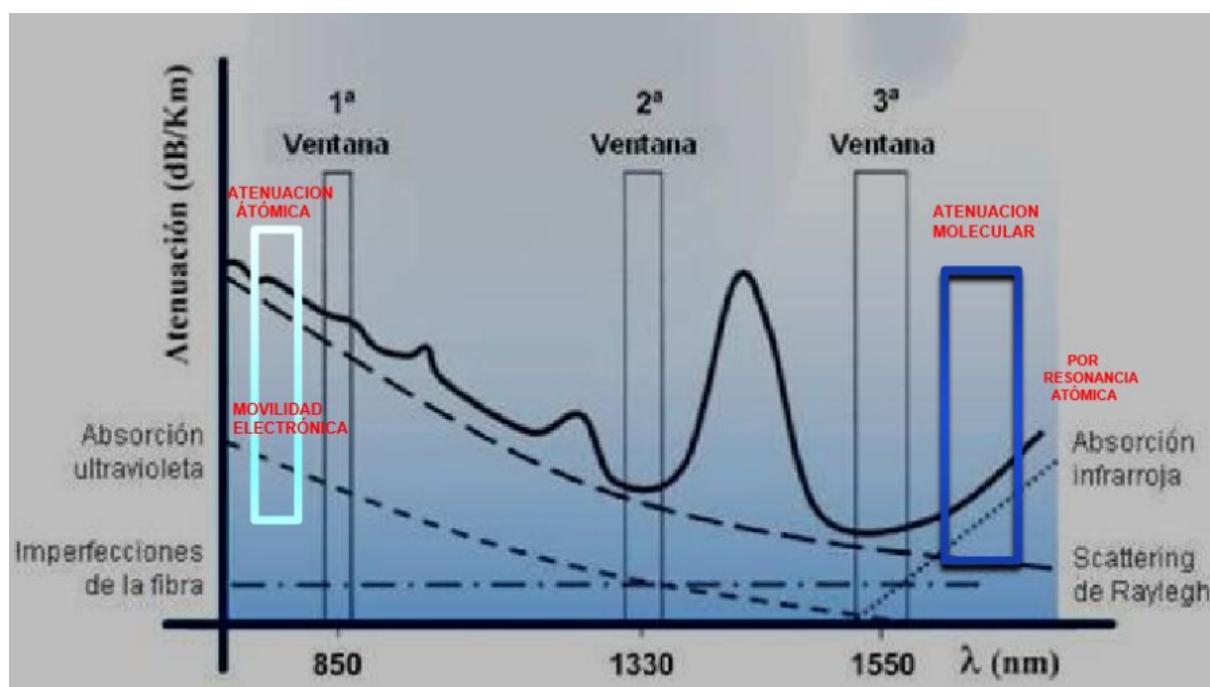
## Atenuación

Se basa en aspectos intrínsecos (propios de la fibra óptica) y extrínsecos (provenientes del entorno).

### Factores intrínsecos

#### Bandas de absorción

En función de la longitud de onda. Al **dopar** la sustancia para obtener los perfiles, se me generan grupos oxhidrilos OH. Estos elementos me generan impureza en la sustancia lo cual me va a generar picos de absorción donde los átomos absorberán energía dependiendo la longitud de onda. Por esto, se me generan ventanas de transmisión donde la atenuación será menor y me favorecerá la transmisión (las ventanas tienen asociada una longitud de onda).



#### Dispersión cromática

**Se pierde luz en el recubrimiento.** Puede ser por incidir con un ángulo crítico menor, falta de homogeneidad en la fibra, lo cual definirá el ancho de banda. Este ancho de banda sirve para certificar diciendome cual es mi frecuencia de transmisión límite en la cual ya he perdido 50% de la potencia de la señal (se atenúa en -3dB). No debo pasarme de esto.

### Factores extrínsecos

#### Radiación nuclear

Cuando hay **radiación** cercana, las ondas alfa, beta o gamma pueden afectar la frecuencia a la que transmito. Protejo blindando con plomo.

#### Microdeformaciones

Ocurren cuando doblo la fibra de tal forma que **deformo** el material y genero una pérdida permanente de luz en ese punto.

## Ancho de Banda

Los dos parámetros más importantes que definen las características de un conductor de fibra óptica son la atenuación y el ancho de banda. Mientras que con la atenuación se describen las pérdidas de luz a lo largo del conductor, el ancho de banda constituye una medida de su comportamiento.

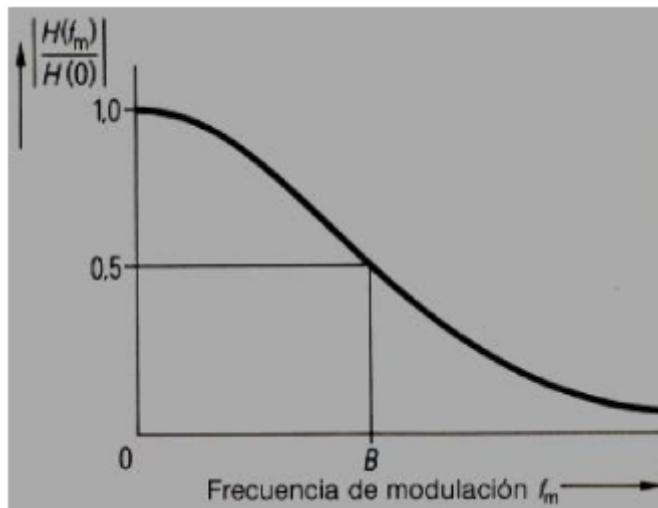
Un pulso que se propaga a lo largo de la fibra óptica incrementa su duración a causa de la dispersión. Si este efecto se traslada al campo de las frecuencias, el conductor de fibra óptica se comporta como un filtro.

En un conductor de fibra óptica, a medida que aumenta la frecuencia de modulación, decrece la amplitud de la onda luminosa, hasta quedar prácticamente anulada.

La fibra, deja pasar bajas frecuencias y atenúa aquellas a medida que van aumentando. Si por cada una de estas frecuencias se mide la amplitud de la potencia luminosa, se obtiene, al relacionar la amplitud al comienzo con la de cada punto la "Función de Transferencia"  $H(f)$ .

La frecuencia de modulación para la cual el valor de la función de transferencia vale la mitad (0,5), se denomina ancho de banda del conductor de fibra óptica. El ancho de banda es aquella frecuencia de modulación a la cual la amplitud cae a la mitad del valor de la potencia al comienzo. La caída es del 50 %, o sea 3dB.

Si se tiene una pérdida de potencia mayor, se necesitarán más repetidores, esto puede ser aceptable si no hay que cubrir grandes distancias y no se necesita certificación.



## Tipos de Fibra Óptica

Se clasifican dependiendo la forma en la que transmiten luz.

### 1. Monomodo

La fibra es tan delgada que la luz se transmite en línea recta siguiendo un único camino.

Permite la transmisión de señales con ancho de banda hasta **2 GHz**.

Se utilizan normalmente en telefonía y televisión por cable.

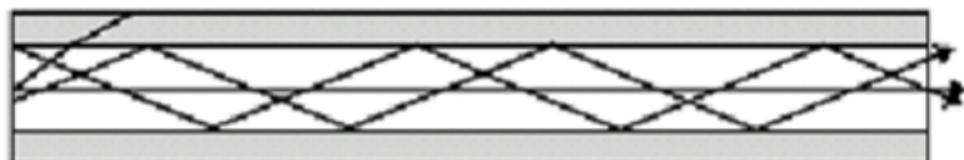


### 2. Multimodo de índice discreto

La luz se transmite por el interior del núcleo incidiendo sobre su superficie interna, como en un espejo. Las pérdidas de luz en este caso también son prácticamente nulas. La luz suele viajar por varios caminos.

Permite transmisiones de hasta **35 MHz**.

Se utiliza normalmente para transmisiones de distancias cortas.

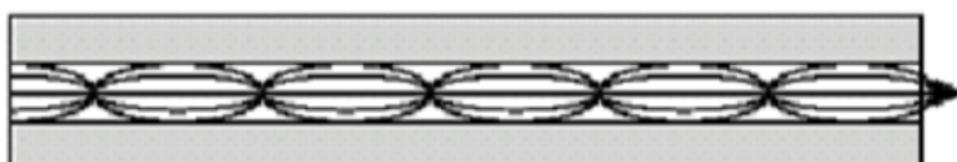


### 3. Fibra multimodo de índice gradual

El núcleo se construye con un índice de refracción que aumenta desde el centro a los extremos. La luz suele viajar por varios caminos.

Permite transmisiones de hasta **500 MHz**.

Se utiliza normalmente en redes de área local.



## Transmisiones inalámbricas.

La tecnología inalámbrica ofrece ventajas incluso para dispositivos fijos. Por ejemplo, si es difícil tender fibra hasta un edificio debido al terreno (montañas, junglas, etc.) tal vez sea mejor usar tecnología inalámbrica. Es así como la comunicación digital inalámbrica moderna se inició en las islas de Hawái, en donde largos tramos del Océano Pacífico separaban a los usuarios de su centro de cómputo (después te cuento más de esto papá).

## **Espectro electromagnético, principio de propagación.**

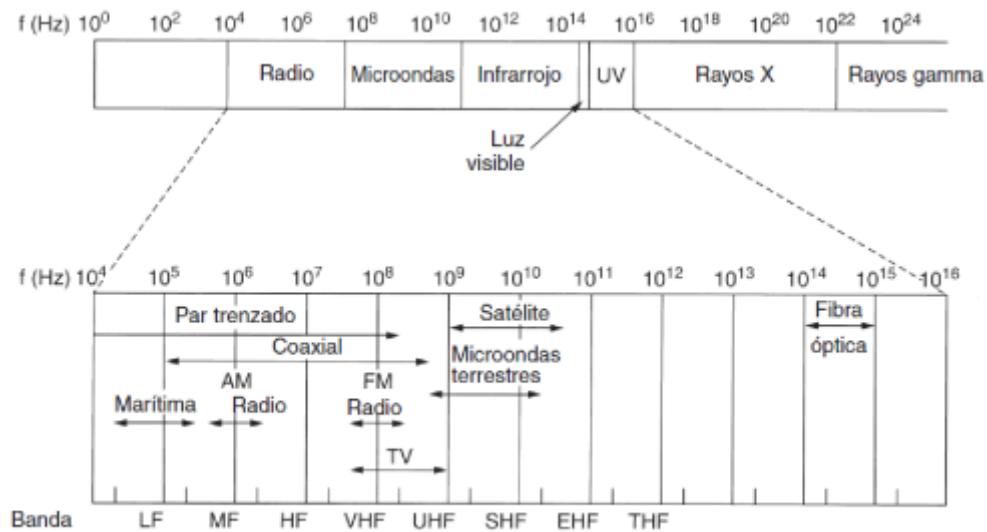
### **Clasificación de las ondas de radio.**

Cuando los electrones se mueven, crean ondas electromagnéticas que se pueden propagar por el espacio (incluso en el vacío). El número de oscilaciones por segundo de una onda es su frecuencia ( $f$ ), y se mide en Hertz (Hz). La distancia entre dos máximos (o mínimos) consecutivos se llama longitud de onda ( $\lambda$ ). En el vacío, todas las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad sin importar cuál sea su frecuencia. Esta velocidad se conoce como velocidad de la luz ( $c$ ), que es de aproximadamente  $3 \times 10^8$  m/seg. En el cobre o la fibra, la velocidad baja a casi  $\frac{2}{3}$  de este valor y se vuelve ligeramente dependiente de la frecuencia. La relación fundamental entre  $f$ ,  $\lambda$  y  $c$  (en el vacío) es:

$$\lambda f = c$$

Al conectar una antena del tamaño apropiado a un circuito eléctrico, las ondas electromagnéticas se pueden difundir de manera eficiente y un receptor las puede captar a cierta distancia. Toda la comunicación inalámbrica se basa en este principio.

En la siguiente figura se muestra el espectro electromagnético:



**Figura 2-11.** El espectro electromagnético y sus usos para comunicaciones.

Las porciones de radio, microondas, infrarrojo y luz visible del espectro se pueden utilizar para transmitir información mediante la modulación de la amplitud, frecuencia o fase de las ondas. La luz ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma serían todavía mejores, debido a sus frecuencias más altas, pero son difíciles de producir y de modular, no se propagan bien

entre edificios y son peligrosos para los seres vivos. Las bandas que se muestran en la parte inferior de la imagen corresponden a los nombres oficiales que le da la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones), y se basan en las longitudes de onda.

Sabemos de Shannon que la cantidad de información que puede transportar una señal como una onda electromagnética depende de la potencia recibida y es proporcional a su ancho de banda. Mientras mayor es la frecuencia de la señal de radio, menos potencia necesita para propagarse.

Rango de frecuencias	Nombre de la frecuencia	Uso	Tipo de propagación
3 - 30 KHz	VLF (Very Low Frequency)	Navegación	Terrestre
30 - 300 KHz	LF (Low Frequency)	Radio balizas, localizadores de aeronavegación	Terrestre
300 KHz - 3 MHz	MF (Medium Frequency)	Radio AM	Ionosférica
3 - 30 MHz	HF (High Frequency)	Comunicación ciudadana, Handy, barcos, aviones, taxis, policías	Ionosférica
30 - 300 MHz	VHF (Very High Frequency)	TV, radios VHF	Ionosférica y en visibilidad
300 MHz - 3 GHz	UHF (Ultra High Frequency)	Teléfonos móviles, mensajería, satélites, TV	En visibilidad
3 - 30 GHz	SHF (Super High Frequency)	Satélites	En visibilidad
30 - 300 GHz	EHF (Extremely High Frequency)	Satélites	En visibilidad

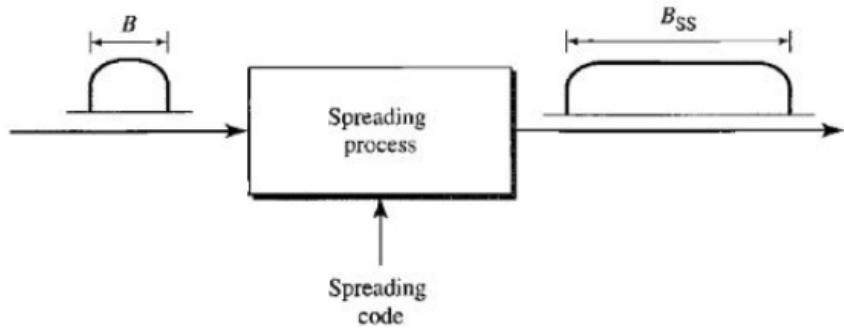
## Transmisión vía satélite

Un satélite puede considerarse como un repetidor de señales de microondas ubicado en el espacio, orbitando alrededor de la tierra.

## **Spread Spectrum (espectro ensanchado o disperso)**

El espectro disperso surge como aplicación en las tecnologías inalámbricas viendo a resolver el conflicto de varios emisores usando el mismo medio de comunicación (aire). En estos casos el espectro de frecuencias que conforman el ancho de banda de la señal a transmitir se “ensancha” o expande ( $B_{ss}$ ), pasando a ser varias veces mayor del espectro de ancho de banda original o que utilizariamos en banda estrecha ( $B$ ). Con esto, se logra que las señales se dispersen por este espectro tan grande, haciendo que las demás señales en el medio sólo aporten cantidades pequeñas de ruido (ya que, en comparación, tienen un espectro más pequeño).

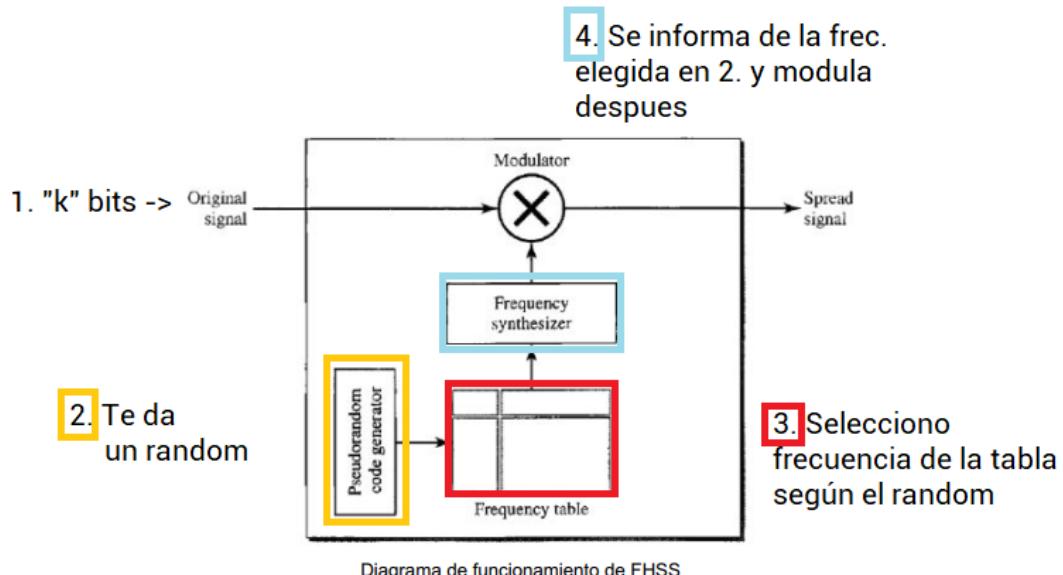
Podemos ver como analogía, que el espectro ensanchado viene a ser una especie de envoltorio para el mensaje. Para lograr esto, se pasa por medio de un proceso de ensanchado el cual contiene un código que se puede aplicar por 2 técnicas. FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) y DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)



## FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)

En FHSS, se utilizan  $M$  portadoras distintas que van a ser moduladas por la señal de origen. En un momento dado, los datos modulan una de esas portadoras, en otro momento otra, y así sucesivamente.

El proceso se origina en un generador de código pseudo-aleatorio que genera una secuencia de  $k$  bits en un momento dado. Esta secuencia se pasa a una tabla de frecuencias donde se selecciona la frecuencia a utilizar correspondiente a los bits generados. Luego, esta frecuencia se informa un sintetizador el cual genera una onda portadora de la frecuencia elegida para que sea modulada por la información.



## DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

A diferencia de FHSS, DSSS aborda directamente a la señal reemplazando cada bit de datos por un conjunto de  $n$  bits llamados chips. Supongamos que la cantidad de bits de los chips se define en 11. Entonces, si nuestros datos anteriormente eran  $N$ , ahora tendremos  $11N$  o 11 veces  $N$ . Esto logra un espectro mucho más grande que el original y más seguro, ya que si el receptor no conoce la longitud y cadena exactas elegidas como chip, la señal solo le parecerá ruido.

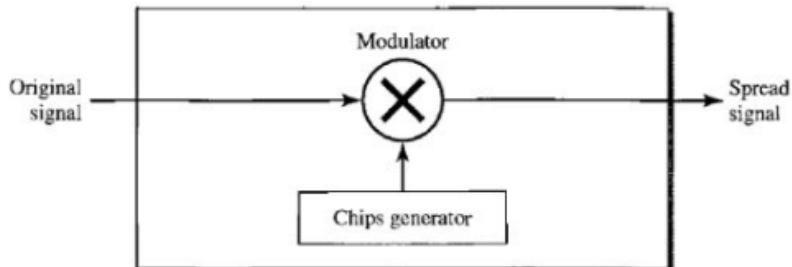


Diagrama de funcionamiento de DSSS

## CDMA (Code Division Multiple Access)

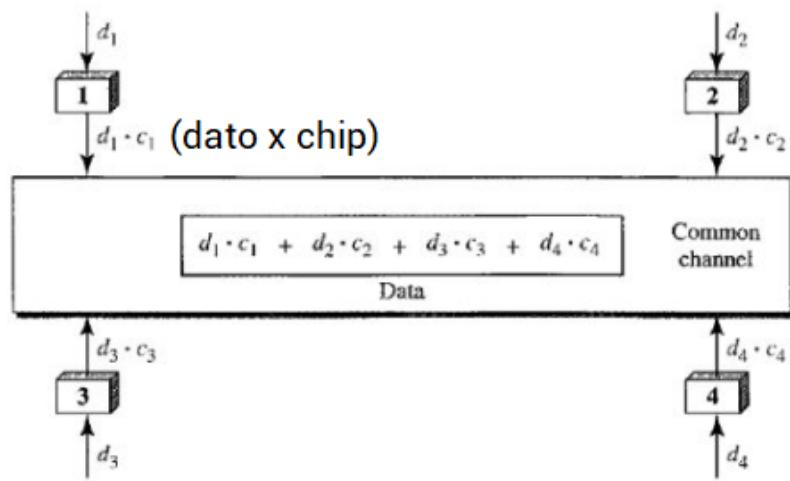
CDMA es la técnica más utilizada hoy en día, implementada en cientos de tecnologías de comunicación móvil. La idea general es que cada estación pueda usar el medio y transmitir a la vez y, aun así, poder diferenciar cada transmisión de las otras y recibirlas exitosamente. Consideremos una analogía: una sala de espera de un aeropuerto con muchas parejas de personas conversando. TDM es como si todas las personas estuvieran en medio de la sala pero esperan su turno para hablar. FDM sería como si las personas están en grupos separados ampliamente, y cada grupo tiene su propia conversación al mismo tiempo, aunque de manera independiente de los otros. CDMA se compara con el hecho de que todas las personas estén en medio de la sala hablando al mismo tiempo, pero cada pareja hablando en un lenguaje diferente. La pareja que habla francés se concentra en el francés, rechazando todo lo que no sea francés como si fuera ruido. Por lo tanto, la clave de CDMA es tener la capacidad de extraer la señal deseada y rechazar todo lo demás como ruido aleatorio.

En CDMA cada estación tiene un código propio llamado chip (similar a DSSS).

Supongamos que tenemos 4 estaciones cada una con un chip asociado. Los chips cumplirán con 2 características fundamentales:

- Si multiplicamos un chip de una estación por uno de otra, obtenemos 0.
- Si multiplicamos un chip de una estación por sí mismo, obtenemos en este caso 4 (el número de estaciones).

Entonces cada estación, cuando quiere enviar datos al canal común, multiplica cada bit 1 por el código del chip, y cada 0 por el complemento de uno del chip. La estación que quiera recibir información de alguna de las otras, deberá conocer el chip de esa estación y multiplicarlo por la información que está actualmente en el canal. Entonces, supongamos que la estación 1 quiere escuchar lo que está transmitiendo la estación 2. Para esto, la estación 2 pre-compartió con la estación 1 su código. Entonces la estación 1 multiplicará la información presente en el medio por el código compartido anteriormente. Cuando se multipliquen datos de una estación ajena a estas 2, el resultado será 0 y será descartado, mientras que cuando sea información de la estación 1 dará como resultado el total de estaciones, por lo que la estación 2 deberá dividir por el total y así obtendrá la información.

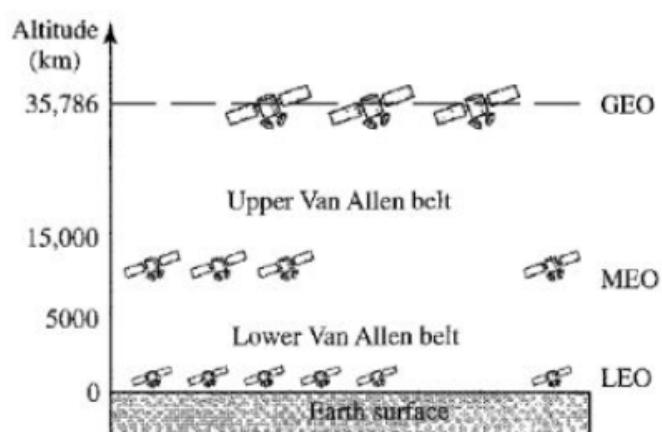


En la práctica, se utiliza una codificación polar para los códigos de los chips (tienen valores +1 para los 1 binarios y -1 para los 0 binarios).

## Funcionamiento y disposición de Satélites

Desde un punto de vista básico, un satélite puede considerarse como un repetidor de señales de microondas ubicado en el espacio, orbitando alrededor de la tierra. A su vez, una red satelital está compuesta por nodos (entre los cuales están los satélites) que proveerán comunicación de un lugar del mundo a otro. Amplifican la señal de entrada (Uplink), y la retransmiten en otra frecuencia para evitar interferencias (Downlink).

Primero, necesitamos saber dónde colocar el satélite, para lo cual se definen órbitas específicas evitando el denominado cinturón de Van Allen, el cual es una zona de la magnetosfera terrestre donde yacen nubes de partículas cargadas que harían pedazos los equipos de un satélite. Podemos por tanto, dividir o categorizar los satélites en base a las posibles órbitas.



### Órbita geoestacionaria (GEO)

A una altura de aprox. 36000 km se encuentra la órbita geoestacionaria. Esta órbita es única ya que, como su nombre lo indica, los satélites en ella permanecen “estacionarios” (es decir, se mueven a la misma velocidad de rotación de la tierra, por lo que parecen estar fijos) y debe estar ubicada sobre el ecuador. En esta órbita, **3 satélites son suficientes para cubrir la superficie del planeta** debido a que estos dispositivos pueden comunicarse con antenas que tengan en su rango de visión.

### Órbita media (MEO)

Esta órbita se encuentra entre las 2 secciones del cinturón de Van Allen a unos 15000 km de altura aprox. En esta órbita, toma a los satélites entre 6 y 8 horas para dar una vuelta a la tierra. Un ejemplo de esta órbita son los 24 satélites pertenecientes al sistema de posicionamiento global (GPS). Se necesitan más satélites que en GEO para cubrir la tierra ya que al estar más cerca de la tierra vemos cómo se desplazan lentamente y están poco tiempo en un mismo lugar.

### Órbita baja (LEO)

Se encuentra entre unos 500 y 2000 km de la superficie terrestre. A diferencia de las otras órbitas, los satélites orbitando aquí pueden ser alcanzados con menor potencia por su cercanía a la tierra. A su vez, la huella donde actúan es mucho menor que las anteriores. Esta órbita tiene una trayectoria polar.

Cabe destacar que, así como se decía en la órbita geoestacionaria, en las órbitas inferiores los satélites tienen un período orbital menor al de la tierra, por consiguiente los veremos moverse respecto a nuestra posición. Mientras más baja la órbita, más rápido se moverá. Esto nos obliga a poner más satélites en esa órbita para cubrir la superficie terrestre.

Los satélites comerciales en las órbitas antes descritas trabajan en 3 bandas de frecuencias: C, Ku y Ka.

Banda	Frecuencia ascendente (GHz)	Frecuencia descendente (GHz)	Problemas
C	5,925 - 6,425	3,7 - 4,2	Interferencia Terrestre
Ku	14,0 - 14,5	11,7 - 12,2	Lluvia
Ka	27,5 - 30,5	17,7 - 21,7	Lluvia

### Banda C

De las 3 es a la que menos frecuencia trabaja. Por esto mismo, los transmisores necesitan menos potencia. Ya que el tamaño de la antena es proporcional a la longitud de onda, los platos para banda C son más grandes en diámetro a la banda Ku. Si bien, son resistentes a las interferencias por lluvia o granizo, es una banda bastante congestionada.

### Banda Ku

Trabaja a una frecuencia mayor que C, lo que requiere mayor potencia por parte de las estaciones. Su uso está siendo usado mayormente para televisión. La principal desventaja es la susceptibilidad a las lluvias pesadas (mayores a 100mm), pero la ventaja es que la superficie de las antenas se achica considerablemente.

### Banda Ka

Es la que a mayor frecuencia trabaja de las 3, por ende la superficie de los platos se reducen aún más. A su vez, necesitan más potencia para trabajar pero también son susceptibles a las condiciones ambientales.

## Métodos de acceso al medio

Los métodos de acceso al medio posibilitan que un conjunto de máquinas comparta un único medio de comunicación mediante una disciplina para acceder y hacer uso del mismo.

### ALOHA

El ALOHA fue un sistema de redes de ordenadores pionero desarrollado en la Universidad de Hawái y desplegado por primera vez en 1970.

La red ALOHA se construyó para permitir a personas de diferentes localizaciones acceder a los principales sistemas informáticos. Es un protocolo de nivel de enlace de datos para redes de área local con topografía de distribución. Se basa en que usaba un medio compartido para la transmisión, donde todos usaban la misma frecuencia. En ALOHA simple, todos los usuarios tienen idénticas jerarquías, una estación se pondrá a transmitir cuando tenga datos para enviar.

Como el canal no está dotado de ninguna estructura primaria/secundaria, es posible que varios usuarios transmitan simultáneamente. En este caso las señales se interferirán y se producirá una colisión. Cuando se produce una colisión el mensaje se arruina por completo y se deberá retransmitir el paquete.

La idea es escuchar el canal de bajada durante un tiempo igual al de retardo de subida, después de haber enviado el paquete. Si el paquete colisionó, el nodo emisor después de un tiempo aleatorio de espera vuelve a transmitirlo.

ALOHA tiene aproximadamente un 18,4% de rendimiento máximo, esto significa que el 81,6% restante del total disponible de ancho de banda se desperdicia debido a estaciones tratando de emitir al mismo tiempo.

### ALOHA Ranurado

En el ALOHA ranurado se introducen 24 ranuras de tiempo de 20 ms cada una, logrando incrementar el rendimiento máximo hasta 36,8%, ya que una estación no puede emitir en cualquier momento, sino justo al comienzo de la ranura y no pueden enviarse paquetes que ocupen más de una ranura, y así las colisiones se reducen.

El problema surge cuando dos sistemas enviaban señales al mismo tiempo, ya que se estropearían. Luego de ocurrido esto, cada sistema debía esperar un tiempo aleatorio para volver a enviar el paquete.

### CSMA/CD (Acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones)

Un intento por mejorar el protocolo ALOHA consistió en obligar a las estaciones a escuchar el canal antes de transmitir, para evitar colisiones. Este protocolo tiene tres variantes:

1) **CSMA persistente-1.** Cuando una estación tiene datos por enviar, primero escucha el canal para saber si alguien más está transmitiendo en ese momento. Si el canal está inactivo, la estación envía sus datos. Por el contrario, si el canal está ocupado, la estación espera hasta que se desocupa. A continuación, la estación transmite una trama. Si ocurre una colisión, la estación espera una cantidad aleatoria de tiempo y comienza de nuevo.

Podría esperarse que este esquema evite las colisiones, pero no lo hace. Si dos estaciones están listas para transmitir, a la mitad de la transmisión de una tercera estación, ambas esperarán hasta que termine la transmisión y después ambas empezarán a transmitir exactamente al mismo tiempo, lo cual producirá una colisión.

2) **CSMA no persistente**. Antes de enviar, una estación detecta el canal. Si nadie más está transmitiendo, la estación comienza a hacerlo. Sin embargo, si el canal ya está en uso, la estación no observa continuamente el canal a fin de tomarlo de inmediato al detectar el final de la transmisión previa. En cambio espera un período de tiempo aleatorio y repite el algoritmo. Intuitivamente este algoritmo deberá conducir a una utilización mejor del canal.

3) **CSMA persistente-p**. Se aplica a canales ranurados. Cuando una estación está lista para enviar, escucha el canal. Si el canal está en reposo la estación empieza a transmitir, con una probabilidad  $p$ . Con una probabilidad  $q = 1 - p$ , se espera hasta la siguiente ranura. Si esa ranura también está en reposo, la estación transmite o espera nuevamente, con probabilidad  $p$  y  $q$ . Este proceso se repite hasta que el marco ha sido transmitido o hasta que otra estación ha comenzado a transmitir. Si dos o más estaciones intentan transmitir simultáneamente, habrá una colisión. Las colisiones pueden detectarse observando el ancho de banda o el ancho del pulso de la señal recibida y comparándola con la señal transmitida. Una vez que una estación detecta una colisión, aborta la transmisión, y espera un período de tiempo aleatorio e intenta de nuevo, suponiendo que ninguna estación ha comenzado a transmitir durante ese lapso. Por tanto, nuestro modelo CSMA/CD consistirá en períodos alternantes de contención y transmisión, ocurriendo períodos muertos cuando todas las estaciones están calladas.

Sus principales **características** son:

- Elevada eficacia, sobre todo en utilizaciones medias y bajas.
- La flexibilidad de conexión y facilidad de adicionar o suprimir estaciones de la red.
- Bajo retardo, aunque no acotable deterministicamente.
- La ausencia de establecimientos físicos o lógicos al conectarse en red una estación.

El protocolo CSMA /CD tiene dos **inconvenientes**:

- Bajo carga pesada, la performance del sistema se degrada severamente. Ocurren cada vez más colisiones y la red es atascada con intentos de retransmisión de tramas que han sufrido colisiones.
- La cantidad de demoras experimentada cuando se intenta retransmitir una trama es impredecible después que una transmisión ha sufrido una colisión.

### **TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo)**

En esta técnica el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total. Cada estación tiene asignada una ranura de tiempo durante la cual puede enviar datos.

Las principales ventajas son que se evitan las colisiones y que cada estación tiene todo el ancho de banda disponible para transmitir.

El principal problema es conseguir la sincronización entre las diferentes estaciones. Cada estación necesita conocer el comienzo y la posición de su ranura, lo que es difícil debido a los retardos de propagación introducidos en el sistema si las estaciones se encuentran a grandes distancias. Para evitar esto se puede dejar una bandeja de guarda y de esta forma evitar la superposición, o enviar una ráfaga para sincronizarse.

Otro problema es que se desperdicia tiempo del canal de comunicaciones si una estación no transmite.

### **FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)**

El ancho de banda disponible de un canal, se divide en bandas de frecuencia. Cada estación tiene asignada una banda para enviar datos, que es reservada durante todo el tiempo. Se utiliza un filtro pasabanda para confinar las frecuencias en las que debe transmitir. La ventaja es que cada estación tiene un canal permanente para transmisión. La desventaja es que pueden quedar canales en desuso, si una estación no transmite, o si usa poco ancho de banda.

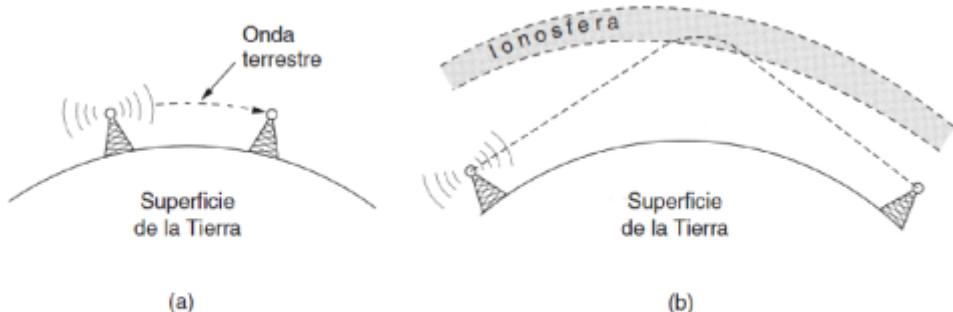
### **Transmisión por medio de radioenlaces**

Las ondas de Radiofrecuencia (RF) son fáciles de generar, pueden recorrer distancias largas y penetrar edificios con facilidad, de modo que son muy utilizados en la comunicación tanto en interiores como en exteriores. Las ondas de radio también son omnidireccionales, lo cual significa que viajan en todas direcciones desde la fuente, por lo que el receptor y el transmisor no tienen que estar alineados físicamente.

Las propiedades de las ondas de radio dependen de la frecuencia. A bajas frecuencias, las ondas de radio cruzan bien los obstáculos, pero la potencia se reduce drásticamente a medida que se aleja de la fuente. A esta atenuación se la conoce como pérdida de trayectoria. A frecuencias altas, las ondas de radio tienden a viajar en línea recta y rebotan en los obstáculos, en este caso la pérdida de trayectoria reduce aún más la potencia. La señal recibida también puede depender de las reflexiones, y además, son absorbidas por la lluvia. En todas las frecuencias, las ondas de radio están sujetas a interferencia de los motores y demás equipos eléctricos.

Es interesante comparar la atenuación de las ondas de radio con la de las señales en los medios guiados. Con la fibra, el cable coaxial y el par trenzado, la señal se reduce en la misma fracción por distancias de unidad (por ejemplo 20 dB por cada 100 m para el par trenzado). Con la radio, la señal se reduce en la misma fracción a medida que se duplica la distancia. Este comportamiento indica que las ondas de radio pueden recorrer grandes distancias y, en consecuencia, la interferencia entre usuarios es un problema. Por esta razón, es común que los gobiernos regulen el uso de los radiotransmisores.

En las bandas VLF, LF y MF las ondas de radio siguen la curvatura de la tierra, como se mostrará en la siguiente figura, tienen **propagación terrestre**.



**Figura 2-12.** (a) En las bandas VLF, LF y MF, las ondas de radio siguen la curvatura de la Tierra.  
 (b) En la banda HF las ondas rebotan en la ionosfera.

Estas ondas se pueden detectar a 1000 km en las frecuencias más bajas, y a menos distancia en las frecuencias más altas. La difusión de radio AM utiliza la banda MF. Las ondas de radio en estas bandas pasan por los edificios fácilmente, razón por la cual las radios funcionan en los interiores. El principal problema que presentan es para la comunicación de datos, debido a su bajo ancho de banda.

En las bandas HF y VHF, las ondas terrestres tienden a ser absorbidas por la Tierra. Sin embargo, aquellas que llegan a la ionosfera (capa de partículas cargadas que rodean a la Tierra a una altura de 100 a 500 km) se refractan y se envían de vuelta a nuestro planeta, como se muestra en la imagen de la derecha, tienen **propagación ionosférica**. Bajo ciertas condiciones atmosféricas, las señales pueden rebotar varias veces. Los operadores de las bandas de radioaficionados, así como el ejército utilizan estas bandas para conversar a larga distancia.

### Transmisión por medio de microondas.

Por encima de los 100 MHz, las ondas viajan en línea recta y en consecuencia, se pueden enfocar en un haz estrecho, estas ondas tienen **propagación en visibilidad**. Al concentrar toda la energía en un pequeño haz por medio de una antena parabólica (como por ejemplo, el plato de TV por satélite) se obtiene una relación señal-ruido mucho más alta, pero las antenas transmisora y receptora deben estar alineadas entre sí con precisión. Además, esta direccionalidad permite que varios transmisores alineados en fila se comuniquen con varios receptores sin interferencia.

Puesto que las microondas viajan en línea recta, si las torres están demasiado separadas, la Tierra se interpondrá en el camino. Por ende se necesitan repetidores periódicos. Entre más altas sean las torres, más separadas pueden estar. La distancia entre repetidores se eleva en forma aproximada a la raíz cuadrada de la altura de la torre. Así, si tenemos torres de 100 metros de altura, los repetidores pueden estar separados a 50 Km de distancia.

A diferencia de las ondas de radio a frecuencias más bajas, las microondas no pueden atravesar bien los edificios. Además, algunas de ellas pueden refractarse en las capas atmosféricas y tardar más tiempo en llegar que las directas.

Estas ondas retrasadas pueden llegar desfasadas con la onda directa y cancelar así la señal. A este efecto se le llama **desvanecimiento por multirayectorias** y representa a menudo un problema grave que depende del clima y de la frecuencia. Para solucionarlo, algunos operadores mantienen el 10% de sus canales inactivos como repuestos para activarlos cuando el desvanecimiento por multirayectorias cancela en forma temporal alguna banda de frecuencia.

Por otro lado, la creciente demanda de espectro obliga a los operadores a utilizar frecuencias aún más altas. Pero con las de casi 4 GHz se presenta un nuevo problema: la absorción por el agua. Estas ondas tienen solo unos centímetros de longitud y la lluvia las absorbe. Al igual que con el desvanecimiento por multirayectorias, la única solución es interrumpir los enlaces afectados por la lluvia y encaminar las señales a su alrededor.

En resumen, la comunicación por microondas se utiliza para la comunicación telefónica de larga distancia, los teléfonos móviles, la distribución de la televisión, etc. Lo que ha provocado la escasez de espectro. Esta tecnología tiene varias ventajas con respecto a la fibra: la principal es que no se necesita derecho de paso para tender los cables.

Con solo comprar un pequeño terreno cada 50 Km y construir en él una torre de microondas, se puede pasar por alto el sistema telefónico en su totalidad. Además, las microondas son relativamente económicas: puede ser más barato erigir dos torres sencillas y poner antenas en ellas, que enterrar 50 Km de fibra a través de un área urbana o sobre una montaña, e inclusive puede ser más económico que alquilar la fibra telefónica de la compañía telefónica.

Cuando se colocan dos antenas en una torre (una receptora y otra emisora) se utilizan dos frecuencias diferentes, una para la señal que llega y otra para la señal que sale, que es transformada mediante un conversor de frecuencia, por ejemplo 4 GHz para la señal recibida y 3 GHZ para la emitida. En la siguiente torre, se deberán usar las frecuencias al revés, la señal que llega será de 3 GHz y la que sale de 4 Ghz

## **Wireless LAN**

Una LAN inalámbrica (WLAN) es una red informática inalámbrica que conecta dos o más dispositivos mediante comunicación inalámbrica para formar una red de área local (LAN) dentro de un área limitada, como una casa, una escuela, un laboratorio de computación, un campus o un edificio de oficinas. Esto brinda a los usuarios la capacidad de moverse dentro del área y permanecer conectados a la red. A través de una puerta de enlace, una WLAN también puede proporcionar una conexión a Internet en general.

Las LAN inalámbricas basadas en los estándares IEEE 802.11 son las redes informáticas más utilizadas en el mundo. Estos se denominan comúnmente Wi-Fi, que es una marca comercial perteneciente a Wi-Fi Alliance. Se utilizan para redes domésticas y de oficinas pequeñas comunes que conectan computadoras portátiles, impresoras, teléfonos

inteligentes, televisores web y dispositivos de juego con un enrutador inalámbrico que los conecta a Internet.

En 2009, 802.11n se agregó a 802.11. Opera en las bandas de 2,4 GHz y 5 GHz a una velocidad máxima de transferencia de datos de 600 Mbit / s. La mayoría de los enrutadores más nuevos son de doble banda y pueden utilizar ambas bandas inalámbricas. Esto permite que las comunicaciones de datos eviten la saturada banda de 2,4 GHz, que también se comparte con dispositivos Bluetooth y hornos microondas. La banda de 5 GHz también tiene más canales que la banda de 2,4 GHz, lo que permite que una mayor cantidad de dispositivos compartan el espacio. No todos los canales están disponibles en todas las regiones.

## WiMAX

WiMAX, siglas de Worldwide Interoperability for Microwave Access (interoperabilidad mundial para acceso por microondas), es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,5 a 5,8 GHz y puede tener una cobertura hasta de 70 km.

Es una tecnología dentro de las conocidas como tecnologías de última milla, también conocidas como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El estándar que define esta tecnología es el IEEE 802.16 MAN. Una de sus ventajas es dar servicios de banda ancha en zonas donde el despliegue de cable o fibra por la baja densidad de población presenta unos costos por usuario muy elevados (zonas rurales).

Actualmente se recogen dentro del estándar 802.16. Existen dos variantes:

Uno de **acceso fijo** (802.16d), en el que se establece un enlace radio entre la estación base y un equipo de usuario situado en el domicilio del usuario. Para el entorno fijo, las velocidades teóricas máximas que se pueden obtener son de 70 Mbit/s con una frecuencia de 20 MHz. Sin embargo, en entornos reales se han conseguido velocidades de 20 Mbit/s con radios de célula de hasta 6 km, ancho de banda que es compartido por todos los usuarios de la célula.

Otro de **movilidad completa** (802.16e), que permite el desplazamiento del usuario de un modo similar al que se puede dar en GSM/UMTS, el móvil, aún no se encuentra desarrollado y actualmente compite con las tecnologías LTE (basadas en femtoceldas, conectadas mediante cable), por ser la alternativa para las operadoras de telecomunicaciones que apuestan por los servicios en movilidad, este estándar, en su variante «no licenciado», compite con el WiFi IEEE 802.11n, ya que la mayoría de los portátiles y dispositivos móviles, empiezan a estar dotados de este tipo de conectividad. El IEEE 802.16m o WirelessMAN-Advanced fue candidato para la red 4G, en competición por el estándar LTE Advanced.

## **Usos**

El ancho de banda y rango del WiMAX lo hacen adecuado para las siguientes aplicaciones potenciales:

- Proporcionar conectividad portátil de banda ancha móvil a través de ciudades y países por medio de una variedad de dispositivos.
- Proporcionar una alternativa inalámbrica al cable y línea de abonado digital (DSL) de "última milla" de acceso de banda ancha.
- Proporcionar datos, telecomunicaciones (VoIP) y servicios de IPTV (triple play).
- Proporcionar una fuente de conexión a Internet como parte de un plan de continuidad del negocio.

## Unidad Nro. 4: INCONVENIENTES CON LA SEÑAL

### Problemas en la transmisión de información

En cualquier sistema de comunicaciones se debe aceptar que la señal que se recibe diferirá de la señal transmitida debido a varias adversidades y dificultades sufridas en la transmisión. En las señales analógicas, estas dificultades pueden degradar la calidad de la señal. En las señales digitales, se generarán bits erróneos: un 1 binario se transformará en un 0 y viceversa. Las dificultades más significativas son:

- La atenuación y la distorsión de atenuación.
- La distorsión de retardo.
- El ruido.

### **Atenuación**

En cualquier medio de transmisión la energía de la señal decae con la distancia. En medios guiados, esta reducción de la energía es por lo general exponencial y, por tanto, se expresa generalmente como un número constante en decibelios por unidad de longitud. En medios no guiados, la atenuación es una función más compleja de la distancia y es dependiente, a su vez, de las condiciones atmosféricas.

Se pueden establecer tres consideraciones respecto a la atenuación. Primero, la señal recibida debe tener suficiente energía para que la circuitería electrónica en el receptor pueda detectar la señal adecuadamente. Segunda, para ser recibida sin error, la señal debe conservar un nivel suficientemente mayor que el ruido. Tercera, la atenuación es habitualmente una función creciente de la frecuencia.

Los dos primeros problemas se resuelven controlando la energía de la señal, para ello se usan amplificadores o repetidores. El tercer problema es especialmente relevante para el caso de las señales analógicas. Debido a que la atenuación varía en función de la frecuencia, la señal recibida está distorsionada, reduciendo así la inteligibilidad. Para soslayar este problema, existen técnicas para ecualizar la atenuación en una banda de frecuencias dada. Otra aproximación alternativa es la utilización de amplificadores que amplifiquen más las frecuencias altas que las bajas.

Existe una relación que expresa las veces de menos amplitud que tenemos a la entrada que a la salida:

$$\text{Atenuación} = \log_e \frac{\text{Voltaje de salida}}{\text{Voltaje de entrada}} = [\text{Nepers}]$$

Se mide en Nepers y mide el grado de disminución de la señal al pasar por el canal, debido a las características físicas del enlace. “Un neper siempre es el resultado de una medición de ATENUACIÓN”

## **Fading**

El desvanecimiento instantáneo o progresivo de la señal que se produce en un enlace de radio frecuencias, se denomina fading y depende exclusivamente del problema que tiene la propagación de ondas electromagnéticas.

Estos inconvenientes en la señal, medida en el receptor, se observa cuando se presentan variaciones en función del tiempo, de las condiciones del medio, como también variaciones en la altura de las capas ionosféricas.

Se comprobó que el fading era más notable por la noche; por una parte llegaba la onda directa o terrestre y por otro la señal reflejada en la capa ionizada de la atmósfera, lo que producía cierto desfase de la onda del emisor. Se calculó que dicha capa ionizada se encontraba aproximadamente a 90 km de altura.

Existen otros factores que pueden provocar el desvanecimiento de la señal, como ser que un obstáculo, móvil o fijo, se cruce en un enlace con propagación celeste, e interfiera en el camino de la onda. Como en este caso, la propagación es del tipo óptica, se produce un tipo de "eclipsamiento" y se nota cómo la señal es absorbida por el obstáculo.

Si en el receptor las mediciones de la señal en la entrada, disminuyen por instantes (siempre como una marcada atenuación) se dice que dicha señal tiene fading.

## **Distorsión del retardo (Jitter)**

La distorsión de retardo es un fenómeno debido a que la velocidad de propagación de una señal a través de un medio guiado varía con la frecuencia. Para una señal limitada en banda, la velocidad tiende a ser mayor cerca de la frecuencia central y disminuye al acercarse a los extremos de la banda. Por tanto, las distintas componentes en frecuencia de la señal llegarán al receptor en instantes diferentes de tiempo, dando lugar a desplazamientos de fase entre las diferentes frecuencias.

Este efecto se llama distorsión de retardo, ya que la señal recibida está distorsionada debido al retardo variable que sufren sus componentes. La distorsión de retardo es particularmente crítica en la transmisión de datos digitales.

Supóngase que se está transmitiendo una secuencia de bits, utilizando una señal analógica o digital. Debido a la distorsión de retardo, algunas de las componentes de la señal en un bit se desplazarán hacia otras posiciones, provocando interferencia entre símbolos. Este hecho es un factor (de gran importancia) que limita la velocidad de transmisión máxima en un canal de transmisión.

## **Diferencia entre Jitter y Latencia**

La latencia es el período que comienza desde la transmisión del paquete desde el remitente hasta la recepción del paquete en el receptor. Por otro lado, el jitter es la diferencia entre el retardo de reenvío de los dos paquetes recibidos consecutivos en los mismos flujos.

## Ruido

Para cualquier dato transmitido, la señal recibida consistirá en la señal transmitida modificada por las distorsiones introducidas en la transmisión, además de señales no deseadas que se insertarán en algún punto entre el emisor y el receptor. A estas últimas señales no deseadas se les denomina ruido. El ruido es el factor de mayor importancia de entre los que limitan las prestaciones de un sistema de comunicación.

La señal de ruido se puede clasificar en cuatro categorías:

- Ruido térmico.
- Ruido de intermodulación.
- Diafonía.
- Ruido impulsivo.

### Ruido Térmico

El **ruido térmico** se debe a la agitación térmica de los electrones. Está presente en todos los dispositivos electrónicos y medios de transmisión; como su nombre indica, es función de la temperatura. El ruido térmico está uniformemente distribuido en el espectro de frecuencias usado en los sistemas de comunicación, es por esto por lo que a veces se denomina ruido blanco. El ruido térmico no se puede eliminar y, por tanto, impone un límite superior en las prestaciones de los sistemas de comunicación. Es especialmente dañino en las comunicaciones satelitales ya que, en estos sistemas, la señal recibida por las estaciones terrestres es muy débil.

### Ruido de Intermodulación

Cuando señales de distintas frecuencias comparten el mismo medio de transmisión puede producirse **ruido de intermodulación**. El efecto del ruido de intermodulación es la aparición de señales a frecuencias que sean suma o diferencia de las dos frecuencias originales o múltiplos de éstas. Por ejemplo, la mezcla de las señales de frecuencias  $f_1$  y  $f_2$  puede producir energía a frecuencia  $f_1+f_2$ . Estas componentes podrían interferir con otras componentes a frecuencia  $f_1+f_2$ .

El ruido de intermodulación se produce cuando hay alguna no linealidad en el transmisor, en el receptor o en el sistema de transmisión. Idealmente, estos sistemas se comportan como sistemas lineales; es decir, la salida es igual a la entrada multiplicada por una constante. Sin embargo, en cualquier sistema real, la salida es una función más compleja de la entrada. El comportamiento no lineal puede aparecer debido al funcionamiento incorrecto de los sistemas o por sobrecargas producidas al utilizar señales con mucha energía. Bajo estas circunstancias es cuando aparecen los términos suma o diferencia no deseados.

## **Diafonía**

La diafonía la ha podido experimentar todo aquel que al usar un teléfono haya oído otra conversación; se trata de un acoplamiento no deseado entre las líneas que transportan las señales. Esto puede ocurrir por el acoplamiento eléctrico entre cables de pares cercanos o, en raras ocasiones, en líneas de cable coaxial que transporten varias señales. La diafonía también puede aparecer cuando las señales no deseadas se captan en las antenas de microondas; aunque éstas se caracterizan por ser altamente direccionales, la energía de las microondas se dispersa durante la transmisión. Generalmente, la diafonía es del mismo orden de magnitud (o inferior) que el ruido térmico.

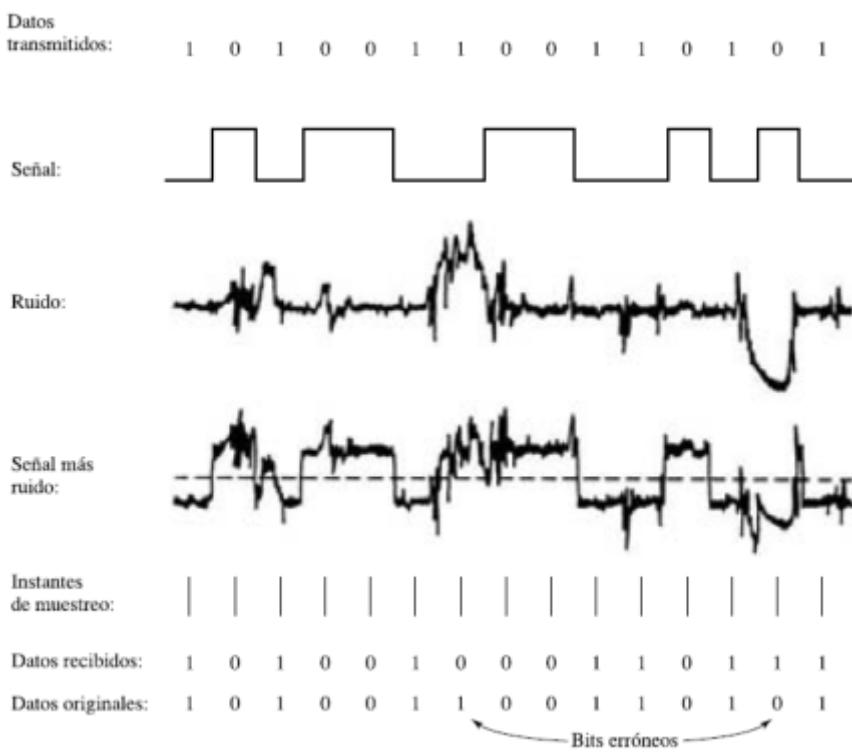
Para la medida de la diafonía se envía por el circuito perturbador una señal de un nivel conocido, y se mide el nivel recibido en el circuito perturbado. No obstante, dependiendo de que la medida la hagamos en el mismo extremo desde el que estamos enviando la señal o en el extremo distante tendremos dos valores distintos. Así llegamos a los conceptos de paradiafonía o diafonía de extremo cercano y telediafonía o diafonía de extremo lejano. La disposición de elementos para la medida de la telediafonía o diafonía de extremo lejano es denominada en inglés Far end crosstalk (FEXT). La disposición de elementos que calculan la potencia de medidas para la medida de la paradiafonía o diafonía de extremo cercano, es denominada Near end crosstalk (NEXT).

## **Ruido Impulsivo**

El ruido impulsivo es no continuo y está constituido por pulsos o picos irregulares de corta duración y de amplitud relativamente grande. Se generan por una gran diversidad de causas, por ejemplo, por perturbaciones electromagnéticas exteriores producidas por tormentas atmosféricas, tubos fluorescentes o fallos y defectos en los sistemas de comunicación. Generalmente, el ruido impulsivo no tiene mucha trascendencia para los datos analógicos.

Por ejemplo, la transmisión de voz se puede perturbar mediante chasquidos o crujidos cortos, sin que ello implique pérdida significativa de inteligibilidad. Sin embargo, el ruido impulsivo es una de las fuentes principales de error en la comunicación digital de datos. Por ejemplo, un pico de energía con duración de 0,01 s no inutilizaría datos de voz, pero podría corromper aproximadamente 560 bits si se transmitieran a 56 kbps.

La siguiente figura muestra un ejemplo del efecto del ruido sobre una señal digital. Aquí el ruido consiste en un nivel relativamente pequeño de ruido térmico más picos ocasionales de ruido impulsivo. Los datos digitales se recuperan muestreando la señal recibida una vez por cada intervalo de duración del bit. Como se puede observar, el ruido es a veces suficiente para convertir un 1 en un 0, o un 0 en un 1.



## Interferencia entre símbolos

En telecomunicaciones, el término interferencia entre símbolos tiene los siguientes significados:

1. En un sistema de transmisión digital, la distorsión de la señal recibida se manifiesta mediante ensanchamientos temporales, y el consecuente solapamiento, de pulsos individuales hasta el punto de que el receptor puede no distinguir correctamente entre cambios de estado, por ejemplo entre elementos individuales de la señal. A partir de un cierto umbral, la ISI puede comprometer la integridad de los datos recibidos. La ISI puede ser medida mediante el diagrama de ojos.
2. Energía procedente de la señal en uno o más intervalos de modulación que interfieren con la recepción de la señal en otro intervalo de modulación.
3. La distorsión causada por la energía de la señal en uno o más intervalos, que interfiere con la recepción de la señal en otro intervalo de modulación.

La ISI se puede corregir dividiendo los pulsos a la mitad, pero esto provoca que deba aumentar el ancho de banda, para transmitir la misma cantidad de información.

El nivel de errores aceptable está entre los  $10^{-9}$  y  $10^{-12}$ , es decir un error cada mil millones o cada un billón de bits, respectivamente.

## Diagrama de ojo

Un diagrama de ojos es una **imagen de osciloscopio**, en la cual una señal digital de un receptor de un sistema de transmisión digital, es muestrada repetidamente y aplicada a la

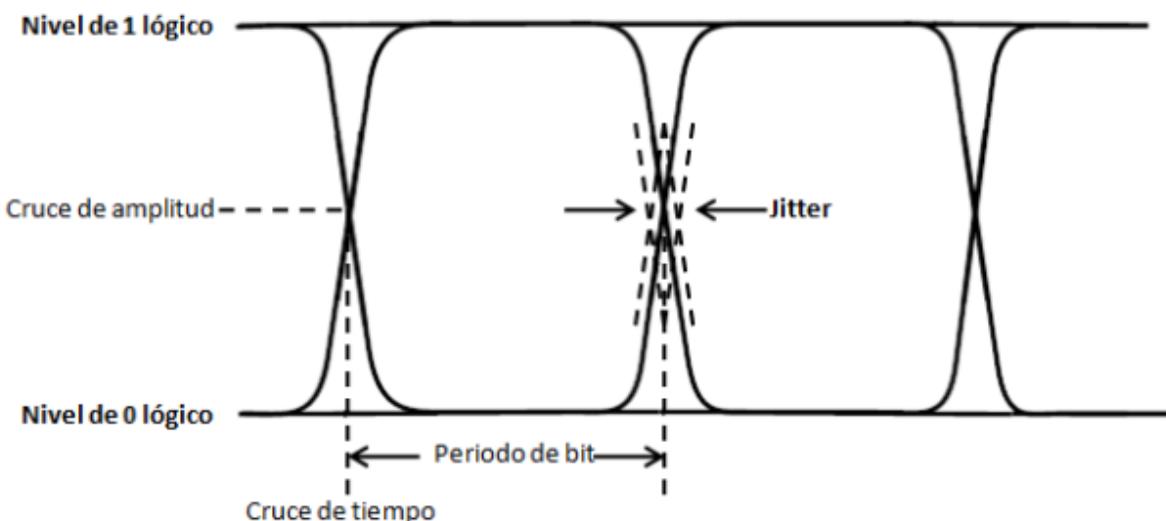
entrada vertical de dicho instrumento, mientras que la tasa de datos es usada para disparar el barrido horizontal del osciloscopio.

Se llama así debido a que cuando una señal está en código NRZ el diagrama parece una serie de ojos.

La característica más importante de esta representación es que algunos de los parámetros más relevantes del sistema de comunicación digital se obtienen mediante el análisis del diagrama, entre otros:

- Eje de amplitudes (eje "y" del osciloscopio)
  - Distorsión producida por ISI
  - Margen de ruido
- Eje de tiempos (eje "x" del osciloscopio)
  - Jitter (Variación de sincronismo/retardo)
  - Margen de sincronismo

Un diagrama de ojos abiertos corresponde a una distorsión mínima de la señal. La distorsión de la forma de la señal, debido a la ISI y al ruido, aparece representada como un cierre del diagrama de ojo. Veamos el siguiente ejemplo:



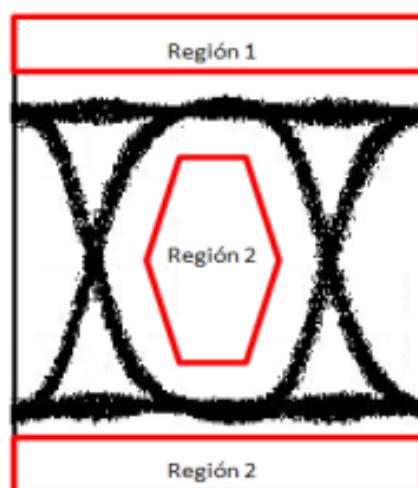
Donde:

- **Nivel de 1 lógico:** Corresponde a la medición del valor promedio del nivel de un uno lógico. Esto se debe a que el diagrama de ojo utiliza métodos estadísticos en la construcción del patrón, es decir, se genera un histograma con los distintos valores del pulso y luego se considera una zona reducida del ancho del pulso, con lo que se logra obtener el promedio del nivel uno de dicho pulso.
- **Nivel de 0 lógico:** Corresponde a la medida del valor medio del nivel cero lógico. Al igual que en el caso del nivel de uno las técnicas de medición del nivel de cero son las mismas.
- **Cruce de amplitud:** se refiere al nivel de voltaje en el cual se produce la apertura del ojo y su posterior cierre.

- **Cruce de tiempo:** se refiere al tiempo en el que se produce la apertura del ojo y su posterior cierre.
- **Periodo de bit:** período entre la apertura y cierre del ojo. Se obtiene a partir del cruce de amplitud y de tiempo.
- **Jitter:** Corresponde básicamente a una desviación de fase respecto de la posición ideal en el tiempo de una señal digital que se propaga en un canal de transmisión. Es un efecto completamente indeseable en cualquier sistema de comunicaciones porque introduce una serie de problemas al canal, que de no ser tratado adecuadamente puede degradar completamente la calidad y desempeño del enlace.

### Análisis a partir de comparación de máscara

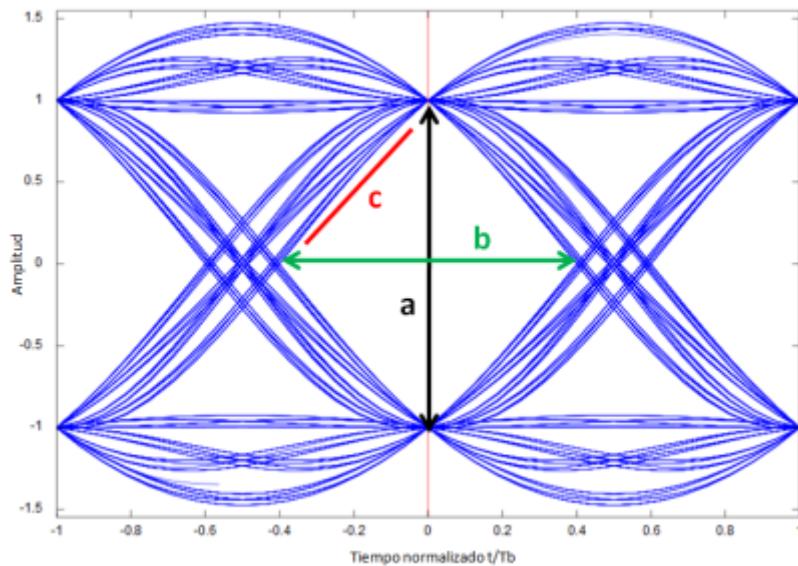
Las máscaras preestablecidas definen regiones específicas en el diagrama de ojo, dentro de las cuales los pulsos u ondas no deben introducirse. Dichas máscaras son muy útiles, por medio de ellas se especifican zonas no permitidas para las señales. Con ello se logra preestablecer un diseño óptimo de enlaces que cumplan ciertas características, ya que si la señal digital que se propaga por el canal se introduce en dichas regiones, se observa claramente problemas y errores en la transmisión.



### Análisis de las propiedades de la señal

En presencia de ISI, cuando el pulso no satisface el criterio de Nyquist, el diagrama tenderá a cerrarse verticalmente. Para una transmisión sin errores en ausencia de ruido, el ojo debe mantener cierta apertura vertical (a), o en caso contrario existirán señales de interferencia entre símbolos que provocarán errores. Cuando el ojo no esté totalmente cerrado, la interferencia entre símbolos reducirá el valor del ruido aditivo admisible. Por tanto, cuanto mayor apertura vertical, mayor inmunidad frente al ruido. El instante óptimo de muestreo será el punto de máxima apertura vertical del ojo, pero esto nunca puede ser logrado de forma precisa por un sistema práctico de recuperación de sincronismo. Por eso, la apertura horizontal del ojo (b) es también importante desde el punto de vista práctico.

Cuanto mayor sea la pendiente ( $c$ ), mayor sensibilidad tendrá el sistema a errores cometidos en la recuperación del sincronismo (errores en el cálculo del instante de muestreo).



### Errores en la transmisión digital

Siempre que una señal electromagnética fluye de un punto a otro, está sujeta a perturbaciones impredecibles, como vimos anteriormente. Si la señal transporta datos binarios codificados, tales cambios pueden alterar el significado de los datos. Podemos encontrar dos errores comunes en la transmisión digital:

- **Error de bit:** este término significa que únicamente un bit cambia su significado. Es decir, de 0 a 1 o 1 a 0. Son el tipo de error menos probable en una transmisión en serie.
- **Error de ráfaga:** significa que dos o más bits en la unidad de datos han cambiado. Es más probable que aparezca, ya que la duración del ruido es normalmente mayor que la duración del bit

### Detección de errores

El concepto central en la detección de errores es la redundancia. Para poder detectar o corregir errores, es necesario enviar algunos bits extra junto con los datos. Estos bits redundantes son añadidos en el emisor y eliminados en el receptor. Su presencia permite al receptor detectar o corregir los bits con errores.

La corrección de errores es más difícil que la detección. En la detección de errores sólo se mira si ha ocurrido un error. La respuesta es un simple sí o no. No se está interesado en el número de errores. En cambio, en la corrección de errores se necesita saber el número exacto de bits que se han dañado y, más importante, su posición dentro del mensaje.

Hay dos métodos principales de corrección de errores:

- La corrección de errores hacia adelante es el proceso por el cual el receptor intenta adivinar el mensaje utilizando los bits redundantes, cosa que es posible si el número de errores es pequeño.
- La corrección por retransmisión es una técnica en la que el receptor detecta la ocurrencia de un error y pide al emisor que retransmita el mensaje. Este proceso se repite hasta que el receptor entienda que el mensaje se encuentra libre de errores.

## **BER (Bit Error Rate)**

En la transmisión digital, el número de errores de bits es el número de bits recibidos de un flujo de datos a través de un canal de comunicación que se han alterado debido a ruido, interferencia, distorsión o errores de sincronización de bits.

La tasa de errores de bits (BER) es el número de errores de bits por unidad de tiempo. La tasa de errores de bits (también BER) es el número de errores de bits dividido por el número total de bits transferidos durante un intervalo de tiempo estudiado. La tasa de errores de bits es una medida de rendimiento sin unidades, a menudo expresada como porcentaje.

La probabilidad de error de bit  $P_e$  es el valor esperado de la tasa de error de bit. La tasa de errores de bits puede considerarse como una estimación aproximada de la probabilidad de errores de bits. Esta estimación es precisa para un intervalo de tiempo prolongado y una gran cantidad de errores de bits.

Como ejemplo, suponga esta secuencia de bits transmitida:

0 1 1 0 0 0 1 0 1 1

y la siguiente secuencia de bits recibidos:

0 0 1 0 1 0 1 0 0 1,

El número de errores de bit (los bits subrayados) es, en este caso, 3. La BER son 3 bits incorrectos divididos por 10 bits transferidos, lo que da como resultado una BER de 0,3 o 30%.

## **EMI (Electromagnetic interference)**

La interferencia electromagnética (EMI), también llamada interferencia de radiofrecuencia (RFI) cuando se encuentra en el espectro de radiofrecuencia, es una perturbación generada por una fuente externa que afecta un circuito eléctrico por inducción electromagnética, acoplamiento electrostático o conducción. La perturbación puede degradar el rendimiento del circuito o incluso detener su funcionamiento. En el caso de una ruta de datos, estos efectos pueden variar desde un aumento en la tasa de error hasta una pérdida total de los datos. Tanto las fuentes artificiales como las naturales generan corrientes y voltajes eléctricos cambiantes que pueden causar EMI: sistemas de encendido, red celular de teléfonos móviles, rayos, erupciones solares y auroras (luces del norte / sur). La EMI afecta con frecuencia a las radios AM. También puede afectar a teléfonos móviles, radios FM y televisores, así como a observaciones para radioastronomía y ciencias atmosféricas.

EMI se puede usar intencionalmente para interferencias de radio, como en la guerra electrónica.

## Tipos

La interferencia electromagnética se puede clasificar de la siguiente manera:

**EMI o RFI de banda estrecha**, que normalmente emana de las transmisiones previstas, como estaciones de radio y televisión o teléfonos móviles.

**EMI o RFI de banda ancha**, que es radiación involuntaria de fuentes como líneas de transmisión de energía eléctrica.

La interferencia electromagnética conducida es causada por el contacto físico de los conductores en contraposición a la EMI radiada, que es causada por inducción (sin contacto físico de los conductores). Las perturbaciones electromagnéticas en el campo EM de un conductor ya no estarán confinadas a la superficie del conductor y se irradiarán lejos de él. Esto persiste en todos los conductores y la inductancia mutua entre dos campos electromagnéticos radiados dará como resultado EMI.

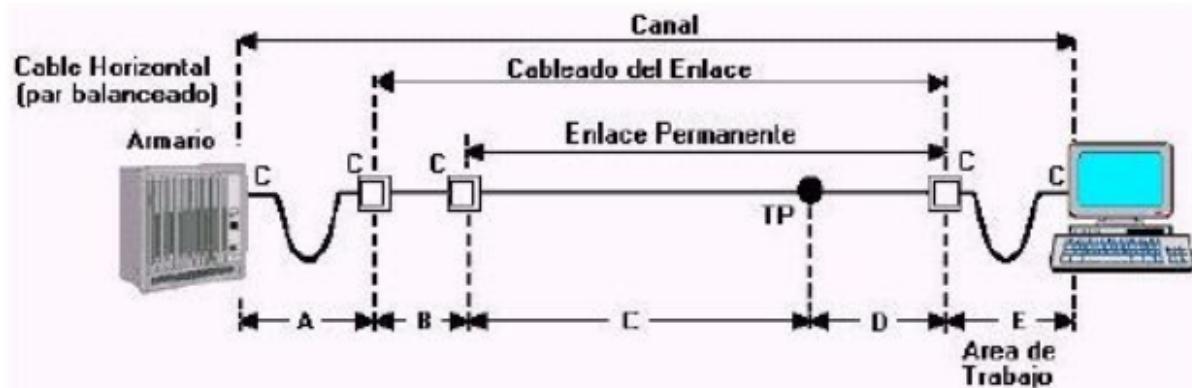
## Certificación del cableado estructurado (TSB-67)

El cableado de una red de datos LAN está estandarizado por distintas normas que comprenden, tanto la forma en que están construidos, su forma de conexión, su distribución dentro del edificio y los parámetros eléctricos a los cuales se deben ajustar.

La certificación del cableado estructurado comprende los distintos procedimientos, valores máximos y mínimos para garantizar la tasa REAL de bits a la que funciona el mismo. Ensaya al máximo el cableado para decir hasta qué tasa puede transmitir ese cable según la categoría a la que pertenezca (5e, 6, 6A).

## **Canal (CHANNEL) y Enlace Permanente (Permanent Link)**

La norma TSB-67 define dos modelos de configuraciones de enlaces (link): El “Canal” (CHANNEL) y el “Enlace Permanente” (Permanent Link). La siguiente figura define el concepto de Canal.



El Canal define dos transiciones a cada extremo del enlace, e incluye todos los elementos de cable y conectores para permitir que el dato vaya desde un dispositivo en un extremo del enlace al otro dispositivo en el extremo opuesto; mientras el Enlace Permanente define una sola transición en cada extremo del enlace. El Enlace Permanente es parte del Canal y excluye a los patch cords de extensión desde la pared hacia el dispositivo, pero incluye los cables de prueba del instrumento de medición.

Longitud máxima del enlace = 100 metros



Enlace Básico para prueba de Enlace Permanente

El Canal se aproxima más al enlace que interesa al usuario común. Los usuarios desean saber la eficiencia del enlace completo desde el concentrador (HUB o Switch) hasta la estación de trabajo o dispositivo de red, los cuales incluyen el cable de extensión (patch cord) desde la pared hacia el dispositivo en cuestión y no los cables de prueba del instrumento. El Canal estipula una longitud física máxima de 100 m para el cableado horizontal más 4 conectores.

El Enlace Permanente en la figura consiste de un segmento de cable "C" y "D" (el cableado horizontal desde la toma de la pared del terminal al dispositivo de conexión en el armario del Server) más dos cables de prueba de dos metros del instrumento de prueba. O sea, los instrumentos deben ser conectados a esos cables de prueba. La longitud máxima del Enlace Básico no debe superar los 94 m.

## Topología

La norma EIA/TIA 568A hace las siguientes recomendaciones en cuanto a la topología del vertebral:

- El cableado vertebral deberá seguir la topología estrella convencional.
- Cada interconexión horizontal en un cuarto de telecomunicaciones está cableada a una interconexión principal o a una interconexión intermedia y de ahí a una interconexión principal con la siguiente excepción: Si se anticipan requerimientos para una topología de red bus o anillo, entonces se permite el cableado de conexiones directas entre los cuartos de telecomunicaciones.
- No debe haber más de dos niveles jerárquicos de interconexiones en el cableado vertebral (para limitar la degradación de la señal debido a los sistemas pasivos y para simplificar los movimientos, aumentos o cambios).
- Las instalaciones que tienen un gran número de edificios o que cubren una gran extensión geográfica pueden elegir subdividir la instalación completa en áreas menores dentro del alcance de la norma EIA/TIA 568A. En este caso, se excederá el número total de niveles de interconexiones.
- Las conexiones entre dos cuartos de telecomunicaciones pasarán a través de tres o menos interconexiones.

- En ciertas instalaciones, la conexión cruzada del vertebral (conexión cruzada principal) bastará para cubrir los requerimientos de conexiones cruzadas.
- Las conexiones cruzadas del vertebral pueden estar ubicadas en los cuartos de telecomunicaciones, los cuartos de equipos, o las instalaciones de entrada.
- No se permiten empalmes como parte del vertebral.

## TSB-67

La norma TSB-67 contienen las especificaciones con los procedimientos de medición y la certificación de enlaces de cableados UTP (cables y conexiones) Categoría 5 ya instalados regidos por la norma TIA-568A, y establece:

1. Los parámetros a medir y método de medición.
2. Los límites de Pase/Falla o el criterio de cada parámetro de prueba.
3. La exactitud y los requerimientos de los instrumentos de medición de las pruebas de campo (pruebas en situ).

Los parámetros a medir son:

- **Mapa de cableado:** La prueba del mapa de cableado asegura la adecuada conectividad del enlace. Esta es una simple prueba de la continuidad, la cual debe asegurar que cada pin del conector de un extremo a otro del enlace esté conectado al correspondiente pin en el extremo lejano, y que no haya conexión con cualquier otro conductor ó con el blindaje. Si las pruebas de mapa de cableado falla, revisar los dos extremos para detectar posibles errores de conexión.
- **Longitud del enlace:** La medición de longitud es comúnmente realizada usando la técnica llamada **TDR (Time Domain Reflectometry - Reflejometría en el dominio del tiempo)**. Para medir la longitud, el probador envía un pulso sobre un extremo del cable. Si no hay discontinuidad (corto, rotura o pobre conexión) o cambio de la impedancia, no hay reflexión de energía. Si ocurre alguna perturbación del cable, habrá una energía reflejada que es detectada por el probador. El nivel de energía reflejada será proporcional a la magnitud del cambio de impedancia. Así, si el cambio es un circuito abierto o un corto producirá una gran reflexión, y si hay cambios menores tales como una pobre conexión, producirá una pequeña reflexión.
- **Atenuación:** La atenuación es la medida de la reducción de la potencia de señal debido a la pérdidas a lo largo del cable de enlace expresada en **decibeles cada 100 metros (dB/m)**. A diferencia de la pérdida, que es un valor puntual, la atenuación es proporcional a la longitud. El valor de la atenuación es un valor negativo en dB, indicando este signo negativo, que ha habido una reducción de la amplitud de la señal generada por el transmisor. El **efecto Skin** afecta debido a que a altas frecuencias, las señales eléctricas circulan por la superficie del conductor y no por el centro, osea, no hay una densidad eléctrica uniforme de los electrones. Esto reduce la superficie de conducción, por ende aumenta la resistividad. En resumen, **a mayor frecuencia, más atenuación por efecto skin**.

La temperatura puede afectar también generando atenuación. El instrumento de medición debe identificar la atenuación en el peor de los casos para cada par trenzado, indicando si pasa o falla la prueba. También, se analiza si la atenuación proviene de Crosstalk o de ruido NEXT (cuando una corriente fluye a través de un par de cables, se crea un campo electromagnético que puede interferir con las señales de los pares adyacentes).

- **Retardo de propagación:** Todas las señales eléctricas sufren retardos de propagación; esto es natural en la conducción de señales. Lo crítico es la diferencia en los retardos producto de las diferencias de trenzado, lastimaduras de los cables, etc.
- **Delay Skew:** Las distancias eléctricas de los pares no son todas iguales, por lo tanto aquel que esté más retorcido será más largo que el que tenga menos torsión por lo tanto la señal tendrá más tiempo de recorrido.
- **Pérdida de inserción:** Las señales eléctricas transmitidas por un enlace pierden parte de su energía a medida que viajan a lo largo del enlace. La pérdida de inserción mide la cantidad de energía que se pierde cuando la señal llega al extremo receptor del enlace de cableado. La medición de la pérdida de inserción cuantifica el efecto de la resistencia que ofrece el enlace de cableado a la transmisión de las señales eléctricas. Es una medida de la señal que se pierde por mala ejecución de la terminación, de la conexión de los elementos, diferencia en las secciones del cable, etc.
- **ACR-N:** Attenuation to Crosstalk Ratio Near-End. Es la diferencia entre NEXT y la atenuación para el par en el enlace bajo prueba.
- **ACR-F:** Diafonía de extremo lejano de igual nivel (ELFEXT). Es un resultado calculado, más que una medición. Se obtiene restando la pérdida de inserción del par perturbador de la diafonía del extremo lejano (FEXT) que este par induce en un par adyacente.
- **Pérdida de retorno:** Es la diferencia entre la potencia de señal que sale del transmisor y la que efectivamente llega al receptor, producto de reflexiones en la línea causadas por variaciones en la impedancia del cable. Se expresa en dB. El valor de las impedancias en los extremos del enlace debe ser igual a la impedancia característica del enlace.

**Unidad Nro. 5: ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA DE COMUNICACIONES**

**Modelo OSI**

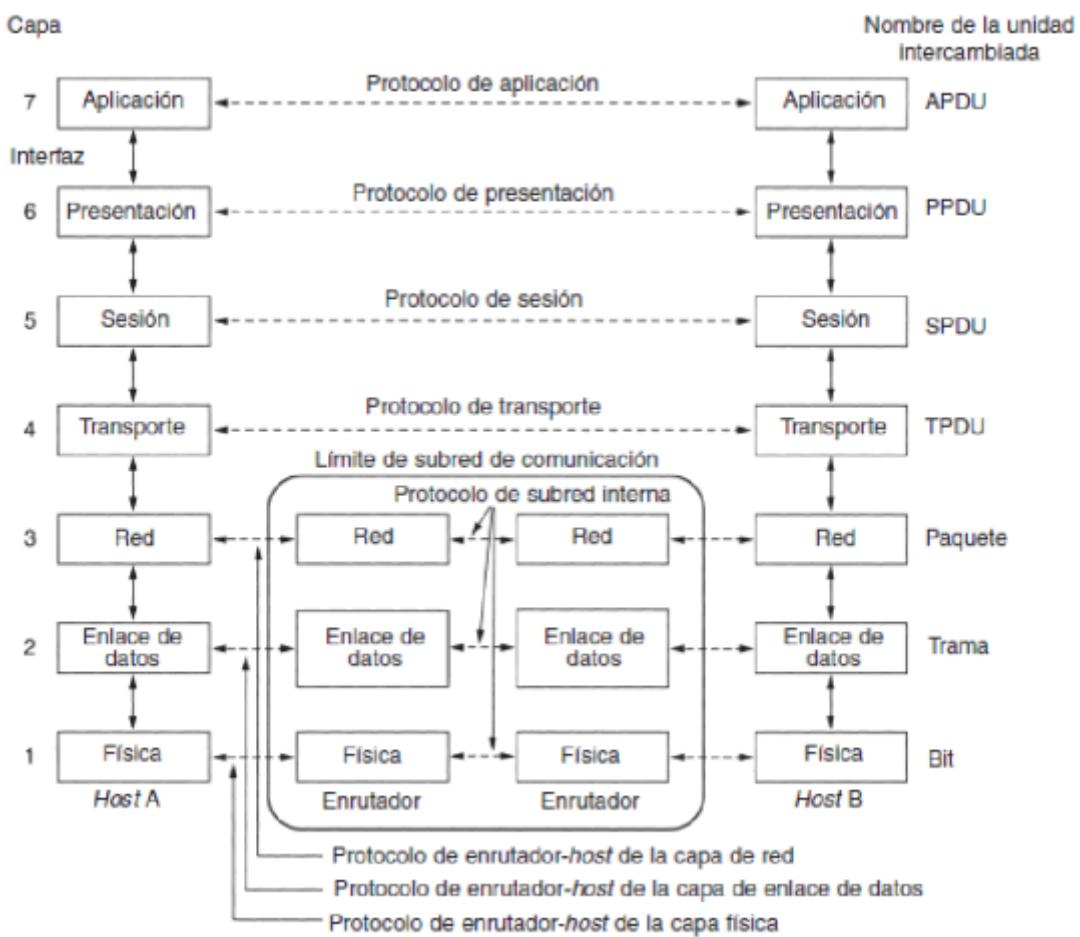
**Historia**

En sus inicios, el desarrollo de redes sucedió con desorden en muchos sentidos. A principios de la década de 1980 se produjo un enorme crecimiento en la cantidad y el tamaño de las redes. A medida que las empresas tomaron conciencia de las ventajas de usar tecnología de networking, las redes se agregaban o expandían a casi la misma velocidad a la que se introducían las nuevas tecnologías de red.

Para mediados de la década de 1980, estas empresas comenzaron a sufrir las consecuencias de la rápida expansión. De la misma forma en que las personas que no hablan un mismo idioma tienen dificultades para comunicarse, las redes que utilizaban diferentes especificaciones e implementaciones tenían dificultades para intercambiar información. El mismo problema surgía con las empresas que desarrollaban tecnologías de networking privadas o propietarias. "Propietario" significa que una sola empresa o un pequeño grupo de empresas controla todo uso de la tecnología. Las tecnologías de networking que respetaban reglas propietarias en forma estricta no podían comunicarse con tecnologías que usaban reglas propietarias diferentes.

Para enfrentar el problema de incompatibilidad de redes, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) investigó modelos de networking como la red de Digital Equipment Corporation (DECnet), la Arquitectura de Sistemas de Red (SNA) y TCP/IP a fin de encontrar un conjunto de reglas aplicables de forma general a todas las redes. Con base en esta investigación, la ISO desarrolló un modelo de red que ayuda a los fabricantes a crear redes que sean compatibles con otras redes.

## Modelo de referencia OSI



### Protocolos que se pueden usar en cada capa:

**Aplicación - Presentación - Sesión:** HTTP, FTP, SMTP, SNPT, RTP, DNS.

**Transporte:** TCP, UDP.

**Red:** IPv4, IPv6.

**Enlace - Física:** Ethernet, PPP, FR, ATM, MDLC.

El modelo en sí mismo no puede ser considerado una arquitectura, ya que no especifica el protocolo que debe ser usado en cada capa, sino que suele hablarse de modelo de referencia. Este modelo está dividido en siete capas:

### Capa Física (Capa 1)

La Capa Física del modelo de referencia OSI es la que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio físico (medios guiados: cable coaxial, cable de par trenzado, fibra óptica y otros tipos de cables; medios no guiados: radio, infrarrojos, microondas, láser y otras redes inalámbricas); características del medio (p.e. tipo de cable o calidad del mismo; tipo de conectores normalizados o en su caso

tipo de antena; etc.) y la forma en la que se transmite la información (codificación de señal, niveles de tensión/intensidad de corriente eléctrica, modulación, tasa binaria, etc).

Es la encargada de transmitir los bits de información a través del medio utilizado para la transmisión. Se ocupa de las propiedades físicas y características eléctricas de los diversos componentes; de la velocidad de transmisión, si esta es uni o bidireccional (símplex, dúplex o full-dúplex). También de aspectos mecánicos de las conexiones y terminales, incluyendo la interpretación de las señales eléctricas/electromagnéticas.

Se encarga de transformar una trama de datos proveniente del nivel de enlace en una señal adecuada al medio físico utilizado en la transmisión. Estos impulsos pueden ser eléctricos (transmisión por cable) o electromagnéticos (transmisión sin cables). Estos últimos, dependiendo de la frecuencia/longitud de onda de la señal pueden ser ópticos, de micro-ondas o de radio. Cuando actúa en modo recepción el trabajo es inverso; se encarga de transformar la señal transmitida en tramas de datos binarios que serán entregados al nivel de enlace. Sus principales funciones se pueden resumir como:

- Definir el medio o medios físicos por los que va a viajar la comunicación: cable de pares trenzados (o no, como en RS232/EIA232), coaxial, guías de onda, aire, fibra óptica.
- Definir las características materiales (componentes y conectores mecánicos) y eléctricas (niveles de tensión) que se van a usar en la transmisión de los datos por los medios físicos.
- Definir las características funcionales de la interfaz (establecimiento, mantenimiento y liberación del enlace físico).
- Transmitir el flujo de bits a través del medio.
- Manejar las señales eléctricas/electromagnéticas.
- Especificar cables, conectores y componentes de interfaz con el medio de transmisión, polos en un enchufe, etc.
- Garantizar la conexión (aunque no la fiabilidad de ésta).

### Codificación de la señal

El nivel físico recibe una trama binaria que debe convertir a una señal eléctrica, electromagnética, óptica u otra dependiendo del medio, de tal forma que a pesar de la degradación que pueda sufrir en el medio de transmisión vuelva a ser interpretable correctamente en el receptor.

En el caso más sencillo el medio es directamente digital, como en el caso de las fibras ópticas, dado que por ellas se transmiten pulsos de luz.

Cuando el medio no es digital hay que codificar la señal, en los casos más sencillos la codificación puede ser por pulsos de tensión (PCM o Pulse Code Modulation) (por ejemplo 5 V para los "unos" y 0 V para los "ceros"), es lo que se llaman codificación unipolar RZ. Otros medios se codifican mediante presencia o ausencia de corriente. En general estas codificaciones son muy simples y no apuran bien la capacidad de medio. Cuando se quiere sacar más partido al medio se usan técnicas de modulación más complejas, y suelen ser muy dependientes de las características del medio concreto.

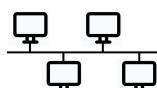
En los casos más complejos, como suelen ser las comunicaciones inalámbricas, se pueden dar modulaciones muy sofisticadas, este es el caso de los estándares Wi-Fi, con técnicas de modulación complejas de espectro ensanchado.

### Topología y medios compartidos

Indirectamente el tipo de conexión que se haga en la capa física puede influir en el diseño de la capa de Enlace. Atendiendo al número de equipos que comparten un medio hay dos posibilidades:



- **Conexiones punto a punto:** que se establecen entre dos equipos y que no admiten ser compartidas por terceros.



- **Conexiones multipunto:** en las que dos o más equipos pueden usar el medio.

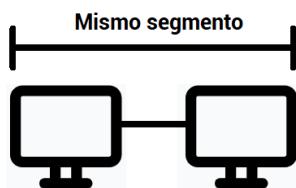
Así por ejemplo la fibra óptica no permite fácilmente conexiones multipunto (sin embargo, véase FDDI) y por el contrario las conexiones inalámbricas son inherentemente multipunto (sin embargo, véanse los enlaces infrarrojos). Hay topologías como el anillo, que permiten conectar muchas máquinas a partir de una serie de conexiones punto a punto.

### Equipos adicionales

A la hora de diseñar una red hay equipos adicionales que pueden funcionar a nivel físico, se trata de los repetidores, en esencia se trata de equipos que amplifican la señal, pudiendo también regenerarla. En las redes Ethernet con la opción de cableado de par trenzado (la más común hoy por hoy) se emplean unos equipos de interconexión llamados concentradores (repetidores en las redes 10Base-2) más conocidos por su nombre en inglés (hubs) que convierten una topología física en estrella en un bus lógico y que actúan exclusivamente a nivel físico, a diferencia de los commutadores (switches) que actúan a nivel de enlace.



## Capa de enlace de datos (Capa 2)



Cualquier medio de transmisión debe ser capaz de proporcionar una transmisión sin errores, es decir, un tránsito de datos fiable a través de un enlace físico. Debe crear y reconocer los límites de las tramas, así como resolver los problemas derivados del deterioro, pérdida o duplicidad de las tramas. También puede incluir algún mecanismo de regulación del tráfico que evite la saturación de un receptor que sea más lento que el emisor.

La capa de enlace de datos se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de la red, del acceso a la red, de la notificación de errores, de la distribución ordenada de tramas y del control del flujo.

La principal tarea de esta capa es hacer que el medio de transmisión sea capaz de proporcionar una transmisión sin errores, es decir, un tránsito de datos fiable a través de un enlace físico. El emisor divide los datos de entrada en **tramas de datos**, y las transmite en forma secuencial. Esto implica crear y conocer los límites de las tramas. También se ocupa de resolver problemas asociados al deterioro, pérdidas o duplicidad de tramas.

Otra cuestión es cómo evitar que un transmisor rápido inunde de datos a un receptor lento. Por lo tanto, tal vez sea necesario algún mecanismo de regulación de tráfico para notificar al transmisor cuando el receptor puede aceptar más datos. Además, se ocupa del direccionamiento físico, de la topología de la red, del acceso a la red y de la notificación de errores.

Dentro de la capa de enlace de datos, la IEEE seccionó la misma en dos subcapas, la subcapa **LLC (Logical Link Control)** o subcapa de control de enlace lógico y la subcapa **MAC (Media Access Control)** o subcapa de control de acceso al medio.

La primera subcapa (**LLC**) fue creada con el propósito de proporcionar a las capas superiores (capa de red) una interfaz independiente de la tecnología que se ocupe en la capa de enlace de datos y en la capa física.

Esta subcapa proporciona versatilidad en los servicios de los protocolos de la capa de red que está sobre ella, mientras se comunica de forma efectiva con las diversas tecnologías que están por debajo. El LLC, como subcapa, participa en el proceso de encapsulamiento. Esta subcapa administra la comunicación entre los dispositivos a través de un solo enlace a una red y soporta tanto servicios orientados a conexión como servicios no orientados a conexión, utilizados por los protocolos de las capas superiores. Otra tarea de LLC es proporcionar control de errores y control de flujo.

La otra subcapa (**MAC**) que se refiere a los protocolos que sigue el host para acceder a los medios físicos, fijando así cuál de los computadores transmitirá datos en un grupo en el que

todos los computadores están intentando transmitir al mismo tiempo. Se encarga de la topología lógica de la red y del método de acceso a ésta, cabe destacar que cada tecnología de red tiene una subcapa MAC diferente.

### HDLC

Protocolo más importante para el enlace de datos. Es el más utilizado y es base de otros protocolos importantes de esta capa (como LAPB, LAPD, LLC, FRAME RELAY, ATM).

HDLC define tres tipos de estaciones, tres configuraciones del enlace y tres modos de operación para la transferencia de los datos.

Los tres tipos de estaciones son:

1. **Estación primaria**: se caracteriza porque tiene la responsabilidad de controlar el funcionamiento del enlace. Las tramas generadas por la primaria se denominan órdenes.
2. **Estación secundaria**: funciona bajo el control de la estación primaria. Las tramas generadas por la estación secundaria se denominan respuestas. La primaria establece un enlace lógico independiente para cada una de las secundarias presentes en la línea.
3. **Estación combinada**: es una mezcla entre las características de las primarias y las secundarias. Una estación de este tipo puede generar tanto órdenes como respuestas.

Las tres posibles configuraciones del enlace son:

1. **Configuración no balanceada**: está formada por una estación primaria y una o más secundarias. Permite transmisión semi-duplex ya que la estación primaria es la que realiza el control de acceso al medio y una estación secundaria podrá emitir tramas solamente cuando la estación primaria lo solicite.
2. **Configuración balanceada**: consiste en dos estaciones combinadas. Permite igualmente transmisión full-duplex o semi-duplex.
3. **Configuración simétrica**: dos estaciones físicas, cada una con una estación lógica, de forma que se conectan una primaria de una estación física con la secundaria de la otra estación física.

Los tres modos de transferencia de datos son:

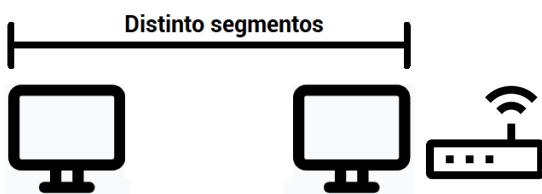
1. **Modo de respuesta normal (NRM, Normal Response Mode)**: se utiliza en la configuración no balanceada. La estación primaria puede iniciar la transferencia de datos a la secundaria, pero la secundaria solo puede transmitir datos usando respuestas a las órdenes emitidas por la primaria.
2. **Modo balanceado asíncrono (ABM, Asynchronous Balanced Mode)**: se utiliza en la configuración balanceada. En este modo cualquier estación combinada podrá iniciar la transmisión sin necesidad de recibir permiso por parte de la otra estación combinada.
3. **Modo de respuesta asíncrono (ARM, Asynchronous Response Mode)**: se utiliza en la configuración no balanceada. La estación secundaria puede iniciar la transmisión sin tener permiso explícito por parte de la primaria. La estación primaria sigue teniendo la

responsabilidad del funcionamiento de la línea, incluyendo la iniciación, la recuperación de errores, y la desconexión lógica.

El NRM suele usarse en líneas con múltiples conexiones y en enlaces punto a punto, mientras que el ABM es el más utilizado de los tres modos; debido a que en ABM no se necesitan hacer sondeos, la utilización de los enlaces punto a punto con full-duplex es más eficiente con este modo. ARM solo se usa en casos muy particulares.

HDLC usa la transmisión síncrona. Todos los intercambios se realizan a través de tramas, HDLC utiliza un formato único de tramas que es válido para todos los posibles intercambios: datos e información de control.

### Capa de red (Capa 3)



Router es un dispositivo de capa 3.

El cometido de la capa de red es hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aún cuando ambos no estén conectados directamente. Es decir que se encarga de encontrar un camino manteniendo una tabla de enrutamiento y atravesando los equipos que sea necesario, para hacer llevar los datos al destino. Los equipos encargados de realizar este encaminamiento se denominan en castellano encaminadores, aunque es más frecuente encontrar el nombre inglés routers y, en ocasiones, routers. Adicionalmente la capa de red debe gestionar la congestión de red, que es el fenómeno que se produce cuando una saturación de un nodo tira abajo toda la red (similar a un atasco en un cruce importante en una ciudad grande). La PDU de la capa 3 es **paquetes**.



### Capa de transporte (Capa 4)

Su función básica es aceptar los datos enviados por las capas superiores, dividirlos en pequeñas partes si es necesario, y pasarlo a la capa de red. En el caso del modelo OSI, también se asegura que lleguen correctamente al otro lado de la comunicación. Otra característica a destacar es que debe aislar a las capas superiores de las distintas posibles implementaciones de tecnologías de red en las capas inferiores, lo que la convierte en el corazón de la comunicación. En esta capa se proveen servicios de conexión para la capa de sesión que serán utilizados finalmente por los usuarios de la red al enviar y recibir paquetes.

Estos servicios estarán asociados al tipo de comunicación empleada, la cual puede ser diferente según el requerimiento que se le haga a la capa de transporte. Por ejemplo, la

comunicación puede ser manejada para que los paquetes sean entregados en el orden exacto en que se enviaron, asegurando una comunicación punto a punto libre de errores, o sin tener en cuenta el orden de envío. Una de las dos modalidades debe establecerse antes de comenzar la comunicación para que una sesión determinada envíe paquetes, y ése será el tipo de servicio brindado por la capa de transporte hasta que la sesión finalice. De la explicación del funcionamiento de esta capa se desprende que no está tan encadenada a capas inferiores como en el caso de las capas 1 a 3, sino que el servicio a prestar se determina cada vez que una sesión desea establecer una comunicación. Todo el servicio que presta la capa está gestionado por las cabeceras que agrega al paquete a transmitir.

Para finalizar, podemos definir a la capa de transporte como:

Capa encargada de efectuar el transporte de los datos (que se encuentran dentro del paquete) de la máquina origen a la máquina destino, independizándolo del tipo de red física que se esté utilizando. La PDU de la capa 4 se llama Segmentos.

### **Capa de sesión (Capa 5)**

Esta capa ofrece varios servicios que son cruciales para la comunicación, como son: 1 Control de la sesión a establecer entre el emisor y el receptor (quién transmite, quién escucha y seguimiento de ésta). 2 Control de la concurrencia (que dos comunicaciones a la misma operación crítica no se efectúen al mismo tiempo). 3 Mantener puntos de verificación (checkpoints), que sirven para que, ante una interrupción de transmisión por cualquier causa, la misma se pueda reanudar desde el último punto de verificación en lugar de repetirla desde el principio. Por lo tanto, el servicio provisto por esta capa es la capacidad de asegurar que, dada una sesión establecida entre dos máquinas, la misma se pueda efectuar para las operaciones definidas de principio a fin, reanudándose en caso de interrupción. En muchos casos, los servicios de la capa de sesión son parcialmente, o incluso, totalmente prescindibles.

En conclusión esta capa es la que se encarga de mantener el enlace entre los dos computadores que estén transmitiendo archivos.



### **Capa de presentación (Capa 6)**

El objetivo de la capa de presentación es encargarse de la representación de la información, de manera que aunque distintos equipos puedan tener diferentes representaciones internas de caracteres (ASCII, Unicode, EBCDIC), números (little-endian tipo Intel, big-endian tipo Motorola), sonido o imágenes, los datos lleguen de manera reconocible.

Esta capa es la primera en trabajar más el contenido de la comunicación que cómo se establece la misma. En ella se tratan aspectos tales como la semántica y la sintaxis de los

datos transmitidos, ya que distintas computadoras pueden tener diferentes formas de manejarlas.

Por lo tanto, podemos resumir definiendo a esta capa como la encargada de manejar las estructuras de datos abstractas y realizar las conversiones de representación de datos necesarias para la correcta interpretación de los mismos. Esta capa también permite cifrar los datos y comprimirlos.

### **Capa de aplicación (Capa 7)**

Ofrece a las aplicaciones (de usuario o no) la posibilidad de acceder a los servicios de las demás capas y define los protocolos que utilizan las aplicaciones para intercambiar datos, como correo electrónico (POP y SMTP), gestores de bases de datos y servidor de ficheros (FTP). Hay tantos protocolos como aplicaciones distintas y puesto que continuamente se desarrollan nuevas aplicaciones el número de protocolos crece sin parar.

Cabe aclarar que el usuario normalmente no interactúa directamente con el nivel de aplicación. Suele interactuar con programas que a su vez interactúan con el nivel de aplicación pero ocultando la complejidad subyacente. Así por ejemplo un usuario no manda una petición "HTTP/1.0 GET index.html" para conseguir una página en html, ni lee directamente el código html/xml.

Entre los protocolos (refiriéndose a protocolos genéricos, no a protocolos de la capa de aplicación de OSI) más conocidos destacan:

- HTTP (HyperText Transfer Protocol) el protocolo bajo la www.
- FTP (File Transfer Protocol) (FTAM, fuera de TCP/IP) transferencia de ficheros.
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) (X.400 fuera de tcp/ip) envío y distribución de correo electrónico.
- POP (Post Office Protocol)/IMAP: reparto de correo al usuario final.
- SSH (Secure SHell) principalmente terminal remoto, aunque en realidad cifra casi cualquier tipo de transmisión.
- Telnet otro terminal remoto, ha caído en desuso por su inseguridad intrínseca, ya que las claves viajan sin cifrar por la red.

Hay otros protocolos de nivel de aplicación que facilitan el uso y administración de la red:

- SNMP (Simple Network Management Protocol).
- DNS (Domain Name System).

## **Servicios Orientados a la conexión**

Es un modo de comunicación de redes donde se debe establecer una conexión antes de transferir datos. En lugar de utilizar directamente las direcciones de la fuente y el destino, se negocian los parámetros de la red al momento de establecer la conexión para hacer esta conexión más segura y eficiente.

Antes de realizar la comunicación se verifican determinados datos, como la disponibilidad, el alcance, etc.

La comunicación es bidireccional, los paquetes se entregan sin errores y en forma secuencial. Además se realiza un control de flujo automático para impedir que se inunde la cola con paquetes.

Este tipo de conexiones suponen mayor carga de trabajo a una red (y tal vez retardo) pero aportan la eficiencia y fiabilidad necesaria a las comunicaciones que la requieran.

El protocolo TCP es un ejemplo.

## **Servicios No Orientados a la conexión**

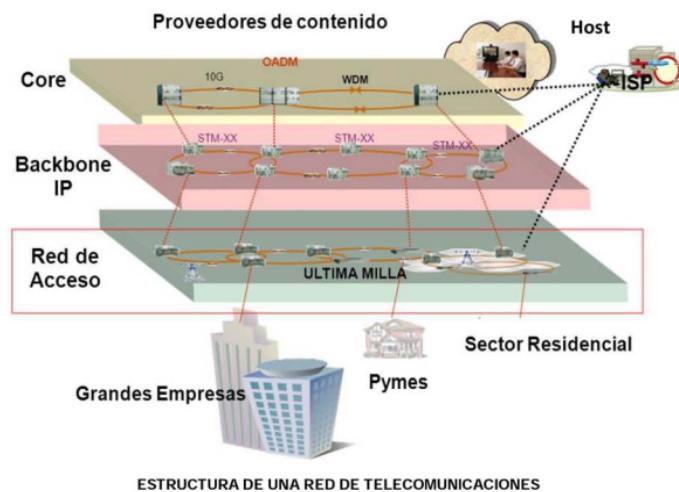
Es una comunicación entre dos puntos finales de una red en los que un mensaje puede ser enviado desde un punto final a otro sin acuerdo previo.

El dispositivo en un extremo de la comunicación transmite los datos al otro, sin tener que asegurarse de que el receptor esté disponible y listo para recibir los datos. El emisor simplemente envía un mensaje dirigido al receptor (simplemente se mueven los bits de un lado a otro de forma directa).

Sufren de varios problemas, y es muy común tener que reenviar varias veces un mismo mensaje. Un ejemplo puede ser protocolo IP o IPX.

## Última Milla

La última milla o último kilómetro es una frase ampliamente utilizada en las industrias de telecomunicaciones, televisión por cable e Internet para referirse al tramo final de las redes de telecomunicaciones que brindan servicios de telecomunicaciones a los usuarios finales minoristas.



mira esta foto vieja de mierda, no existe ya. Actualicen la materia viejos hijos de remil puta. El core vendría a ser hoy cloud, donde están los servers de contenidos que son los servidores cloud.

### Red de Telecomunicaciones

- Host - Serv de proveedor de contenidos: servidores del cloud
- Red del proveedor de contenidos - Core: red que se usa en el cloud
- Red de transporte: la red que se conecta a la del proveedor de contenidos para llegar a nuestras casas
- Red de acceso de última milla:
- Terminador de red: cable por el que llega la red a casa
- Ordenador del usuario: cliente

### Tecnología de acceso a internet Dial-up

Usa las instalaciones de la red telefónica pública comutada.

Frecuencias entre 300 - 3300 Hz.

Ancho de banda disponible de 3000Hz [B]

El ancho de banda de la señal tiene que ser menor al del cable que la transporta.

Ancho de banda efectivo para transmitir **datos**: 2400Hz - en el rango entre 600 y 3000Hz.

### **Desventaja del Dial-up:**

Es más lenta que rio de caca.

Requiere tiempo para establecer la conexión telefónica y establecer el protocolo de enlace.

A veces la compañía de teléfonos o ISP, pone límites de duración de conexión.

La podés poner donde vos quieras porque se hace con la Red Comutada Telefónica o RCT/RTC pero se usa en granjas y lugares en la loma del ojete, lugares donde no hay prioridad de las empresas de telecomunicaciones.

### **Estándares de módem dial up**

Últimos modelos fabricados (según este pdf más viejo que el mismísimo tiempo)

#### **V.32**

Usa una modulación y codificación TCM (Modulación codificada en trellis, que es un QAM con un bit redundante). Usa 32 QAM con una velocidad de 2400 baudios.

#### **V.32Bis**

Usa 128QAM.

Tiene una velocidad de señalización de 2400 baudios y con la modulación de 6 bits con uno para errores (7 bits) nos queda una tasa de transferencia efectiva de 14400 bps.

#### **V.34**

Usa ancho de banda adaptable (244 Hz - 3574 Hz)

Usa QAM y trabaja entre valores de 2400 y 3200 Hz.

Utiliza la tecnología de mapeo de shell para incluir menos bits por audio, trabajando con mayor ancho de banda para tener una mejor relación S/R.

#### **V.90**

Es el nuevo estándar de conexiones de modems de 56k. Proporcionan una velocidad de transferencia de 56 Kbps.

Codifica en PCM, agrega ruido de cuantización, desmejora la señal S/R.

No hay muestreo en la descarga así que la señal no se ve afectada por el ruido de cuantización.

#### **V.92**

Pueden cargar datos a una velocidad de 48 Kbps y descarga de 56 Kbps.

Puede interrumpir el internet si hay una llamada entrante (jsjsjs re viejo man)

## Tecnologías

### xDSL

x Digital Subscriber line o Línea digital de #abonado para los que no saben inglés.

Es una técnica de acceso a internet de banda ancha que nos permite hacer cositas multimedia.

#### Primera generación xDSL

- ADSL - Es asimétrica. Velocidad de transmisión de canal de bajada mayor a la de subida. Surgió para ofrecer vídeo en demanda (VoD) en un mercado residencial.
- ADSL Lite - Velocidades de bajadas hasta de 1.5 Mbps y 512 Kbps de subida. Costo menor al de ADSL Full Rate.

#### Evolución de ADSL

- ADSL2 mejora la velocidad y alcance de ADSL.
- ADSL2+ mejora para cortas distancias. Velocidades de downstream hasta 25Mbps.
- Bonded ADSL2+ aumenta la velocidad agrupando muchos vínculos físicos en uno lógico.

#### ADSL orientados a servicios corporativos

- HDSL brinda conexión de hasta 1.5Mbps en ambos sentidos usando múltiples pares.
- SDSL utiliza un único par.
- SHDSL alcanza velocidades de hasta 2.3 Mbps con un solo par y hasta 4.6Mbps con dos pares.

Los enlaces ADSL pueden usarse para acceder a redes de cualquier tipo (IP, Metro, ATM) y brindar acceso a internet, conectividad corporativa, servicios 3play, broadcast.

Usa la porción del espectro que va desde 26 KHz hasta 1,1 MHz.

Dispone de un gran ancho de banda exclusivo del #abonado sin interferir con el servicio básico.

Modulación	Downstream	Upstream	Distancia máxima
<b>IDSL</b>	2B1Q	56, 64, 128, 144 kbps	56, 64, 128, 144 kbps
<b>HDSL</b>	2B1Q	2 Mbps	2 Mbps
<b>SDSL</b>	2B1Q	160 kbps ~ 1.1 Mbps	160 kbps ~ 1.1 Mbps
<b>ADSL</b>	CAP	1.5 ~ 8 Mbps	64 ~ 800 kbps
<b>RADSL</b>	DMT	1.5 ~ 8 Mbps	64 ~ 800 kbps
<b>VDSL</b>	TBD	13 ~ 52 Mbps	1.5 ~ 3 Mbps

## Características de ADSL

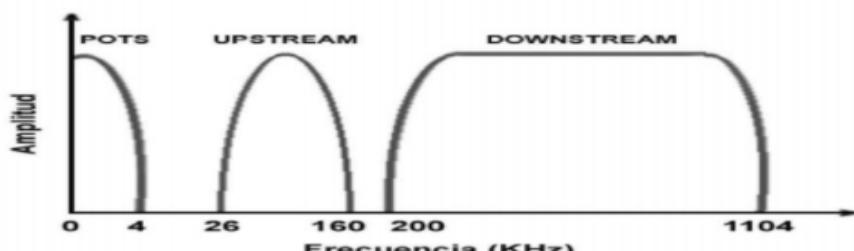
Al principio había dos tipos de modulación:

- **CAP:** modulación por amplitud de fase sin portadora.
- **DMT:** modulación por multitonos discretos.

Se eligió la DMT porque usa varias portadoras en vez de una y cada una se modula en cuadratura con una banda asignada independiente y diferente de las otras.

- La cantidad de datos que transporta cada portadora es proporcional a la relación S/R.
- La Bit Error Rate permite un error de un bit cada  $10^7$  (10 M) bits transmitidos.
- La mayor parte de la infraestructura es UTP cat 3 - telefonía tradicional.
- Una pequeña parte es UTP cat 5 - aplicaciones Ethernet de 100 Mbps.
- Los factores que afectarán la calidad de la señal recibida son:
  - Calidad del tendido.
  - Distancia central-#abonado.
  - Frecuencia.
- El cableado es susceptible de interferencias de los siguientes parámetros:
  - Emisiones de radiofrecuencia.
  - Inducciones electromagnéticas.
  - Condiciones climáticas.
  - Instalaciones próximas.
  - Cross-talk.

## Distribución del espectro ADSL



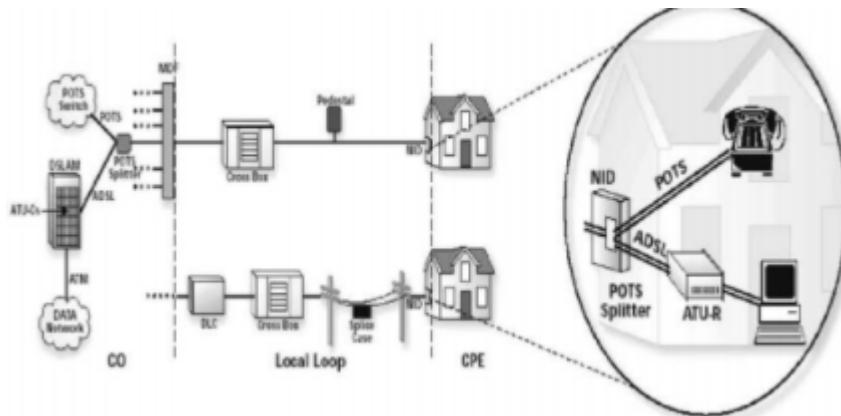
## Componentes de un sistema básico ADSL

- **ATU - C:** Transceptor ADSL Central.
- **ATU - R:** Transceptor ADSL remoto, módem ADSL, CPE.
- **Splitter:** filtro que separa las señales de ADSL y POTS.
- **DSLAM:** multiplexor de acceso.

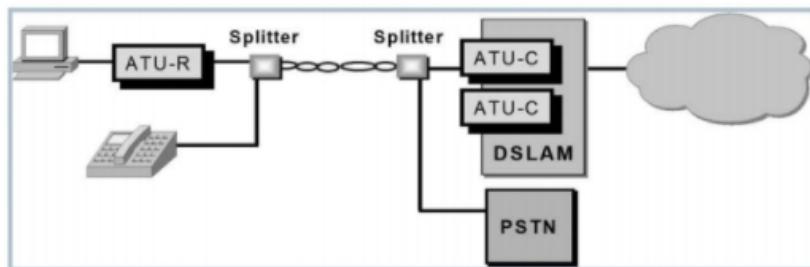
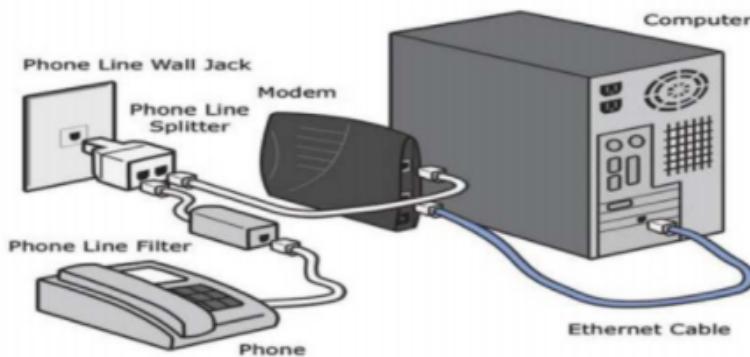
## Topología básica de red

Oficina central > central de conmutación y el DSLAM > Red de datos del proveedor > ADSL y POTS + Splitter > tendido exterior del repartidor general.

El #abonado recibe las dos señales en el mismo par > splitter en la entrada > Salida: POTS (+ usada) y ADSL (conectada al router ATU-R) > Router al DTE.



### Conexionado local de usuario



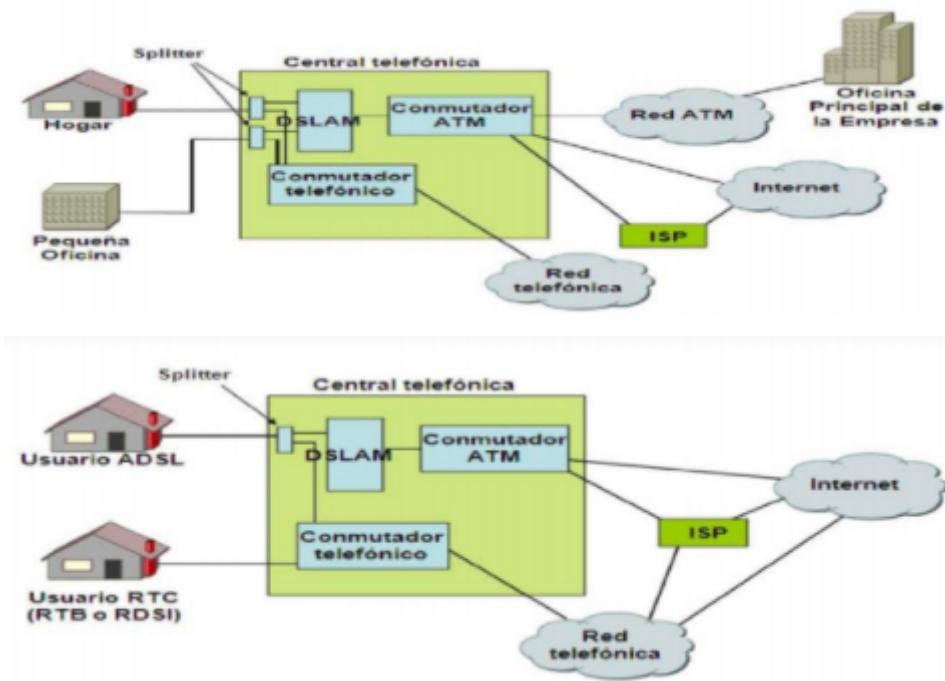
**Elementos** - módems ADSL en ambos lados (ATU-R y ATU-C) + Splitter.

El lazo de cobre entre el #abonado y la central termina en un splitter que separa el tráfico ADSL del POTS. En el usuario separa en dos pares, uno para cada servicio,

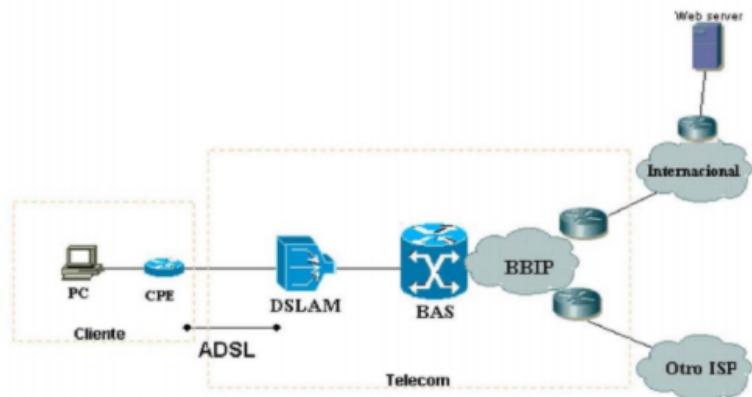
En la oficina un par se conecta a un conmutador de servicio de teléfono y el otro al modem ADSL.

Si se conectan varios ATU-C en una caja, se llama DSLAM que permite funciones administrativas, multiplexar y demultiplexar los ATU-C hacia alguna red de transporte (ATM generalmente).

## Interacción entre las redes de comunicación



## Topología completa de la red ADSL



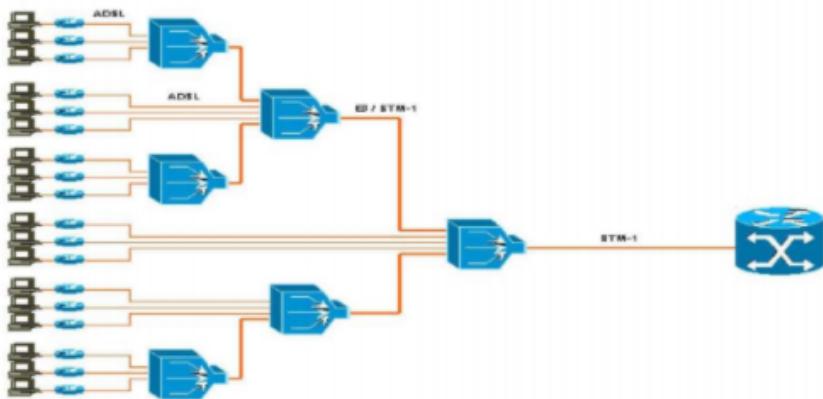
- **CPE:** módem de usuario.
- **DSLAM:** multiplexor de acceso a línea digital del suscriptor.
- **BAS:** conecta la red ADSL al backbone IP. Hace de switch ATM(Asynchronous Transfer Mode) y router IP. Tiene interfaces ATM conectadas con los DSLAMs e interfaces hacia el BBIP (backbone ip) concentrando equipos y usuarios en un punto una vez que se acepta la autenticación, o clientes con ISP. Aplica listas de acceso y políticas.
- **Backbone IP:** principales conexiones troncales de internet. Se divide en 3 niveles: capa de acceso a la red, capa de distribución y capa de core o núcleo.

Es una red compuesta en mayor parte por routers. Lo administra una sola organización. La capa de acceso tiene equipos de menos capacidad que las otras pero tiene más cantidad de equipos porque es la capa que le da penetración a la red. La de distribución es la que junta y distribuye el tráfico y la de núcleo completa el mallado de la red, tiene muy pocos equipos pero con gran capacidad.

## Conexión entre DSLAMS y BAS.

### **Subtending (cascada)**

Hace uso más eficiente de los enlaces WAN. Se interconectan muchos DSLAMs aprovechando mejor el ancho de banda. Sigue una estructura básica de árbol. Hay excepciones cuando un equipo tiene muchos enlaces ascendentes a más de un equipo. Se van agregando enlaces de mayor velocidad hasta llegar al BAS.



### **ATM(Asynchronous transfer mode) sobre ADSL**

#### Ventajas de ADSL

- Gran ancho de banda en el acceso.
- Ancho de banda disponible 24/7.
- Usa la infraestructura ya existente.
- Acceso sobre medio no compartido -> seguridad

ADSL usa ATM (Asynchronous Transfer Mode) para la commutación en banda ancha. La información se distribuye en células ATM y el conjunto de las células forma el flujo de datos que modulan las subportadoras DMT(**discrete multitone modulation**) de ADSL.

Si en un enlace se usa ATM como protocolo de enlace, se pueden definir varios CVPs (circuitos virtuales permanentes) sobre el enlace entre el ATU-R y el ATU-C. Esto hace que se puedan definir muchas conexiones lógicas, cada una para un servicio diferente, sobre un mismo enlace físico.

#### Ventajas de ATM + ADSL

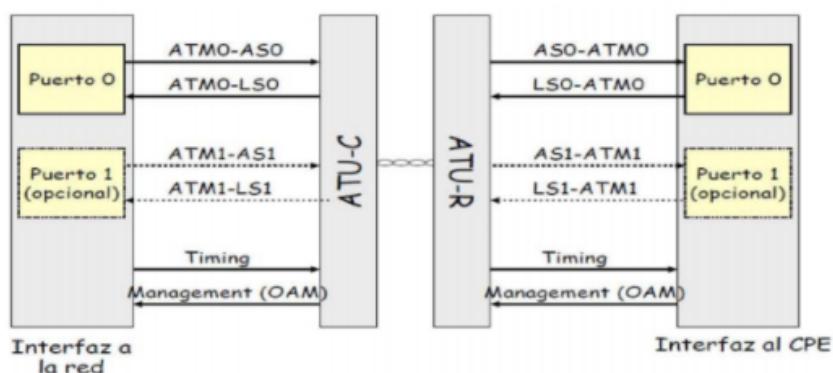
- Flexibilidad gracias al uso de ATM como protocolo de enlace.

- ATM permite establecer diferentes capacidades de transferencia.
- Establecer distintos parámetros de calidad de servicio para cada circuito.
- Tratamiento diferenciado a cada conexión.
- Define 2 canales en el módem ADSL:
  - **Fast**: para aplicaciones sensibles al retardo.
  - **Interleaved**: aplica técnicas de entrelazado para evitar pérdidas por interferencias. Para aplicaciones no sensibles a retardos.

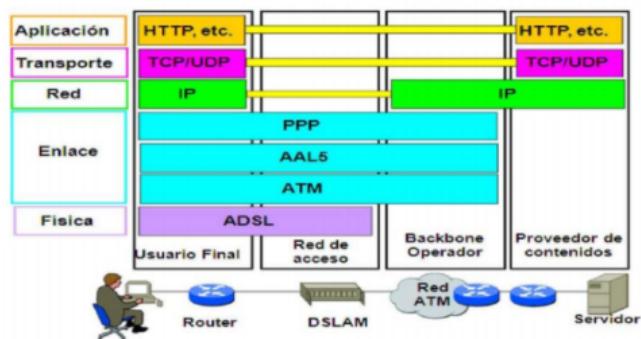
DSLAM pasa a ser un commutador ATM con múltiples interfaces. Puede ejercer funciones de control y estar conformado sobre el tráfico de los usuarios con acceso ADSL.

### Capacidad de transporte del sistema ADSL

- Modo de transporte de datos: STM o ATM.
- Hasta 7 trenes de datos:
  - 4 canales simplex descendentes (AS0-AS3)
  - 3 canales duplex ascendentes (LS0-LS2)
  - Son canales lógicos, en el mismo ADSL.



### Protocolos usados en ADSL



**¿Qué protocolo de capa de enlace usa ADSL?**

Usa ATM (ADSL es de capa física)

### Validación de usuarios / Radius

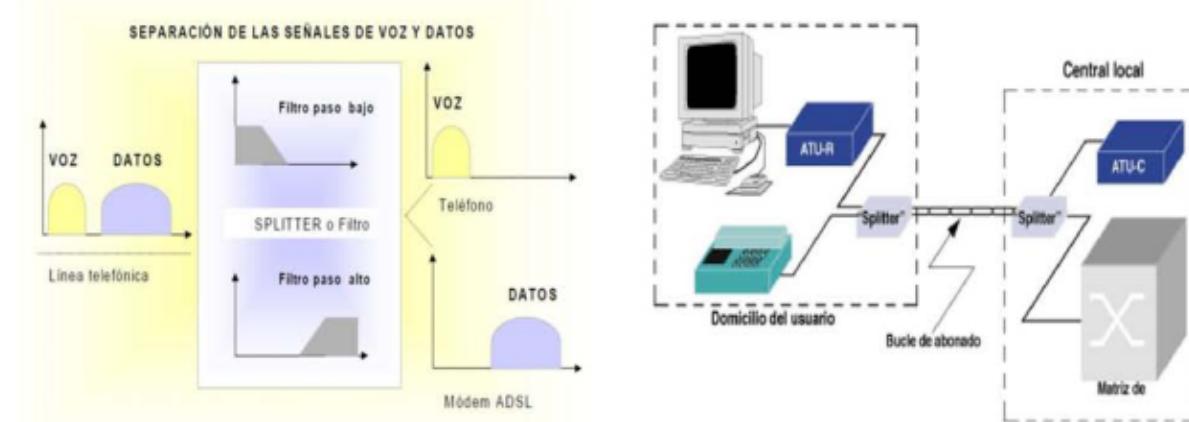
Este protocolo hace la negociación con el BAS, le pide información de autenticación y de red y le da información de servicio. Modelo de túnel por un enlace punto a punto, tecnología LNS. También se puede aplicar por medio de VPNs.

### Funcionamiento del Splitter

Para separar las señales de POTS y ADSL se usa un filtro que se llama **splitter**. Es un filtro pasivo que tiene una entrada y dos salidas, una para POTS y una para ADSL.

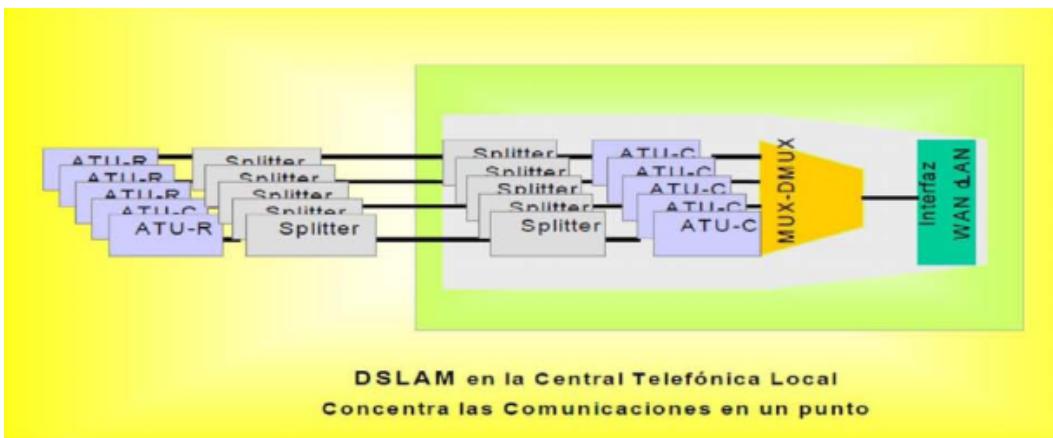
Es importante para asegurar un enlace estable.

Una alternativa es un microfiltro que es un filtro pasa-bajos que va antes de cada aparato terminal y disminuye el ruido.



### DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)

DSLAM es para solucionar el problema de tener dos modems para ADSL, uno en la casa del usuario o #Abonado y otro en la central del operador. Consiste en varios módems ATU-C (Central) que concentran todo el tráfico de los subscribers del ADSL hacia una WAN.



Es el elemento de red que concentra el tráfico de los usuarios finales. Normalmente consiste en un bastidor con placas de control (responsables del funcionamiento general, almacenar la configuración y efectuar la commutación) y placas de línea (poseen conjuntos de modems).

### Distintos tipos de módems ADSL

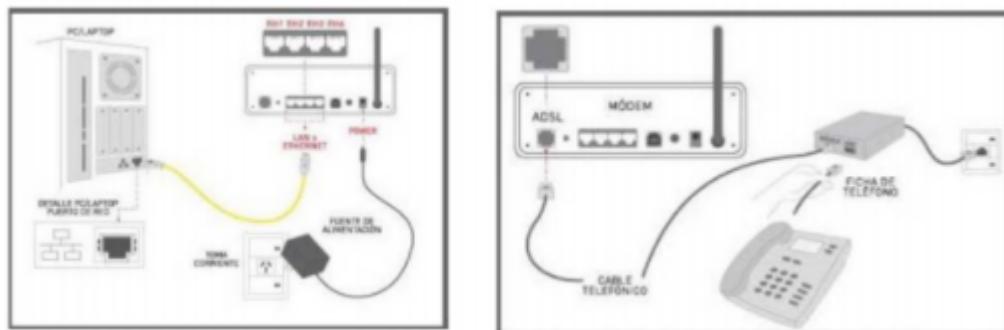
**Modem interno:** van conectados en los slots de la placa madre para brindarle acceso directo a los bus de datos, dirección y control.

**Modem externo:** se conectan a través de algún protocolo con el ETD pero están separados físicamente. Vienen para puerto usb, puerto de red ethernet. Ventaja: plug and play.

**Router WiFi:** distribuye señal de internet entre todos los equipos locales por ethernet o tecnología wifi. Funcionan usando ondas de radio. Necesita que el dispositivo tenga su tarjeta inalámbrica WiFi interna o un dispositivo externo portátil WiFi que soporte el mismo protocolo que el router.

**Router inalámbrico USB:** se usa para compartir una conexión a internet de banda ancha entre varias computadoras, sobre todo cuando la computadora no tiene una conexión ethernet disponible. Se usa para conexiones ad-hoc.

**Router modem WiFi:**



## Arquitectura de un nodo ATM

- Paquetes de 53 bytes.
- Tecnología de conmutación y conexión.
- No tiene controles de errores y flujo.
- Encabezados de capacidad limitada.
- Se compone de:
  - Nodos de conmutación.
  - Elementos de transmisión.
  - Equipos terminales de usuario.
- El establecimiento de conexiones, empaquetamientos y desempaquetamientos se hacen por software.
- Ruteo de celdas por hardware.
- 3 niveles:
  - **Canal Virtual (VC)**: datos entre usuarios, unidireccional, señalización y gestión de red.
  - **Ruta Virtual (VP)**: conjunto de canales multiplexados por un tramo de la red ATM.
  - **Sección Física (PS)**: conexión entre dos elementos de red, controla flujo de bits y regenera las señales.



Estructura de la Transmisión ATM: Multiples Canales Virtuales (VC) pueden estar multiplexados a través de una misma Ruta virtual (VP) que a su vez son multiplexados a través del medio físico de transmisión.

## Sistemas de modulación para xDSL

### DMT en ADSL

DMT (Discreta Multi Tonos) es la técnica de modulación de multiportadora que usa ADSL.

Cada tono ocupa 4.32 khz del ancho de banda total y utiliza una modulación QAM.

La tasa de bits puede calcularse teniendo en cuenta que se envían 4312,5 símbolos por segundo. Si utilizo una constelación de 2 símbolos, representa 1 bit/símbolo.

### Diagrama interno de un modem

La señal del cable coaxial que llega al módem, llega con todo el espectro de frecuencia (o sea desde 5 MHz, hasta 862 MHz). Entonces, primero llega a un sintonizador, (que también se le dice duplexor porque tiene dos filtros pasa banda), uno para el espectro de la señal de bajada (entre los 750 y los 862 MHz) que va a un bloque demodulador QAM, y otro para la señal de subida (que va de 5 a 55 KHz), y sigue a un bloque modulador QPSK.

El **canal de bajada**, es dedicado, y el demodulador QAM tiene canales de 6 u 8 MHz.

Entonces sabemos que hasta Docsis 3.0 trabaja con portadora única (o sea que tiene un canal y velocidades de 40 Mbps), y a partir de 3.1 trabaja con OFDM (o sea con 2000, 3000 u 8000 portadoras), y en ese caso necesitaría tener un demodulador por cada portadora.

Y el **canal de subida** (que es compartido), también tengo portadora simple pero trabajo con QPSK y un ancho de banda que varía entre 2 y 6 MHz.

Después, también hay un protocolo MAC, que me permite definir cuáles de los paquetes que llegan son para cada usuario según un código, (y se puede comunicar a través de la interfaz Ethernet (802.3), por Wifi (802.11), ó sinó por USB) para que después se encapsulan los datos.

### Bit Swapping

Es como un monitoreo que se hace cada ciertos intervalos de tiempo regular, sobre cada banda (ó subportadora), y lo que hace es analizar la relación S/R que tiene. Si se ve que disminuye mucho la relación S/R, se va a disminuir la cantidad de bits asignados a la banda, y se los va a reasignar en alguna otra parte del espectro.

El valor de margen de ruido que se usa generalmente es de 6 dB, entonces se pueden reasignar hasta 2 bits a cada portadora sin variar la velocidad y disminuir la probabilidad de error respecto del umbral.

### Interleaving

Es una característica que permite disminuir la incidencia de interferencias o ruidos aleatorios.

Al transformar la información a transmitir **intercalando** datos de varias tramas evita que el burst que afecta a la porción de información transmitida tenga los bits errados dispersados. Es mejor que tenga varios bits chotos dispersados que varios bits chotos todos juntos porque sino no se puede reconstruir la información original cuando llega al receptor (usando la trama que tiene info de control).

La desventaja es que primero hay que almacenar muchas tramas en un buffer para intercalarlas y recién ahí transmitirlas.

### **Canal de transmisión, ruido y MER.**

El canal de transmisión es el cable de teléfono que va del #abonado a la central.

Presenta inconvenientes:

- **Intrínsecos al medio:** ruido térmico, ecos/reflexiones, atenuación y cross talk (radiación electromagnética de otras líneas próximas o del mismo cable).
- **Extrínsecos al medio:** ruido impulsivo que viene de otros aparatos eléctricos, ruido propagado por radiofrecuencias de transmisoras AM. Puede ser de banda angosta o banda ancha.

A su vez se clasifican en:

- **Ruido limitante en capacidad:** varía lento, es previsible y fácil de combatir. Ruido térmico y cross talk.
- **Ruido limitante en desempeño:** intermitentes, geográficamente variables e impredecibles. Se combaten aplicando márgenes de seguridad en la implementación. Ruido impulsivo e interferencia de RF.

Estos inconvenientes se miden con:

**BER:** tasa de error de bit. 1 bit cada  $10^7$  bits transmitidos.

**MER:** tasa de error de modulación. Informa de la exactitud de una constelación digital QAM. Vector que define el desplazamiento entre los puntos ideales de un diagrama de constelación y los reales. Es potencia de señal recibida/potencia de señal de error y se mide en dB.

### **Establecimiento de enlace en ADSL**

Cuando se conecta el modem ADSL al DSLAM, se hace un análisis completo del canal para establecer el enlace.

1. Se manda una señal de prueba en toda la gama de frecuencias para determinar la calidad de cada canal DMT.
2. En base a 1, se determina la relación S/R para el enlace a cada frecuencia a utilizar.
3. En base a 2, deciden la codificación que se va a usar en cada canal y la cantidad de bps a enviar en cada uno.

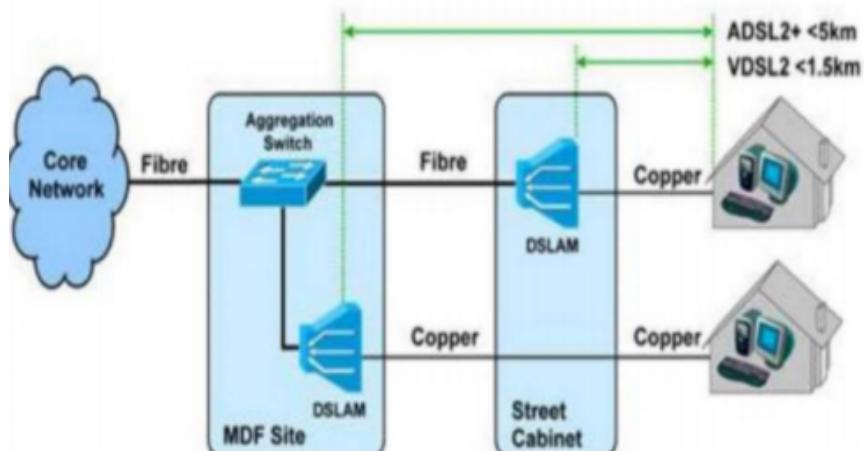
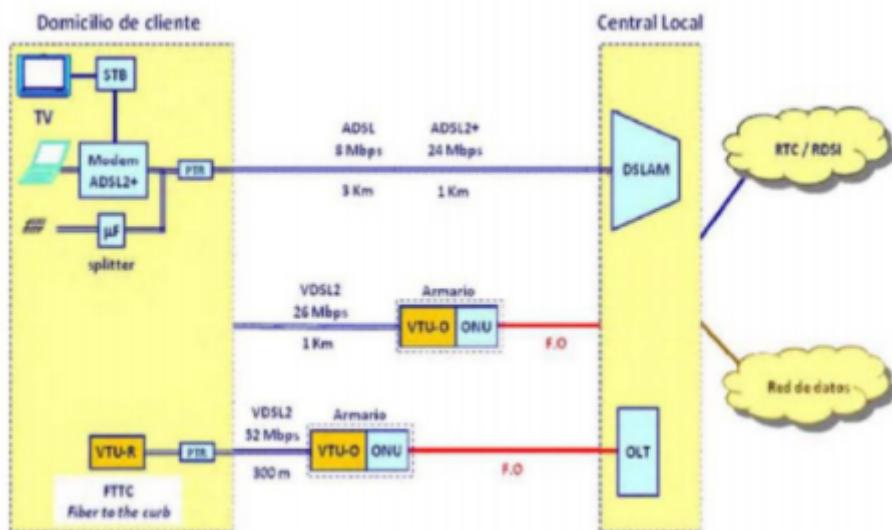
## Tecnologías VDSL y VDSL2 - segunda generación de xDSL

Buscan un mayor ancho de banda descendente aprovechando la instalación de última milla que ya existe para no invertir en fibra óptica.

Ambas tecnologías usan DMT, por lo que soportan ADSL2 y ADSL. Como soporta interoperabilidad con ADSLx, permiten a los operadores actualizar cada perfil de cada usuario según la conveniencia del mismo.

VDSL2 llega hasta 100 Mbps en ambos sentidos pero limita la máxima distancia admisible entre ambos módems. Abarca más bandas de frecuencias y una mejor relación S/N. Ancho de banda de hasta 30 MHz.

También se ven afectados por el ruido FEXT (Cross talk),



### Mejoras:

Para conseguir más velocidad sobre accesos por par de cobre, o sea, sin requerir instalar fibra óptica, se puede trabajar en 3 direcciones:

- **Vectoring:** reducir el ruido producido por la diafonía entre los pares.
- **Bonding:** aumentar el número de canales FÍSICOS en cada acceso. Usa un par de cobre más en los accesos DSL. Se combina con vectoring.

- **Phantom:** aumentar el número de canales VIRTUALES en cada acceso. Crea un tercer canal virtual sobre dos pares de cobre normales, se combina con vectoring.
- Aumentar el ancho de banda hasta frecuencias de 30 MHz aunque limite la distancia.

## Acceso a internet sobre redes HFC de CATV.

### Características básicas.

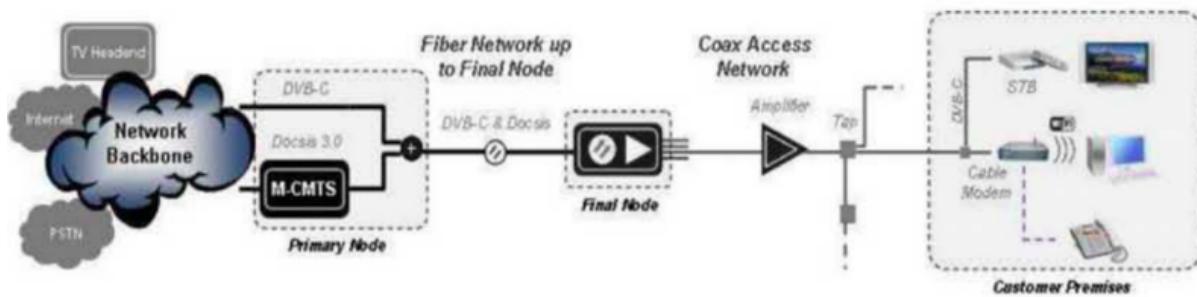
**HFC:** redes híbridas fibra óptica coaxial.

**CATV:** Community Antenna Television.

Conexión vía módem tradicional + conexión LAN = conexión cable modem.

Esquema básico simplificado de una red para cable modem montada sobre una red HFC de un servicio CATV:

- Terminal Central (nodo primario).
- Cabecera de Red / Terminador de Central Remoto (TCR)



Todos los cables módem de los usuarios se conectan por la red HFC al M-CMTS (Modular Cable Modem Termination System). El M-CMTS es una parte de la cabecera de red de la compañía de cable y se usa para dar servicios de datos de alta velocidad.

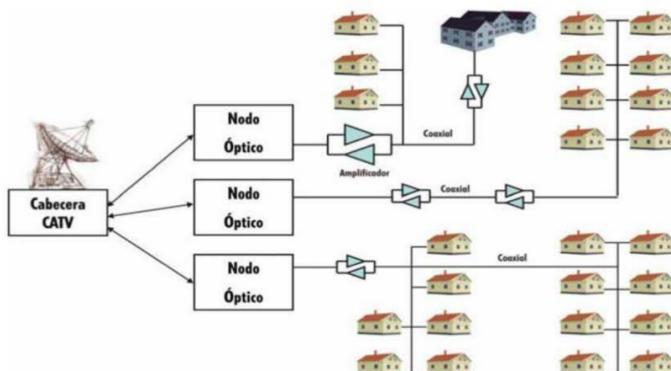
Un CMTS cumple casi las mismas funciones que el DSLAM.

### La red CATV.

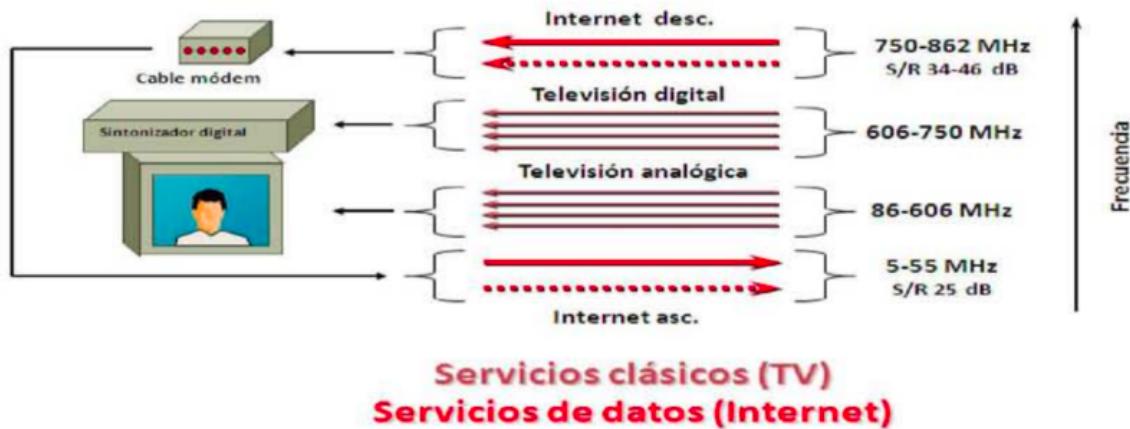
Full Duplex. Las altas frecuencias van hacia el usuario y las bajas al revés.

La mayoría de las redes CATV son híbridas HFC con un cableado por fibra óptica y cable coaxial. La señal óptica va desde los nodos hasta cerca del suscriptor y ahí se convierte en señal eléctrica para viajar por el cable coaxial y llegar al usuario.

Por nodo se permiten entre 1000-2000 usuarios de cable módem para un canal de TV.



## Servicios de la red CATV.



## Redes HFC.

Red de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soportes de la transmisión de las señales.

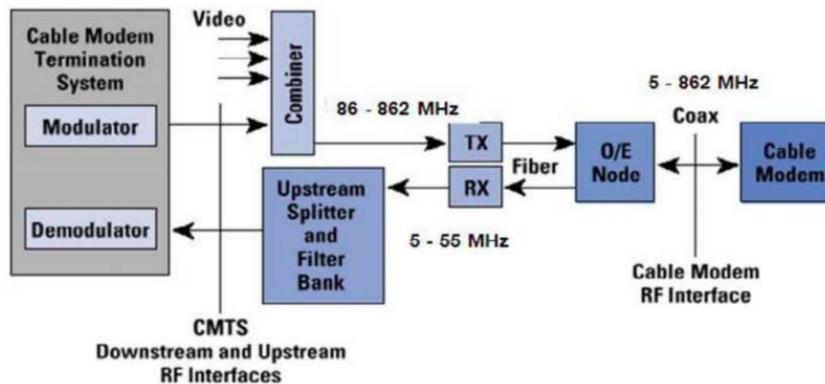
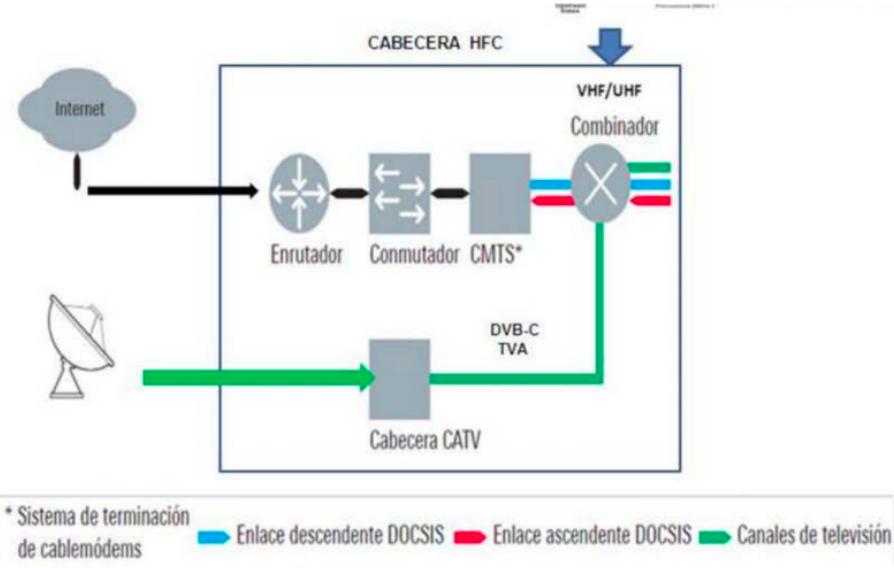
Tiene 4 partes:

- Cabecera de red.
- Red troncal.
- Red de distribución.
- Red de acometida de los #Abonados.

### Cabecera de red

- Punto de origen de la señal.
- Con una cabecera se cubre una población, en ciudades grandes pueden instalarse varias.
- Servidor de información que concentra, controla y modifica las señales que recibe de los prestadores de servicios para difundirlo a los usuarios.
- Monitorea la red y su correcto funcionamiento.
- Tarifado y control de servicios prestados a los #abonados.
- **Usa un modulador NQAM.**
- Usa el protocolo de comunicaciones tipo ALOHA para evitar colisiones entre las señales que llegan a un mismo receptor. **Convierte la red HFC en una red de área local.**
- En la cabecera del módem (CMTS) se concentran las señales IP de todos los receptores que se procesan y pasan al router.
- Tiene un multiplexor/demultiplexor VHF/UHF que mezcla las señales descendentes y separa las ascendentes según longitud de onda o frecuencia:

- **Señales analógicas:** banda entre los 86 y 606 MHz, usa un subconjunto de 40 portadoras cada una por un canal, con un ancho de banda por canal de 6 u 8 MHz.
  - **Señales digitales:** subconjunto de 20 portadoras, 5 o 6 canales por portadora o más según la velocidad de codificación MPEG-2 (motion picture experts group).
  - **Tráfico IP descendente:** espectro entre los 750 y 862 MHz, con hasta 30 portadoras formando canales de un ancho de banda de 6 u 8 MHz. Modulación 64/256 QAM, cada portadora tiene una capacidad bruta de 40 Mbps, siendo 34 Mbps netos cuando le restamos la capacidad que se asigna para los protocolos de comunicaciones.
- Tiene los siguientes equipos:
  - **Demoduladores:** extraen la banda base de audio/video de las señales aéreas transmitidas en RF.
  - **Antenas parabólicas satelitales y de radioenlaces:** reciben señales de otros países y de emisoras de broadcasting.
  - **Receptores y decodificadores satelitales:** extraer banda base de señales transmitidas desde satélites.
  - **Receptores VHF/UHF o microondas.**
  - **Receptores ópticos.**
  - **Conversores de normas.**
  - **Moduladores:** construyen a partir de señales de banda base una señal modulada de banda ancha sobre una portadora de RF.
  - **Combinadores:** mezclan las distintas señales de TV de salida de los moduladores y las insertan al cable coaxial o fibra óptica.
  - **Procesadores de señales combinadas de modulador y demodulador:** ajustan el nivel y retransmiten canales abiertos en un nuevo canal.
  - **Codificadores mezcladores:** de la señal de video/audio para evitar la recepción a canales o programas no autorizados.



Esquema simplificado Cabecera/Cable Modem

### Canal de retorno

Canal de comunicaciones para la vía ascendente o de retorno (upstream) del abonado a la cabecera.

Los retornos de los distintos nodos llegan a la cabecera por distintas vías o multiplexados a distintas frecuencias y/o longitudes de onda. Se convierten en señales ópticas en el láser de retorno y este las transmite a la cabecera.

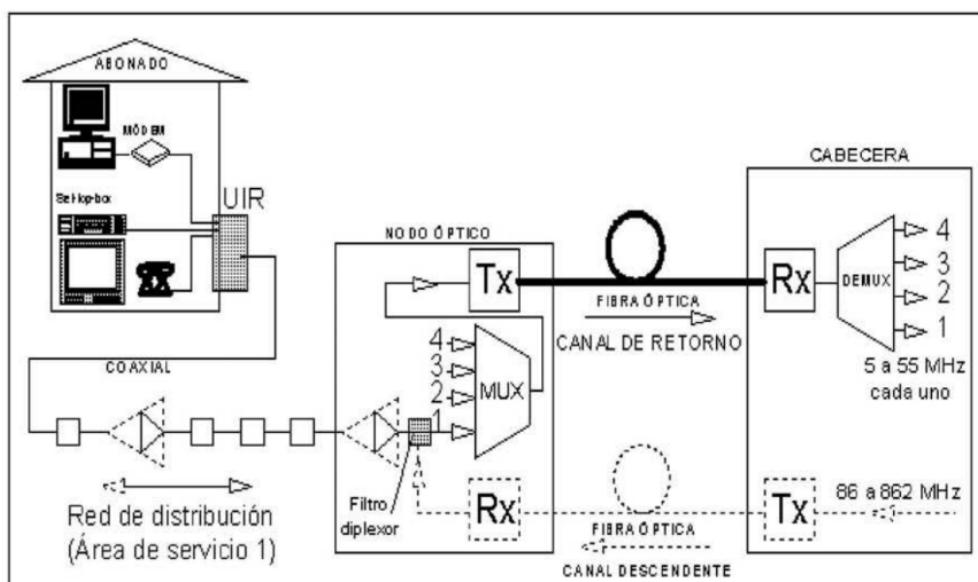
Este canal en las redes HFC:

- Ocupa el espectro comprendido entre 5 y 55 MHz compartido entre todos los hogares servidos por un nodo óptico.
- Transmite hasta 15 portadoras.
- Ancho de banda bruto del canal -> 3,3 MHz.
- Ancho de banda efectivo del canal -> 1,25 MHz (por la separación para evitar el solapamiento de canales)
- Modulación digital con QPSK a ráfagas.
- Capacidad bruta de cada portadora -> 2,5 Mbps.

- Capacidad neta de cada portadora -> 1,9 Mbps (por la parte que es para los protocolos).
- Capacidad de los 50 MHz de ancho de banda bruto del canal de retorno ->  $1,9 \times 15 = 28,5$  Mbps.
- Eficiencia espectral de menos de 1 bit/Hz.

Para establecer comunicaciones en sentido ascendente entre los módem de cable y sus cabeceras, se tiene que hacer esto:

- Reservar la banda entre 5 y 55 MHz.
- Conectar los amplificadores bidireccionales mediante duplexores. Permiten separar las señales ascendentes para que la banda 5-55 pueda transmitir en sentido ascendente.
- Convertir las ascendentes de eléctricas a ópticas en los TROBAs (Terminadores de la red óptica de banda ancha) y mandarlas a las cabeceras por fibra a longitudes de onda distintas a las de las descendentes.
- Combinar las señales ópticas de hasta 4 TROBAs en un receptor de canal ascendente.

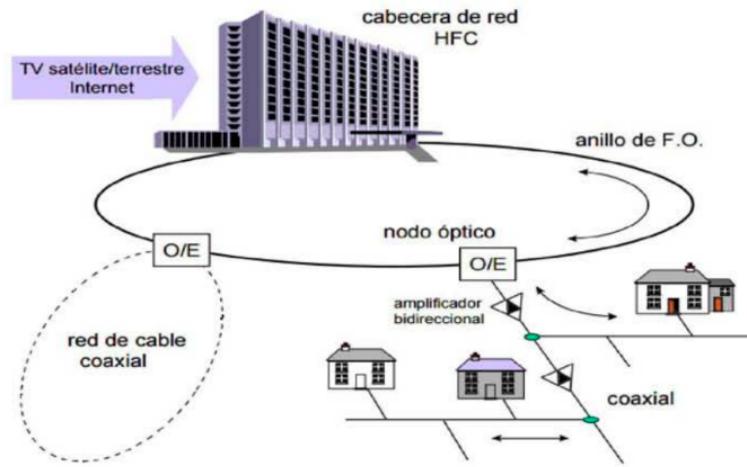


Esquema simplificado de red HFC desde el punto de vista del Canal de Retorno

UIR: unidad de interfaz de red, permite conectar todos los equipos terminales a la red HFC.

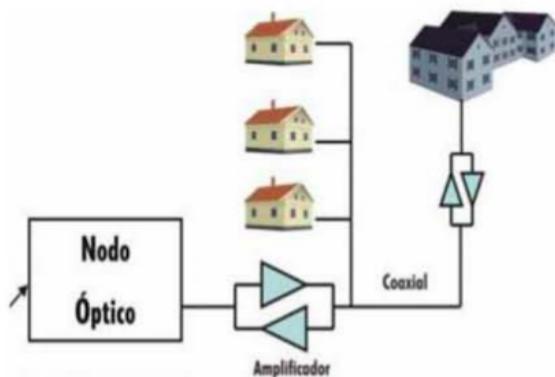
### Red troncal

- Estructura de anillos redundantes de FO que une un conjunto de nodos primarios.
- Usa tecnología PDH/SDH (jerarquía digital plesiócrona/síncrona).
- Redes basadas en ATM.
- Los nodos primarios alimentan a otros por enlaces punto-punto o anillos redundantes.
- En los nodos secundarios se convierten las señales ópticas-eléctricas y se distribuyen.



### Red de distribución

- Estructura tipo bus de coaxial.
- Parte desde los nodos secundarios.
- Cada nodo abastece entre 500/2000 #abonados.
- Se usan cascadas de 2 o 3 amplificadores de banda ancha para menor distorsión en el canal descendente y buena relación S/N.

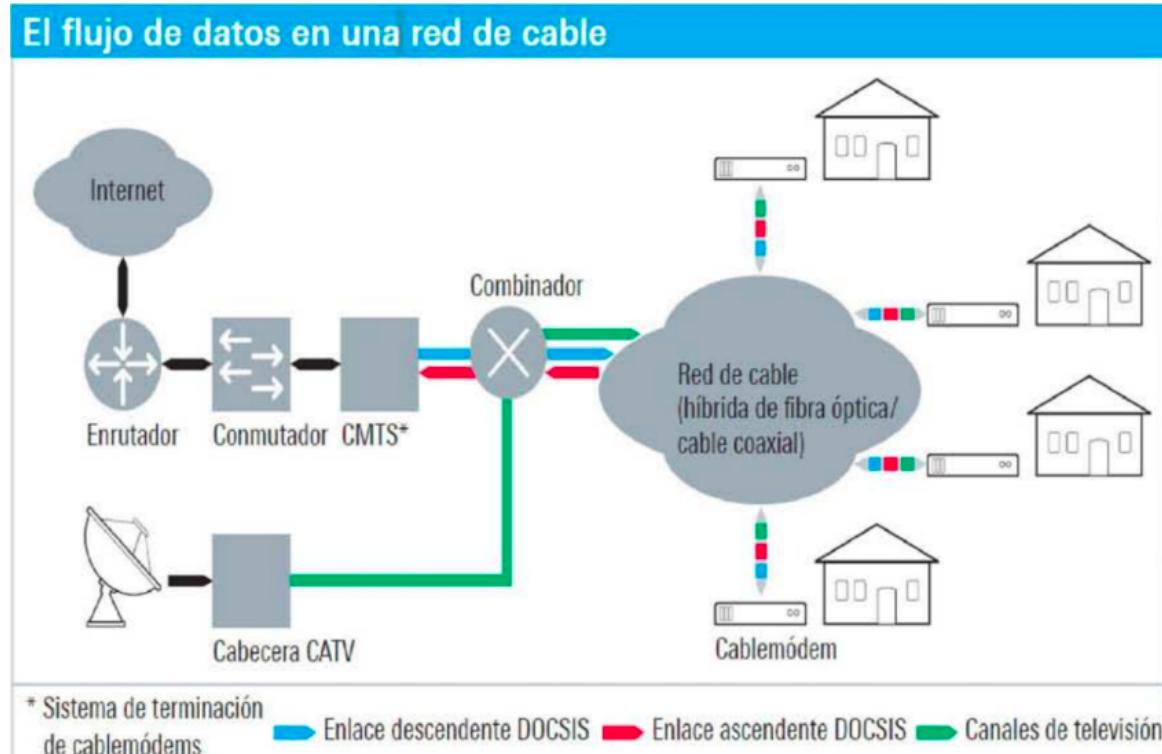


### Red de acometida de los #abonados

- Último tramo del recorrido de la señal. Desde la última derivación hasta la base de conexión de #abonado.



**Recorrido completo:**



### Parámetros de calidad en redes HFC.

- Relación portadora a ruido (CNR).
- Relación señal a sumatorio de productos de intermodulación de orden 2 (CSO)
- Relación señal a sumatorio de productos de orden 3 (CTB)

A la entrada del terminal de usuario cada uno tiene que tener estos valores:

- Portadoras de televisión analógica:
  - CNR > 43 dB.
  - CSO y CTB < -53 dBc.
- Portadoras con modulación digital del tipo N2 QAM:
  - CNR > 30 dB.
  - CSO y CTB no especificados.

dBc: decibeles relativos a la portadora. Relación de potencia de una señal a una señal portadora.

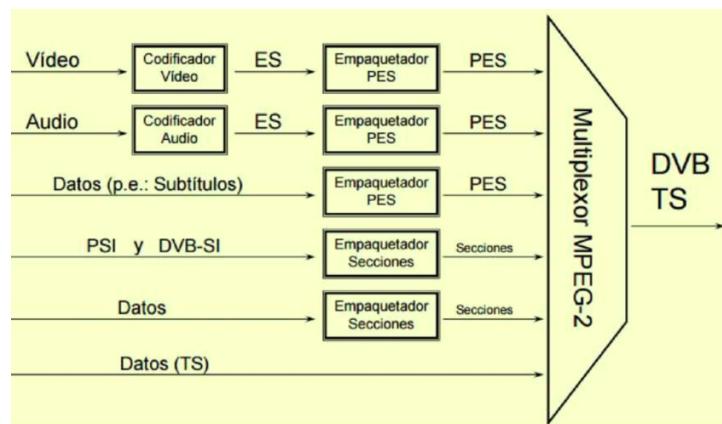
## Dispositivos de una red HFC de CATV

### Cable módem (Módem de cable)

- Asimétrico. Recibe hasta 40 Mbps y transmite hasta 30 Mbps. De 1-10 Gbps desc y de 100 Mbps a 2 Gbps asc.
- Se conecta a la red HFC por un conector de cable coaxial tipo F.
- Se conecta a la PC por la placa Ethernet 10/100 Base T o interfaz USB.
- En sentido ascendente (upstream) descompone los paquetes Ethernet y convierte en celdas ATM o tramas con otro formato.
- Usa un canal de retorno con modulación digital QPSK.
- Dispone de un sistema FAMM para conmutar de un canal ruidoso a otro mejor.
- Recepción de datos: canal descendente entre 6 y 8 MHz del espectro entre 750 y 860 MHz. **Modulación digital 64-QAM o 256-QAM. Downstream.**

El ancho de banda se comparte entre todos los cables módems activos en el sistema.

Transporta la señal con un sistema TS (transport stream). Protocolo de comunicación para audio, video, datos. Los flujos binarios de cada programa se comprimen independientemente formando una corriente elemental ES (Elementary Stream). Cada corriente se estructura en forma de paquetes llamados PES (packetized elementary stream).



Los paquetes pasan a un multiplexor donde forman un solo tren binario. Hay 2 posibilidades de multiplexar: formar una corriente de programa PS o formar una corriente de transporte TS.

### Generación de TS (Transport Stream)

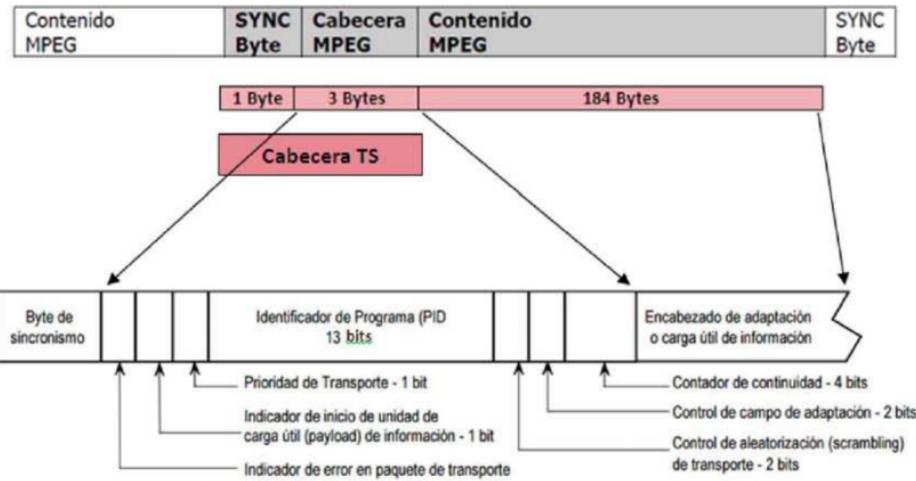
Apropiada para entornos ruidosos. Exige pasar los paquetes PES a otros paquetes más cortos de 188 bytes y usar técnicas de corrección de errores hacia adelante (FEC Forward Error Correction).

Organiza una corriente de transporte de un solo programa llamada SPTS (single program transport stream). La corriente puede formarse con varios programas de tv, pero las de un mismo programa deben ser sincrónicas entre sí. Se organiza un canal de multiplex con todos los programas.

La idea es transmitir 1 paquete de transporte MPEG en 4 celdas ATM.

El flujo de la TS es constante. Utiliza paquetes nulos para mantenerse constante. También lleva información de cifrado para el acceso a programas pagos. Cada cable modem filtra los datos que necesita de cada trama MPEG-TS.

### Formato del paquete downstream



Bloque de 188 bytes + 1 byte de sincronización + 3 bytes de cabecera MPEG.

Cabecera - Sincronización: mismo valor fijo preasignado en todos los flujos MPEG-2. Se puede usar para verificar el sincronismo o establecerlo.

Cabecera - PID: proporciona el mecanismo para el multiplexado y demultiplexado para identificar los que pertenecen al mismo flujo.

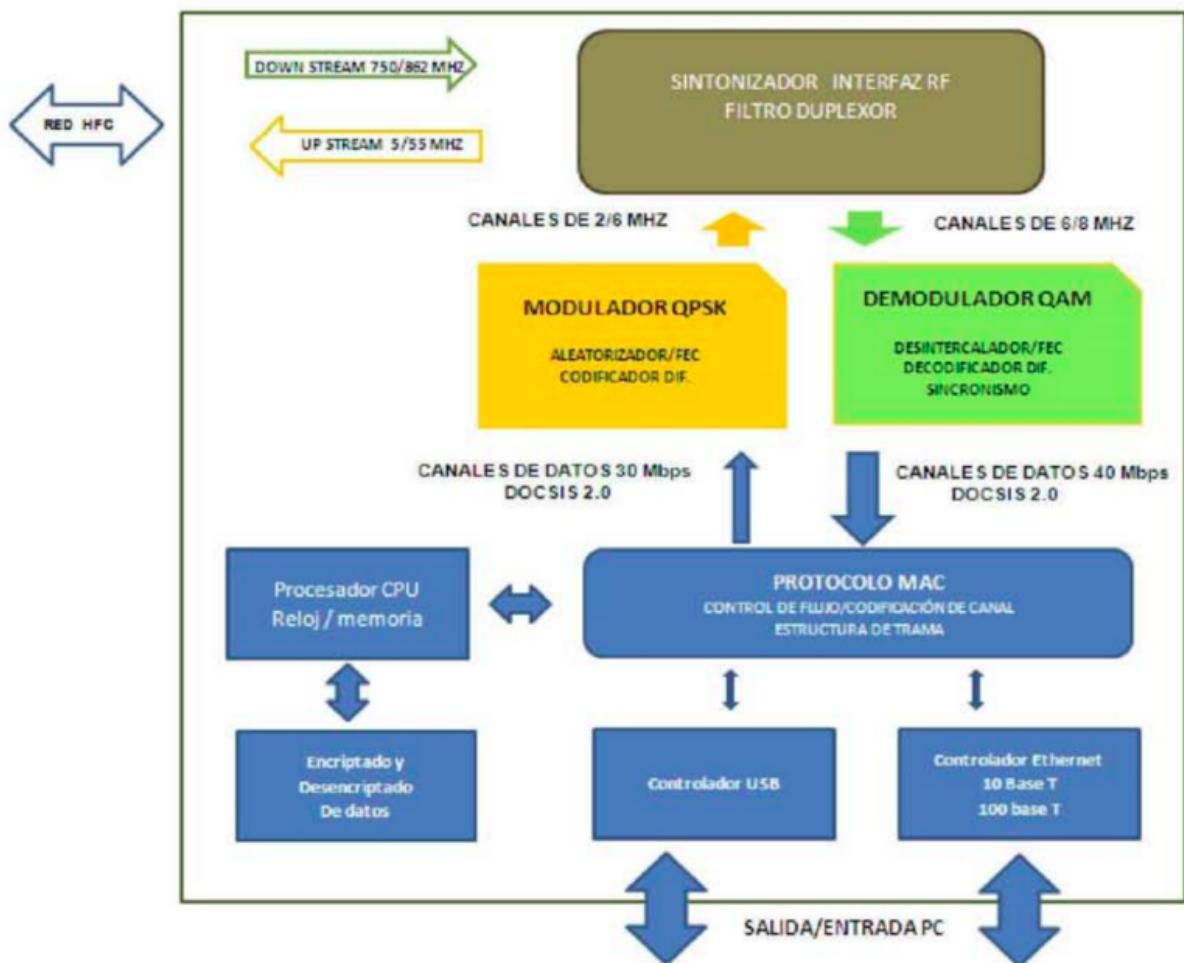
Cabecera - Contador de continuidad: su valor crece de 0 a 15 para todos los paquetes con el mismo PID indicando si se perdió información en la transmisión.

Cabecera - Encabezado de adaptación: los 2 bits de control del campo de adaptación señalan si está presente o no un encabezado de adaptación, y si esta si tiene o no carga de información en el mismo paquete de transporte. Es solo para las tramas de control, no las de info de programa (PSI).

Cabecera - Aleatorización: 00 carga de info sin aleatorizar - 01 no aleatorizado - 10 aleatorizada con llave par - 11 con llave impar.

## Arquitectura del cable modem

Varía entre los distintos módem pero hay una básica.



### Sintonizador

- Se conecta directo a la red CATV y convierte el canal de TV digital de alta frecuencia (750-862 MHz) en uno de baja frecuencia fija (6-40 MHz).
- Se usa generalmente para recibir las señales moduladas digitalmente que vienen de la red o el modulador de cable modem.
- Un mismo sintonizador soporta señales de subida upstream y señales de bajada downstream.
- Lleva un filtro duplexor anexado para separar ambos canales evitando las distorsiones.

### Demodulador QAM

- Recibe la señal analógica de radiofrecuencia desde el sintonizador y la ecualiza.

- Exalta las componentes a las que les afectó más el ruido manteniendo la relación S/N dentro de los parámetros.
- Después la demodula y convierte en una señal digital en banda base.
- Recupera el sincronismo y decodificación de la trama MPEGx y corrige los errores.
- Realiza los proceso de desaleatorización y desintercalación.
- Se basa en una palabra única para demodular que se adjunta a los datos para distinguir entre tramas útiles y de señales de ruido.

#### **Modulador de ráfagas QPSK**

- Función inversa al demodulador.
- Convierte la señal digital en banda base a una analógica.
- Ensamblado de la trama de transmisión y transporte junto con la MAC.
- Los datos ascendentes se disponen en ráfagas cortas.
- La señal de salida se alimenta con un controlador a la red para ajustar el nivel de la señal.

#### **MAC**

- Mecanismo de control de acceso al medio entre las rutas de envío y recepción de datos.
- Encriptado, codificación y control de errores junto con el modulador.
- Puede ser solo hw o hw y sw.

#### **Interfaz adaptadora de comunicación**

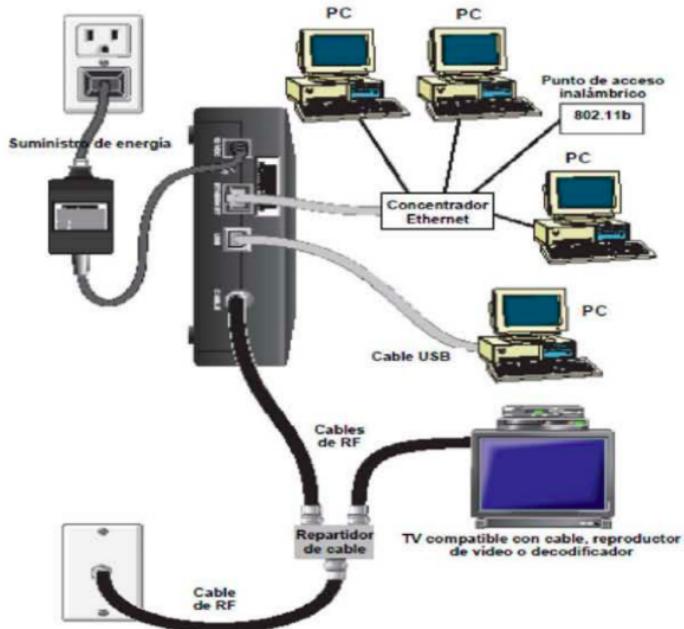
- Puente entre cable modem y computadora.
- Según el modelo: controladores Ethernet 10/100 base T, controladores USBx o interfaz PCI.

#### **CPU**

- Indispensable para los cable modem externos.
- Los internos delegan las operaciones al procesador.
- Asiste a las tareas de encriptado, control de flujo, compatibilización de sincronismo, armado de tramas de transmisión y paquetes MAC.
- Filtrado y ecualización de señales con un DSP (procesador digital de señales) anexado o embebido que asiste al demodulador.

#### **Conexionado típico de un cable modem externo**

La instalación básica incluye un separador “splitter” que divide el cableado y la señal en las frecuencias que corresponden a CATV y datos.



## Equipamiento de red CATV

### CMTS (Cable Modem Termination System)

Está en la cabecera de la compañía de cable, equivalente al DSLAM de DSL. Una cabecera puede hospedar varios CMTS.

Proporciona servicios de datos de alta velocidad.

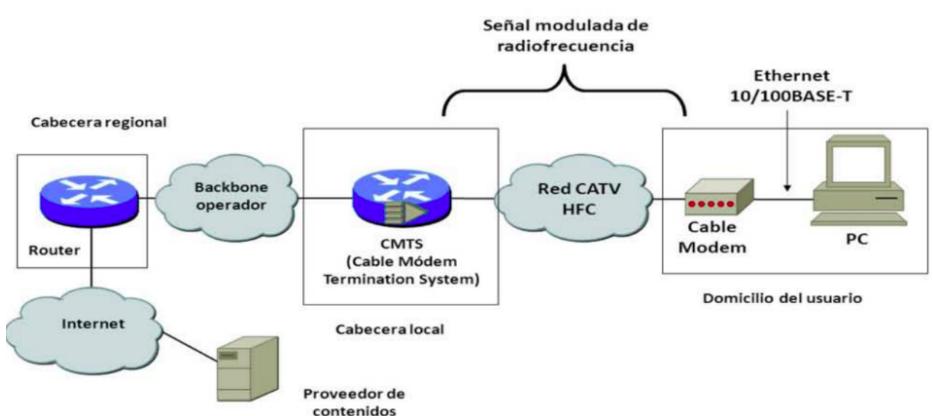
Controla los puertos de envío y recepción. Se diferencia de ethernet en que para transmitir de forma bidireccional necesita por lo menos 2 puertos físicos (upstream y downstream).

Se conecta a internet por enlaces de datos de alta capacidad al ISP.

Habilita la comunicación con los cables modems de los #abonados. Puede manejar entre 4000 y 150000 cables modem.

Es como un módem por conexiones a Ethernet en un lado y de radiofrecuencia en el otro. La de RF lleva las señales hacia/desde el cable módem del #abonado. El tráfico viaja por la red HFC de CATV hasta en el cable modem del domicilio (CPE).

Permite a la compu del #abonado obtener una IP por un servidor DHCP.



Puede agregar un filtrado básico para proteger la red contra usuarios no autorizados y ataques, regulación de tráfico para restringir velocidades de transferencia de los usuarios.

Puede actuar como bridge o router.

Los **CMTS** normalmente manejan el tráfico IP como explicamos anteriormente. El tráfico destinado al cable modem enviado desde Internet, conocido como tráfico de bajada (downstream), se transporta encapsulado en paquetes MPEG. Estos paquetes MPEG se transportan en flujos de datos que se modulan en señales QAM. El ordenador del cliente, junto con sus periféricos asociados están conectado al cable módem o CPE (*Customer Premise Equipment*), y en algunos casos es denominado a este conjunto de dispositivos de usuario como **Set Top Box** interactivo que en realidad

El CMTS evolucionó y se convirtió en un CCAP (converged cable access platform) que soporta los servicios de datos y de videos de alta velocidad.

La idea básica de Distributed CCAP Architecture (DCA) es distribuir parte o toda la funcionalidad del CMTS/CCAP hasta una ubicación remota como el nodo de fibra, MDU (unidad de vivienda múltiple) o el concentrador remoto.



## LiFi

LiFi (light fidelity —Li-Fi—) es el término usado para etiquetar a los sistemas de comunicaciones inalámbricas rápidos y de bajo costo, la tecnología de transmisión de datos bidireccional más rápida que el óptico wifi.

Hasta el momento, las mediciones realizadas muestran que es 100 veces más rápido que algunas tecnologías wifi, alcanzando velocidades de hasta 224 gigabits por segundo. Consiste en una comunicación inalámbrica que utiliza la luz visible o ultravioleta cercana (UV) e infrarroja cercana (NIR) del espectro electromagnético (en lugar de ondas de radiofrecuencia), parte de la tecnología de comunicación inalámbrica óptica, que transporta mucha más información, y está previsto que sea la solución a las limitaciones de ancho de banda.

LiFi es un tipo de conexión a Internet que usa tecnología que se caracteriza por transmitir información a través de la luz led que podría llegar a los 10 Gbps de velocidad. Esto porque la luz se enciende y apaga hasta 10 mil millones de veces por segundo, lo que hace que se transforme la información en forma binaria (0 y 1); se aprovecha esta característica para poder enviar la información a través de la onda de la luz.

## 3G

3G es la tercera generación de tecnología de telecomunicaciones móviles inalámbricas.

Esto se basa en un conjunto de estándares utilizados para dispositivos móviles y servicios y redes de uso de telecomunicaciones móviles que cumplen con las especificaciones de International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000) de la International Telecommunication Union. 3G encuentra aplicación en telefonía de voz inalámbrica, acceso a Internet móvil, acceso a Internet inalámbrico fijo, videollamadas y TV móvil.

Las redes de telecomunicaciones 3G admiten servicios que proporcionan una velocidad de transferencia de información de al menos 144 kbit / s.

## 4G o LTE

4G es la cuarta generación de tecnología de red celular de banda ancha, sucediendo a 3G y precedente a 5G.

Las aplicaciones actuales y potenciales incluyen acceso web móvil modificado, telefonía IP, servicios de juegos, TV móvil de alta definición, videoconferencia y televisión 3D.

El estándar WIMAX de primera versión se implementó comercialmente en Corea del Sur en 2006 y desde entonces se ha implementado en la mayor parte del mundo.

El estándar Long Term Evolution (LTE) de la primera versión se implementó comercialmente en Oslo, Noruega y Estocolmo, Suecia en 2009, y desde entonces se ha implementado en la mayor parte del mundo. Sin embargo, se ha debatido si las versiones de primer lanzamiento deberían considerarse 4G LTE.

En noviembre de 2008, el sector de comunicaciones por radio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-R) especificó un conjunto de requisitos para los estándares 4G, denominado especificación Avanzada de Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT-Advanced), que establece los requisitos de velocidad máxima para el servicio 4G en 100 megabits por segundo (Mbit / s) (= 12,5 megabytes por segundo) para comunicaciones de alta movilidad (como trenes y automóviles) y 1 gigabit por segundo (Gbit / s) para comunicaciones de baja movilidad (como peatones y usuarios estacionarios).

Dado que las versiones de primer lanzamiento de Mobile WiMAX y LTE admiten una tasa de bits máxima de mucho menos de 1 Gbit / s, no son totalmente compatibles con IMT-Advanced, pero a menudo los proveedores de servicios las marcan 4G.

## **5G**

5G es el estándar tecnológico de quinta generación para redes celulares de banda ancha, que las empresas de telefonía celular comenzaron a implementar en todo el mundo en 2019, y es el sucesor planificado de las redes 4G que brindan conectividad a la mayoría de los teléfonos celulares actuales.

La principal ventaja de las nuevas redes es que tendrán mayor ancho de banda, dando mayores velocidades de descarga, eventualmente hasta 10 gigabits por segundo (Gbit / s).



## COSAS PARA AGREGAR

que chota es la componente de continua y por que sirve?

franduje@gmail.com esto lo sabes?j

por que saco al orto las componentes de baja frecuencia?

porque necesito un ancho de banda infinito si quiero transmitir la señal entera con las infinitas armonicas

esto deforma la distribucion espectral de frecuencia porque saca las bajas frecuencias

multiplexación

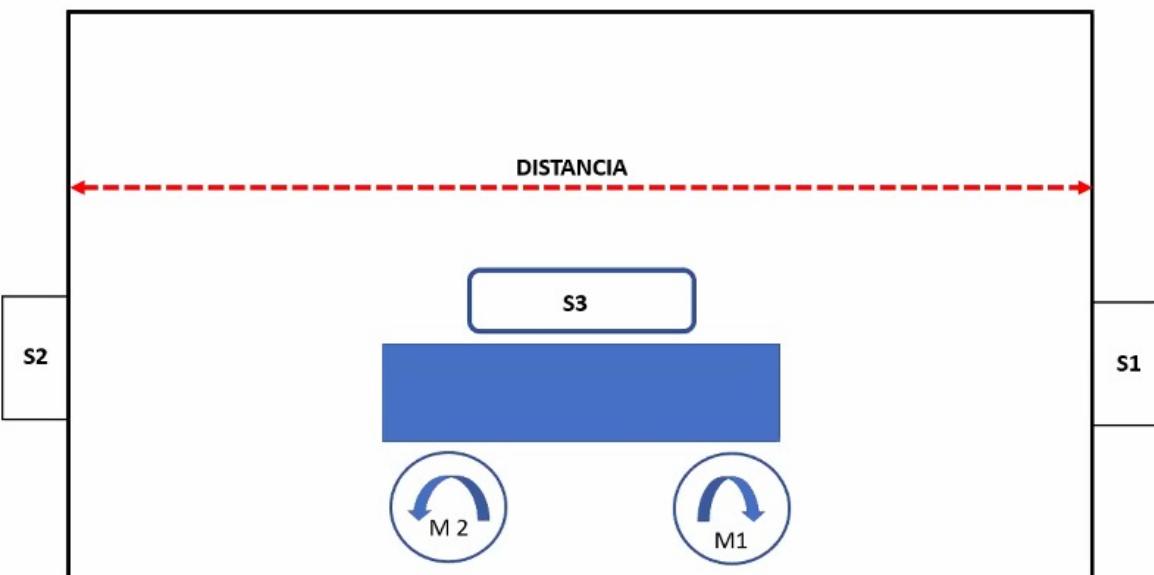
## Problemas comunes que no son “prácticos” tal cual pero toman en el práctico y se resuelven teóricamente

### El carrito de miralles

El famoso carrito de miralles es un ejercicio de mierda que suelen pedir en parciales y finales pero en ningún libro o bibliografía se explica como hacerlo pero acá te voy a explicar como chota se hace.

#### Consigna

Quiero medir la distancia, tengo dos sensores de posición ( $s_1$ ,  $s_2$ ) que detectan cuando el dispositivo llega a los puntos. Tiene un motor  $m_1$  que gira en sentido horario y  $m_2$  en antihorario y tiene un dispositivo  $s_3$  que mide cuando ha recorrido el móvil y la puede transmitir (lo acumula según la rotación del giro). Se pide la interfaz de tiempo que resuelva este problema.



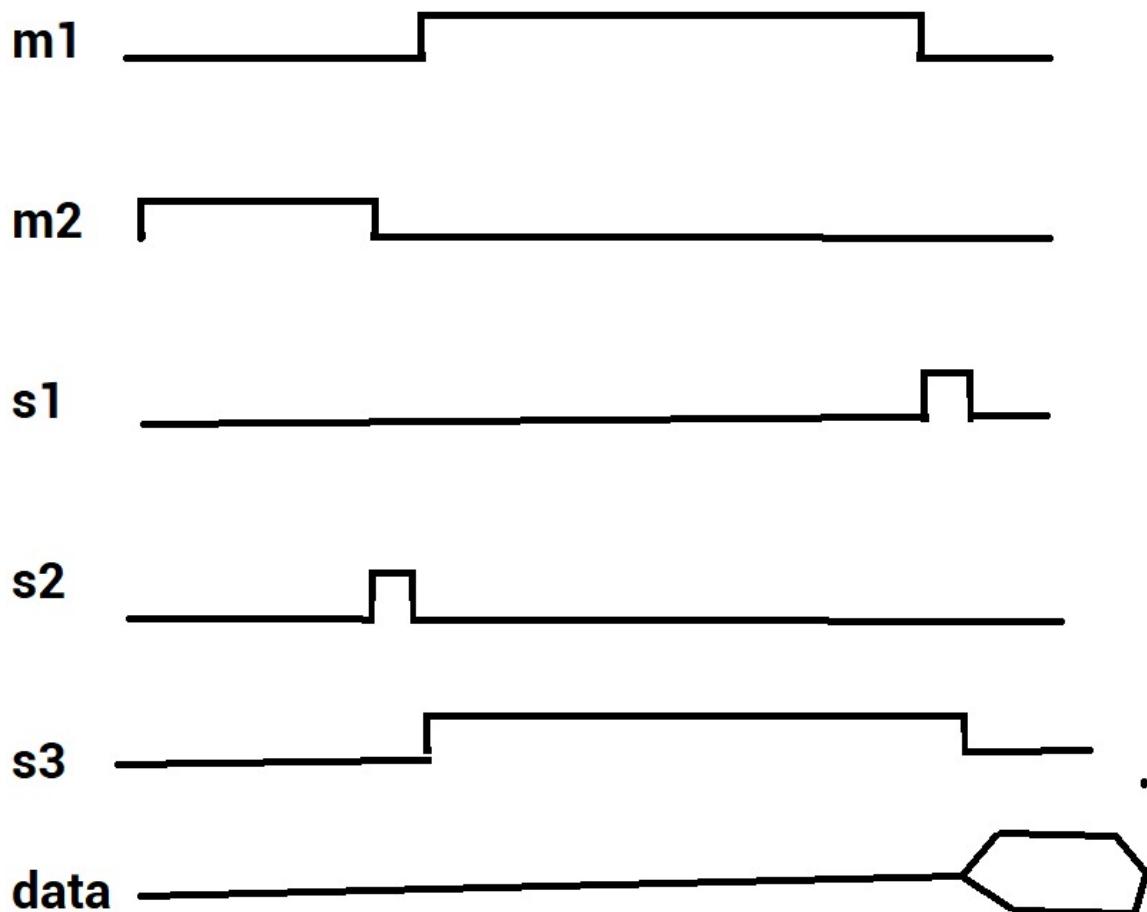
#### Respuesta

Los puntos clave para resolver el problema son:

- que chota es una interfaz de tiempo?
- la activación de los motores y sensores en el tiempo
- la rotación de las ruedas
- el envío de la información

La interfaz de tiempo que se pide es ese gráfico horrible de impresoras que también suelen tomar en los finales. Es un gráfico bidimensional donde ubicamos en el eje "X" al tiempo y en el eje "Y" a las señales que vamos a utilizar. En este caso vamos a tener dos señales para los motores, tres señales para los sensores y una señal de transmisión de datos para enviar la distancia recorrida.

El siguiente gráfico representa una solución válida al ejercicio (si, se puede hacer de muchas formas la concha de la lora). A continuación se explica cómo se confeccionó y que significa además de las consideraciones de arriba.



Lo primero que debemos hacer si deseamos conocer la distancia entre s1 y s2 primero deberemos posicionar el móvil en lo que llamaremos el “punto de origen”. En el gráfico vemos que empieza en el medio de los dos puntos así que primero debemos elegir si queremos empezar a sensar de izquierda a derecha o de derecha a izquierda. En este caso yo elegí empezar por la izquierda así que la primera señal que vamos a activar va a ser la del motor 2 para poder posicionarnos a la izquierda en nuestro punto de origen antes de empezar a sensar la distancia.

Detendremos el motor 2 en el flanco ascendente de la señal del sensor 2, esto es importante porque como la consigna lo indica, el sensor de distancia se guía con la rotación de las ruedas y si no se detiene el motor apenas llegue a la pared nos generará un error de medición mientras rueda “patina” contra la pared. Y en este momento nos encontraremos en el punto de origen.

Cuando se detenga el motor 2 y levante el sensor 2, empezaremos a medir con el sensor 3 al mismo tiempo que activemos el motor 1 que nos llevará al extremo opuesto de la

habitación. Es importante que el flanco ascendente del motor 1 y el sensor 3 coincidan para evitar errores de medición, es más, es mejor que se encienda antes el sensor porque como sensa por rotación de las ruedas no medirá nada hasta que no encienda el motor pero con fines prácticos y para graficar más fácil vamos a asumir que se pueden activar al mismo tiempo y no habrá retardos.

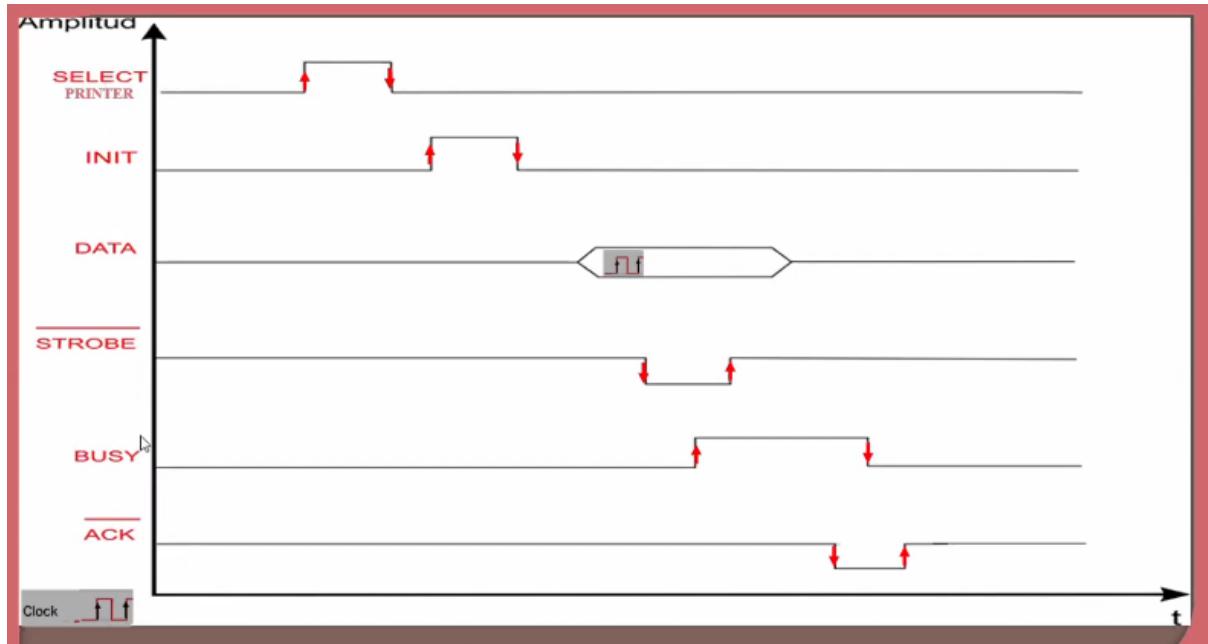
El motor 1 y el sensor 3 estarán encendidos hasta el flanco ascendente del sensor 1, que nos indicará que el móvil tocó la otra pared. Esto evitara el error de medición contra la pared del motor 1 y dará una medición correcta para el sensor 3. Una vez que se activa el sensor 1 teóricamente ya habremos medido la distancia de la habitación y estaremos listos para enviar esa información. En la consigna nos indica que se debe transmitir así que habrá que incluir una señal de datos que envíe los datos recopilados por el sensor 3. La consideración a tener para ubicar en el tiempo la señal de datos es que es mejor dejar un poco de tiempo entre el final del sensado de s3 y el envío de la información por cualquier inconveniente que pueda generar un retardo. Así nos aseguramos que se enviará la información correcta y completa.

Una variación de la resolución sería eligiendo que primero vaya a la derecha y después a la izquierda. Si no vamos a tener en cuenta retardos y vamos a especular que tenemos un ancho de banda infinito que posibilite cambios de estado instantáneos podemos no dejar los espacios entre las señales para evitar errores pero esto hay que aclararlo porque si tenemos en cuenta las imposibilidades reales de los medios podríamos estar enviando una información incorrecta.

Y así chicos es como se resuelve el carrito de miralles, enséñenle a sus amigos y no dejen que muera este conocimiento porque lit en ningún libro lo explica y solo lo explica el terrorista en clase y jamás lo plasma en un pdf o powerpoint de forma que se pueda entender fuera de clase. La concha bien de tu madre miralles sos el peor profesor de la historia de la educación pública, terrorista de ambiciones, asesino de sueños, hippie roñoso.

## El gráfico de impresora

El ejercicio de impresora es un ejercicio donde por lo general te dan varias imágenes de las señales de control de una impresora que transfiere por primera vez un carácter y tenés que decir cuál está bien aunque parecen todos iguales.

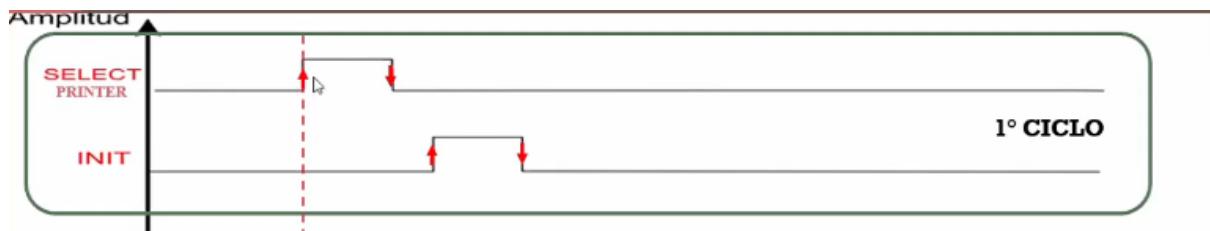


Los puntos importantes para resolver este ejercicio es saber que carajo hace cada señal y la activación por alto o bajo. Activada por alto es que está prendida cuando está por alto la señal y por bajo es que se activa cuando esté por bajo y se señaliza en el eje "Y" con el nombre de la señal negada (con el palito arriba del nombre).

Aclaro que el orden de las señales en el eje "Y" no tiene importancia, pueden estar mezcladas y no significar nada, lo que importa es el orden en el eje del tiempo.

En este cuadro te dice qué carajo hace cada señal. Las que tienen una n delante significa "not", o sea, que están negadas.

GRUPO	SEÑAL SPP	ENTRADA / SALIDA	DESCRIPCIÓN DE LA SEÑAL
Control	nSTROBE	Salida	Indica que hay datos válidos en la línea de datos
	nAUTOFEED	Salida	Hace que la impresora automáticamente inserte una línea por cada retorno de carro
	nSELECTIN	Salida	Le indica a la impresora que está seleccionada
	nINIT	Salida	Usado para aplicar un reset a la impresora
Estado	nACK	Entrada	Indica que el último carácter fue recibido
	BUSY	Entrada	
	PE	Entrada	Sin papel
	SELECT	Entrada	Indica que la impresora está en línea
	nERROR	Entrada	Indica que existe una condición de error
Data	DATA(8:1)	Salida/Entrada	8 líneas de datos, en el antiguo puerto paralelo son solo de salida

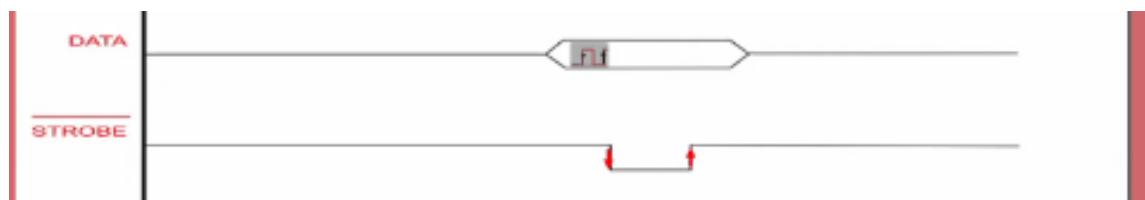


En el primer ciclo, SELECT avisa que la impresora está en línea y se va a poner a cero la impresora, dependiendo del tipo de impresora algo hará para ponerse a punto.

Ambas señales se activan por alto, no están negadas.

El INIT pone en cero los registros de las líneas de transmisión de la impresora.

Cabe aclarar que el primer ciclo solo se repite una vez cuando comienza porque es lo que lo pone a punto pero después se va a ir llenando el buffer, leyendo e imprimiendo hasta el final, no se va a volver a usar SELECT o INIT porque ya cumplieron su labor, ya fueron a malvinas dejenlas en paz.

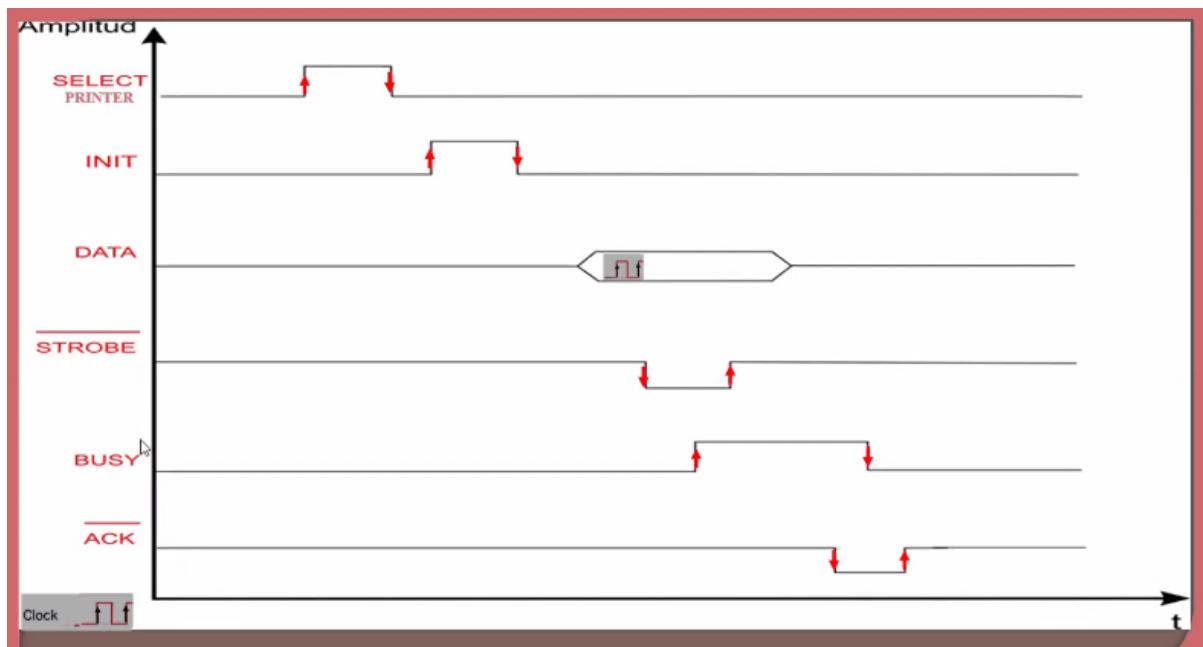


Ya puedo mandar la data. El símbolo de datos es un símbolo distinto a un pulso porque puede ser 1s o 0s, entonces tiene que ser un cuadradito pa que no se confunda tu vieja.

El STROBE SIEMPRE se activa por bajo según miralles pero ojo, si no ta negada en el gráfico y ta para arriba, teóricamente está bien porque la señal se toma bien así que tené criterio para decidirlo. Con que “se toma bien” la señal me refiero a que la señal en la gráfica indistintamente de si el pulso está por bajo o por alto, toma lo que dice el nombre de la señal. Un ejemplo: Si tengo el STROBE **sin negar** y tengo la activación **por bajo**, por la señal de referencia de por ej 5 voltios que usa el biestable para verificar que está prendido no me va a tomar como prendido el STROBE TODO el tiempo que esté por alto y me lo va a apagar cuando esté por bajo, o sea, me va a hacer exactamente lo opuesto a lo que quiero.



Entonces si la activación es por bajo, tiene que estar negada la señal si o si y si es por alto no tiene que estar negada o me va a dar exactamente lo opuesto a lo que necesito. Como el STROBE nos indica que hay datos válidos en el buffer, si lo pongo mal la impresora va a creer que tengo datos cuando no y va a creer que no tengo datos cuando si tengo entonces no va a imprimir nada.



Cuando el STROBE está encendido, o sea, tengo datos. La señal BUSY que se activa por alto nos va a decir “eh wacho, toy imprimiendo, bancá” para que no le sigamos mandando mas cosas mientras está imprimiendo así no se petea la impresión. La duración del BUSY depende exclusivamente de la duración de la impresora para imprimir ese carácter y eso depende de si es láser, matricial, etc. Cuando termina de imprimir el BUSY cae para anunciar que ya está libre y esa caída la va a sensar el ACK que es la señal que indica que se recibió el carácter activándose por bajo mandando un pulso que avisa al DTE que ya está libre la impresora.

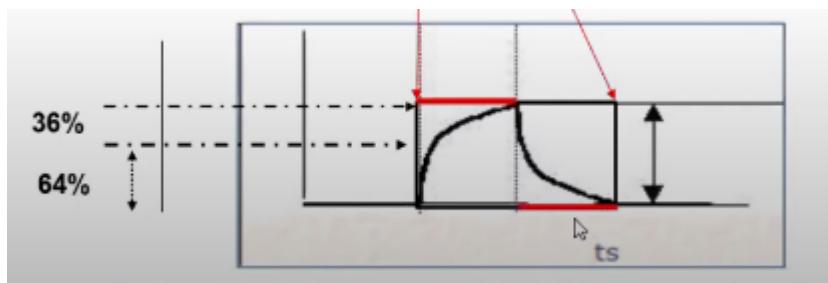
Lo que hay que tener en cuenta acá es que si te fijas el ACK se activa ANTES de que BUSY baje, como que lo anticipa y eso es porque al ser todo esto un proceso tan rápido, cualquier clase de retraso sería una re poronga porque está todo en el orden de los milisegundos.



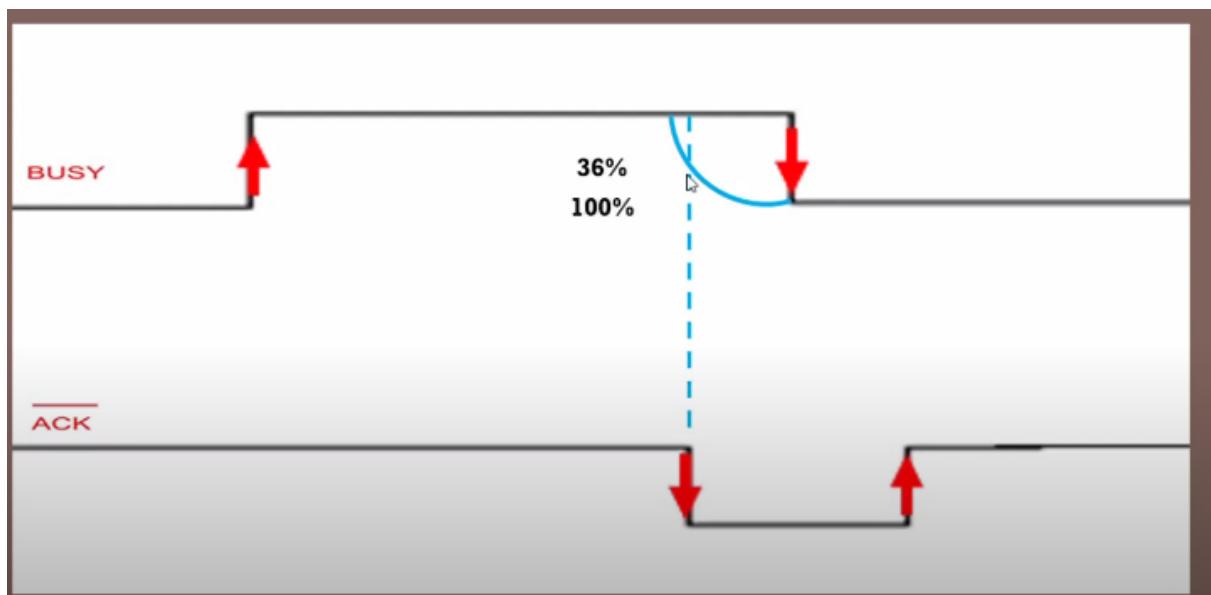
Acordate que según Fourier para tener una activación por alto instantánea necesitaría un ancho de banda infinito que por las limitaciones del medio físico son imposibles.

Hay una estrategia para paliar esta limitación y es **LA REGLA DEL 64%** que nos dice que en cuestiones eléctricas mientras la tensión sube, cualquier valor mayor al 64% se va a tomar como 100% y cualquier valor en descenso que supere el 36% de decremento se

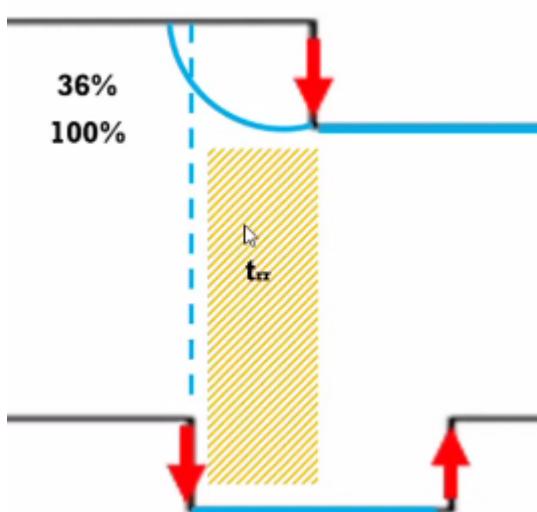
tomará como 0%.



Entonces cuando vuelvo a ver la caída del flanco del BUSY, cuando decaiga en un 36% ya asumo que va a caer, entonces le choreo un tiempito extra al descenso para que baje y sense el ACK

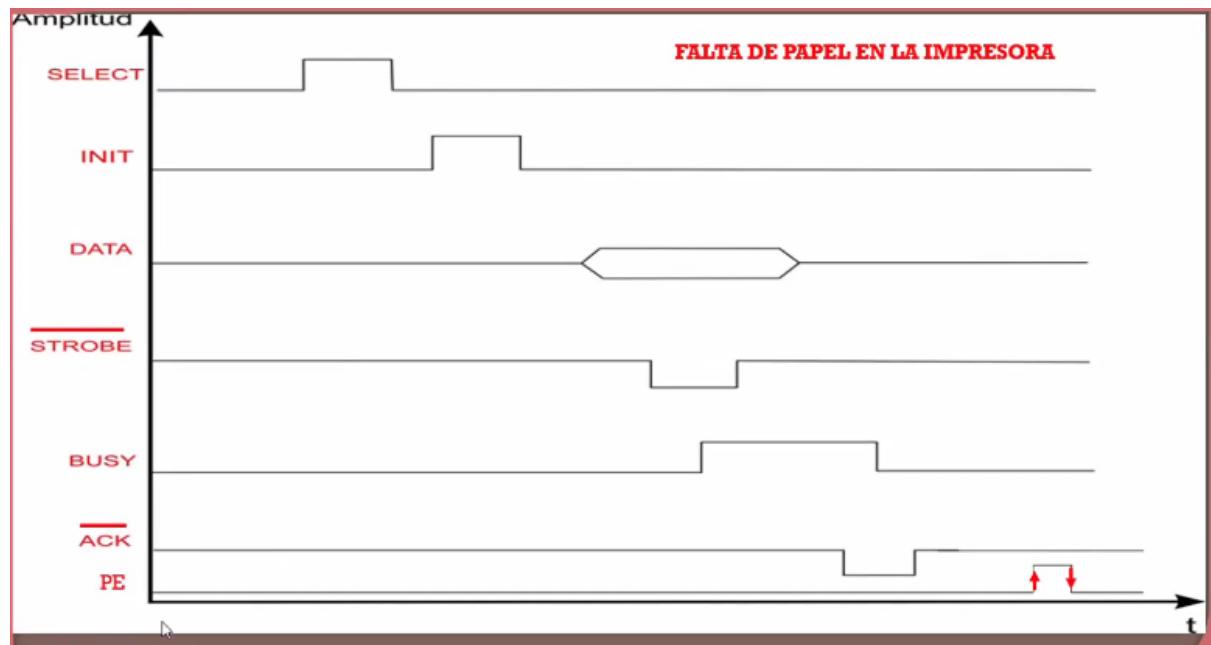


Y me da el tiempo de respuesta de la compuerta



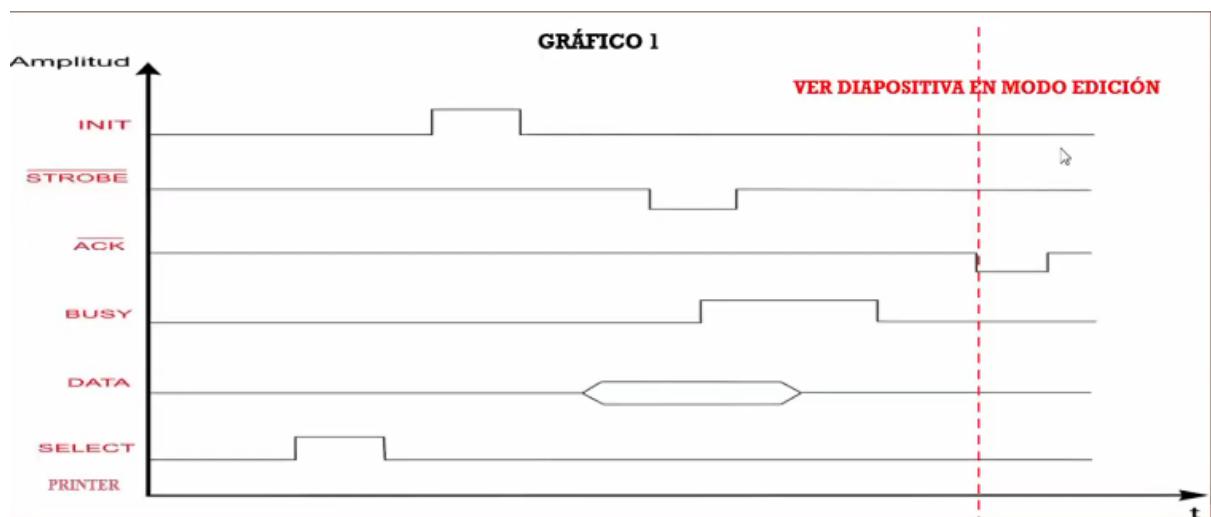
Pero esto tampoco es infalible porque ahí paleamos el vergazo de no tener ancho de banda infinito pero tenemos que tener en cuenta que podemos tener variaciones en la relación Señal-Ruido entonces podemos agregar un retardo antes de que se prenda ACK para que

pase lo que pase jamás haya problemas. Esto me va a dar más estabilidad PERO me va a quitar velocidad, vos fijate que te pinta.



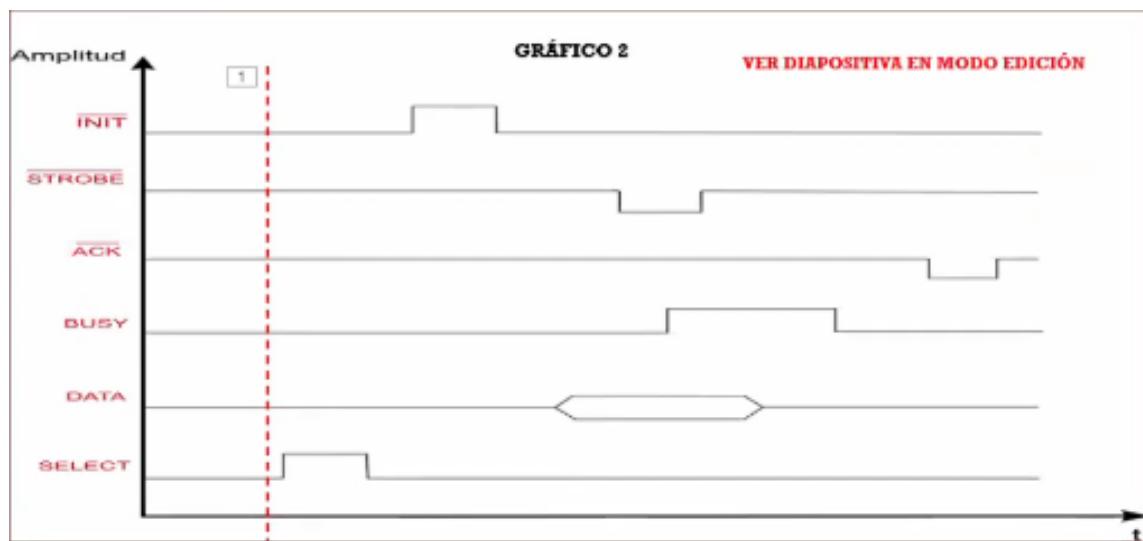
Hay una señal falopa que se llama PAPER END que la pone cuando no hay papel para que no se haga piña nada pero no te la ponen en los ejercicios pero te cuento porque te quiero.

En el ejercicio te tiran estos gráficos y te preguntan si están bien.

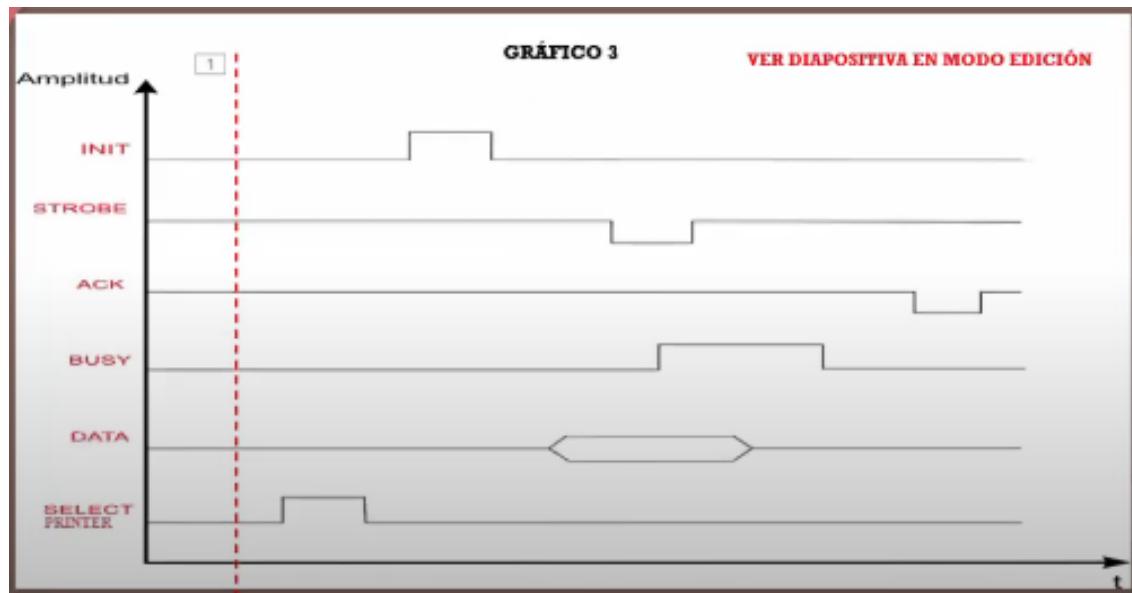


El orden está desordenado para confundirte pero acordate que chupa un huevo el orden, fijate en el tiempo. Primero tiene SELECT, está bien. INIT limpia todo, perfecto.

Vienen los DATOS, entonces tengo que avisar con el STROBE que están en la línea que activa por bajo y está negada. Despues se prende BUSY por alto y despues de un retardo se prende ACK por bajo porque está negado. **Está perfecto.**



SELECT por alto, joya. El INIT está negado y se activa por alto, ya la peteaste. Si INIT está negado y se activa por alto como vimos en la explicación de antes el biestable va a tomar init prendido desde el instante inicial y no la va a iniciar cuando debe, va a borrar los datos porque cuando baje va a volver a inicializar. **Está mal.**



SELECT por alto está joya. INIT por alto está JOYA. Viene DATA y ahí está el problema. STROBE se prende por bajo pero no está negado. Entonces STROBE está activa desde el principio y se apaga cuando se debería prender. Ta peteada, desde ya está mal pero fijate que después ACK se activa por bajo y tampoco está negada. **Está mal.**  
Y así wacho se resuelve este ejercicio.

**Te lo resumo así nomás:** Basicamente lo unico que tenes que hacer es fijarse que se cumpla el orden en el tiempo "x" (SELECT, INIT, DATA, STROBE, BUSY, ACK y PE) y que las señales que estén negadas pasen por bajo y las que no estén negadas por alto.

## Cascada de USBs

### USB (Universal Serial Bus)

Es una interfaz inteligente porque administra el ancho de banda de los dispositivos que se conectan a él. Voy a poder conectar un puerto USB con 127 dispositivos USB compartiendo el ancho de banda y la energía (porque alimenta los periféricos).

### MODOS DE TRANSMISIÓN:

- Asincrónica
- Sincrónica
  - Isocrónica: Genera sincronismos periódicos generando mayor eficiencia.
  - Bulk: Modo de trabajo para que cuando se transfieran imágenes se le de todo el ancho de banda al dispositivo que está haciendo la transmisión.
  - Control
  - Interrupción
  - Código de redundancia cíclica CRC para la detección de errores.

### CARACTERÍSTICAS DE LA CONEXIÓN:

- **Plug and play:** el pinado es único y los drivers controlan los dispositivos controlados y actualizan el sw de los puertos usb.
- Longitud máxima del enlace de 5m
- **Hot plug and play:** Protege contra la conexión y desconexión para que no rompa el disco duro cuando esté en una posición de trabajo. Hay unos dispositivos que se llaman acelerómetros que ayudan a que si desconecto el usb sin modo seguro no se haga piña pero puede pasar. Así que a partir de ahora no seas pajero y cuando desconectes un usb no juegues con fuego y sacalo de modo seguro.

Si tenes un SSD podes tomarlo con soda porque no vas a tener este problema porque desde el punto de vista físico tenes un capacitor que te ayuda con esto. Peeeero, tenes una señal de refresco que la manda el bus de control del microprocesador a los dispositivos que dialogan con él y si desconectas la memoria en el momento que se está refreshando podes romper la integridad de los datos. Así que de nuevo, no seas pajero y expulsarlo en forma segura.

Cuando vas a desconectar el USB tienes dos formas:

- **Extracción rápida:** Ralentiza la transferencia de los datos porque no arma una tabla de transferencia en una caché se hace más lento pero la desconexión es segura.
- **Mejor rendimiento:** Habilita una tabla que se encuentra en la caché pero debemos activar la extracción segura.

Grabando	versión de puerto	Velocidad máxima en Mb/s	Velocidad máxima en MB/S	Transmisión
	<b>USB 1.0</b> (Low Speed)	<b>1.5 Mbps</b>	<b>187.5 KB/s</b>	Half Duplex
	<b>USB 1.1</b> (Full Speed)	<b>12 Mbps</b>	<b>1.5 MB/s</b>	Half Duplex
	<b>USB 2.0</b> (Hi-Speed)	<b>480 Mbps</b>	<b>60 MB/s</b>	Half Duplex
	<b>USB 3.0</b> (Super Speed)	<b>4.8 Gbps</b>	<b>600 MB/s</b>	Full Duplex
	<b>USB 3.1</b> (Super Speed+)	<b>10.24 Gbps</b>	<b>1280 MB/s</b>	Full Duplex
	<b>USB 3.2</b> (SuperSpeed++)	<b>20 Gbps</b>	<b>2500 MB/s</b>	Full Duplex
	<b>USB 4.0</b>	<b>40Gbps</b>	<b>5000 MB/s</b>	Full Duplex

La full duplex se logra porque se aumentan las líneas de transmisión (una para transmitir, una para recibir y una para control) y se colocan 10 pines.

(USB 3.0 es lo mismo que USB 3.1 Generación 1. La generación 2 si es el 3.1).

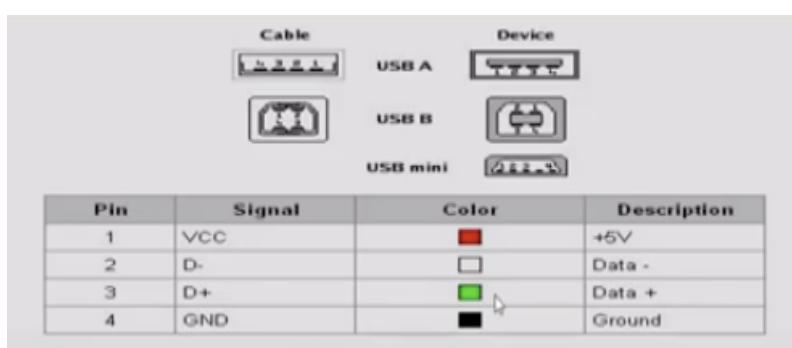
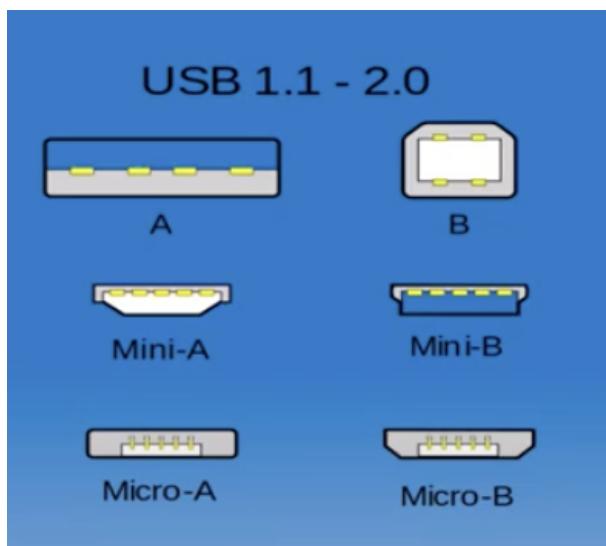
VERSIÓN	VELOCIDAD	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA
<b>USB 2.0</b>	<b>480 Mbps</b>	<b>5 V</b>	<b>0.5 A</b>	<b>2.5 W**</b>
<b>USB 3.0 USB 3.1(G1)</b>	<b>5 Gbps</b>	<b>5 V</b>	<b>0.9 A</b>	<b>4.5 W**</b>
<b>USB 3.1(G2)</b>	<b>10 Gbps</b>	<b>20 V</b>	<b>5 A</b>	<b>100 W *</b>
<b>USB 3.2</b>	<b>20 Gbps</b>	<b>20 V</b>	<b>5 A</b>	<b>100 W*</b>
<b>USB 4.0</b>	<b>40 Gbps</b>	<b>20 V</b>	<b>5 A</b>	<b>100 W*</b>

20V es porque la batería de mi computadora es de 20V entonces se puede cargar el periférico con la computadora o el periférico puede cargar la computadora.

No existe el USB C sino que el conector es tipo C que tiene 24 contactos entonces puede transferir 100W. Osea puede ser un USB 4.0 con conector tipo C.

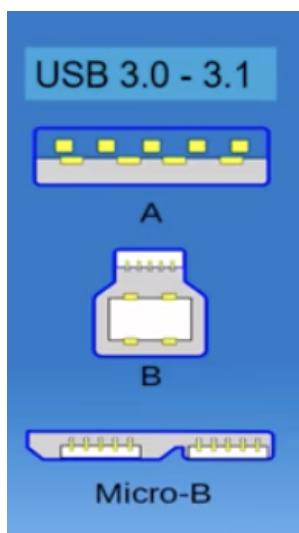
Se puso re denso con los cuadritos ya y está hablando cosas falopa.

- La norma dice que tienen que ser retrocompatibles, por lo que, un USB 1.0 puede dialogar con uno 4.0 por las que tengan distintos conectores (vienen unos adaptadores para eso). Pero obviamente se va a dialogar a la velocidad del elemento más lento de la cadena.



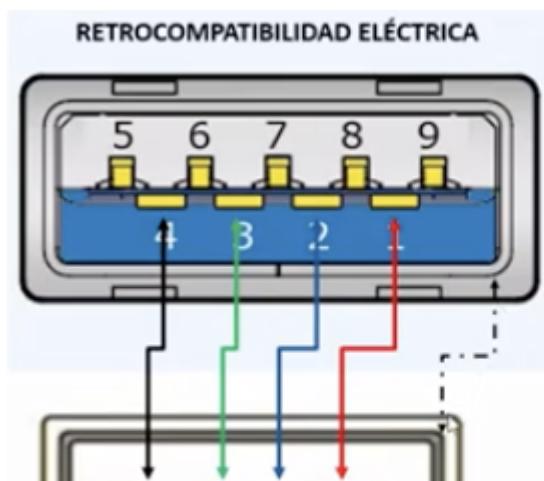
4 pines porque es half-duplex. Los A van en los DTE y los B en los DCE.

Los mini y micro tienen 5 pines porque 4 se usan para el conexionado USB pero el 5to se puentea con el 4to para tener más superficie de contacto a la hora de dar electricidad.



Agregamos 5 pines más porque es full-duplex, dos para la transmisión en un sentido, dos para otro sentido, y una para control.

**Si me piden retrocompatibilidad de 3.0 a 2.0 es 1 -1, 2-2, 3-3, 4-4 los otros no se conectan:**



USB 3.0 o 3.1 G1

USB 2.0 / 1.1/1.0

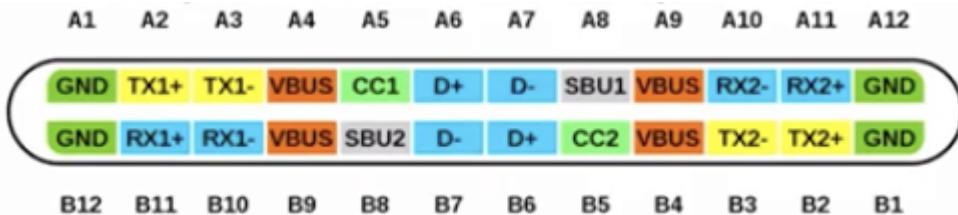
4 3 2 1

La línea punteada es la carga parasitaria del metal, si es de plástico anda mas lento, si es de metal anda rapido.

USB 1.1 12mbps	USB 2.0 480mbps	USB 3.1 Gen1 (Previously 3.0) 5gbps	USB 3.1 Gen2 10gbps	USB 3.2 20gbps	Thunderbolt 2 20gbps  THUNDERBOLT. Mini DisplayPort Connector 7.50mm Pin #20 R2 4.60mm Pin #1 R1 40mm
 CERTIFIED Type A Type B Mini-A Mini-B Micro-A Micro-B	 CERTIFIED HI-SPEED Type A Type B Mini-A Mini-B Micro-A Micro-B	 SUPER SPEED Type A Type B Type B Type B	 SUPERSPEED+ 10 Gbps Type A Type B Type B	 SUPERSPEED++ 20 Gbps Type-C	 THUNDERBOLT. Type-C

de USB 1.1 a USB 2.0 aumenta mucho la velocidad porque se mejora la calidad del cable sin necesidad de variar el conexionado.

### Conecotor tipo C:



CC2: Power delivery (carga rápida 100W).

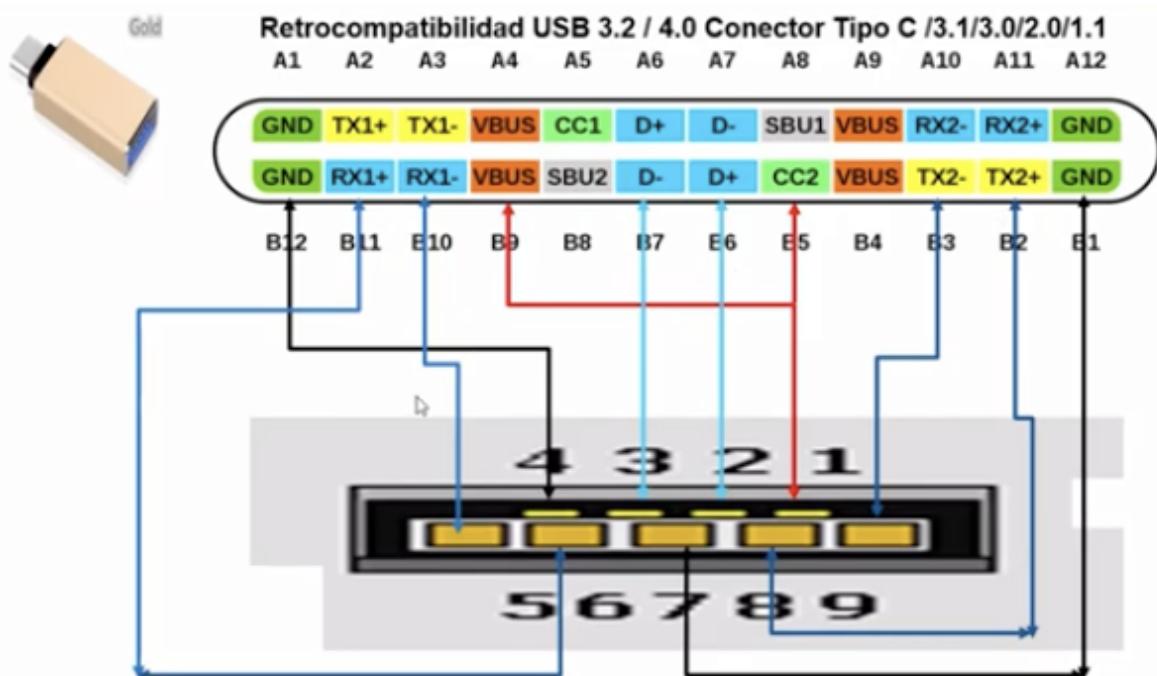
Tiene simetría invertida, no le interesa de qué lado lo conectes te va a funcionar igual.

La idea del conector tipo C es que desaparezcan los distintos tipos de conectores para USB, carga, VGA, etc y se puse todo con un conector tipo C a través de un conector que me permita conectar todo eso como por ejemplo un Satechi que es un Hub usb o thunderbolt que Miralles ama que no son usb. Puedo enviar todo tipo de señales y administrarlas con un conector tipo C.



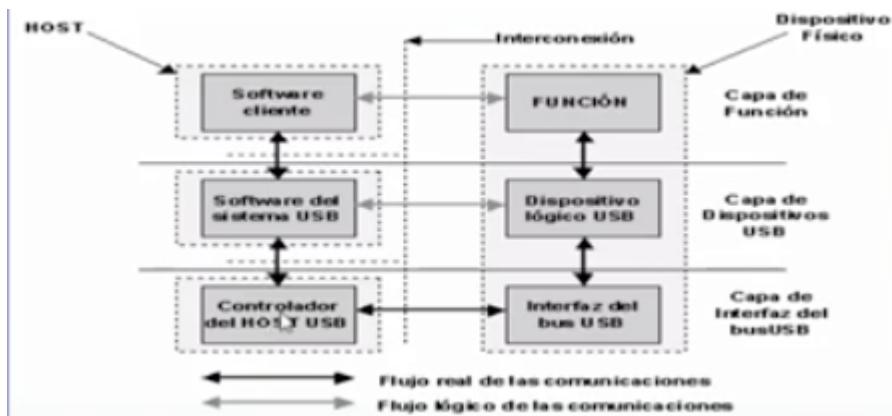
Los iphone van a empezar a tener tipo C por reglamento ojo al pijo. La idea es que todos los dispositivos del mundo empiecen a usar tipo C.

### Retro compatibilidad de un USB con conector tipo C al resto de los USB:



TECNOLOGÍA DEL BUS USB: Es inteligente. TODO ESTO ESTÁ EN EL RESUMEN.

## Capas del sistema de comunicación USB:



### NIVEL 1: Controlador.

- Asigna direcciones a los 127 periféricos.
- Controla la comunicación entre los periféricos.
- Asigna los recursos del sistema a los periféricos según lo que necesite. Si yo reproduzco un video desde el disco duro se le asigna todo el ancho de banda (Bulk).
- Informa de errores en la conexión.

Los pendrives tienen un código para decir quien es y que el controlador mediante el driver sepa qué tecnologías usa y todo.

Si conecto un pendrive y un disco duro el disco duro tiene prioridad sobre el pendrive pero si el pendrive está reproduciendo un video desde el pen y el disco duro solo transfiere info se le da prioridad al pen drive. TODO ESTO LO DECIDE EL HUB.

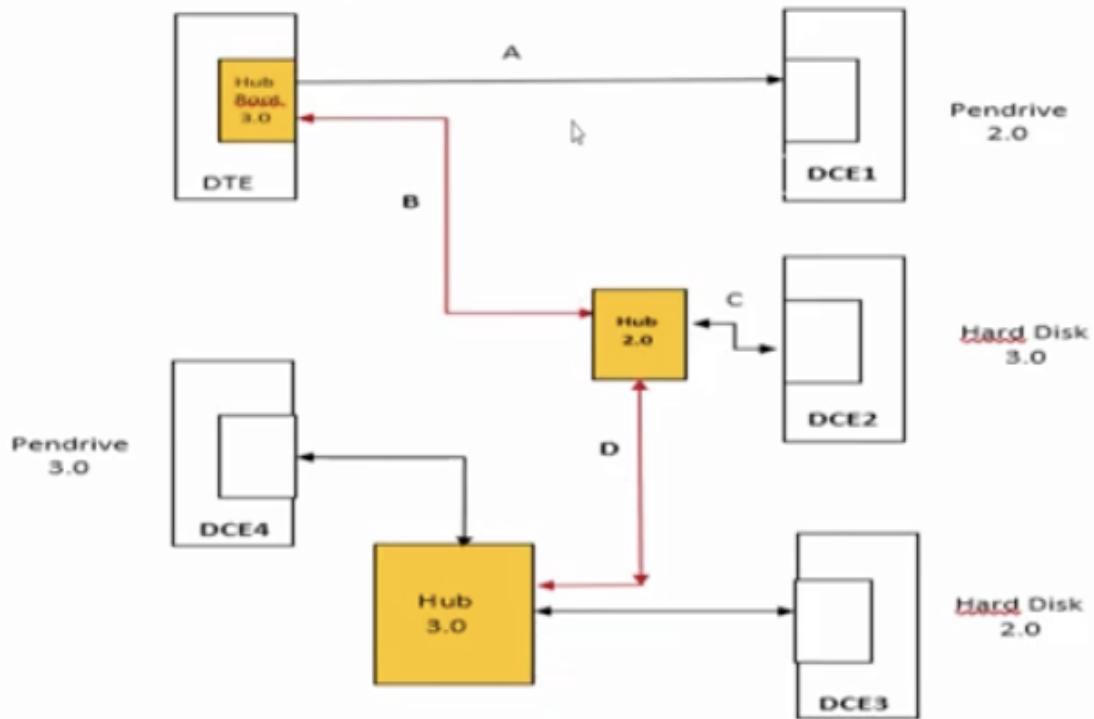
### NIVEL 2: Hub inteligente.

- Distribuidor inteligente de datos y alimentación entre DTE y DCE.
- Controla la comunicación entre DTE y DCE.
- En el DTE reside el Hub Raíz
- Al Hub raíz es posible asignarle nuevos HUB.
- Se puede agregar un máximo de 7 HUBS secundarios y 127 periféricos.

Desde el punto de vista lógico cualquier sea el nivel en el que esté conectado mi periférico va a trabajar a la misma velocidad. Los hubs no almacenan datos sino que dialogan con el Hub raíz. -> Topología estrella apilada.

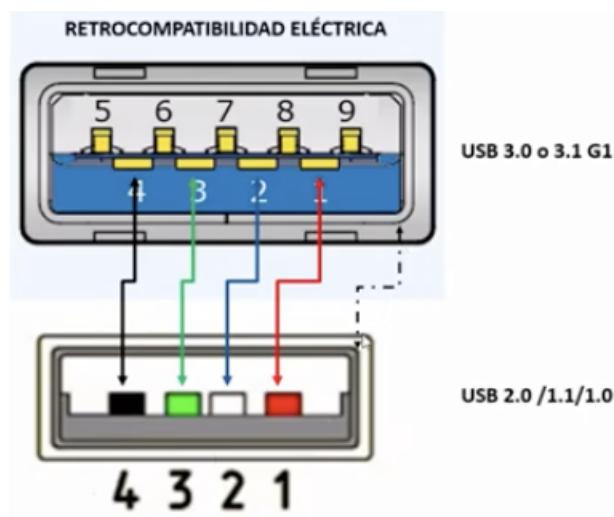
## AHORA SI A LOS QUE NOS COMPETE QUE ES UN EJERCICIO PRÁCTICO:

Dada la siguiente configuración de conexionado del puerto USB 3.0 del DTE:

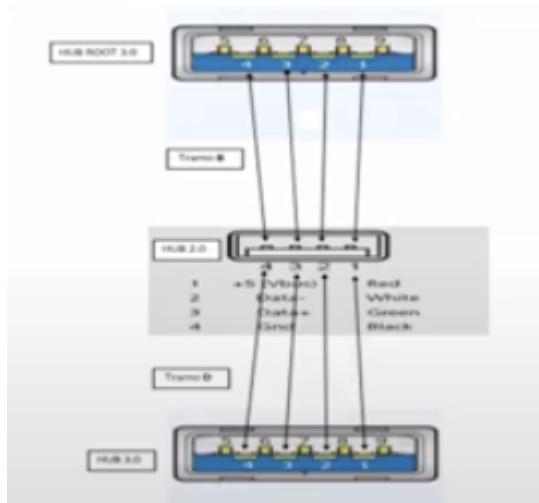


- a) Realice un gráfico del conexionado utilizado en el bus USB del tramo identificado como B y D (retrocompatibilidad) hasta el Hub Raíz indicando los pines involucrados en cada caso.

Bueno según el gráfico hay que pasar de 3.0 a 2.0 y de 2.0 a 3.0. Así que como explique antes uso solo los pines para 1,2,3 y 4:



Entonces básicamente el punto se resuelve así: Con este gráfico que no se ve un culo.

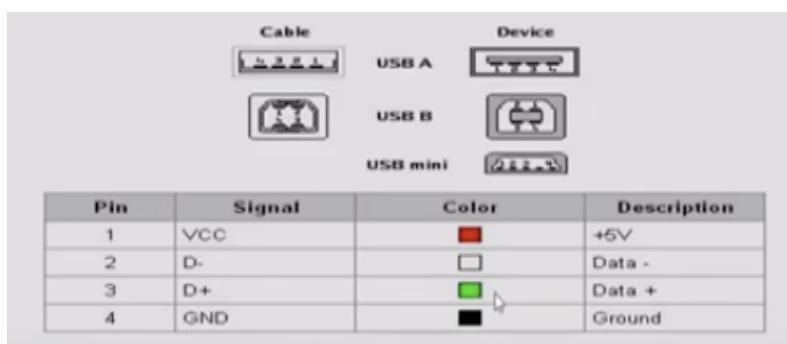


Si me dan un USB 3.2 tenemos que tener en cuenta que ya usamos un conector tipo C pero de igual forma vamos a usar solo los 4 pines del USB 2.0.

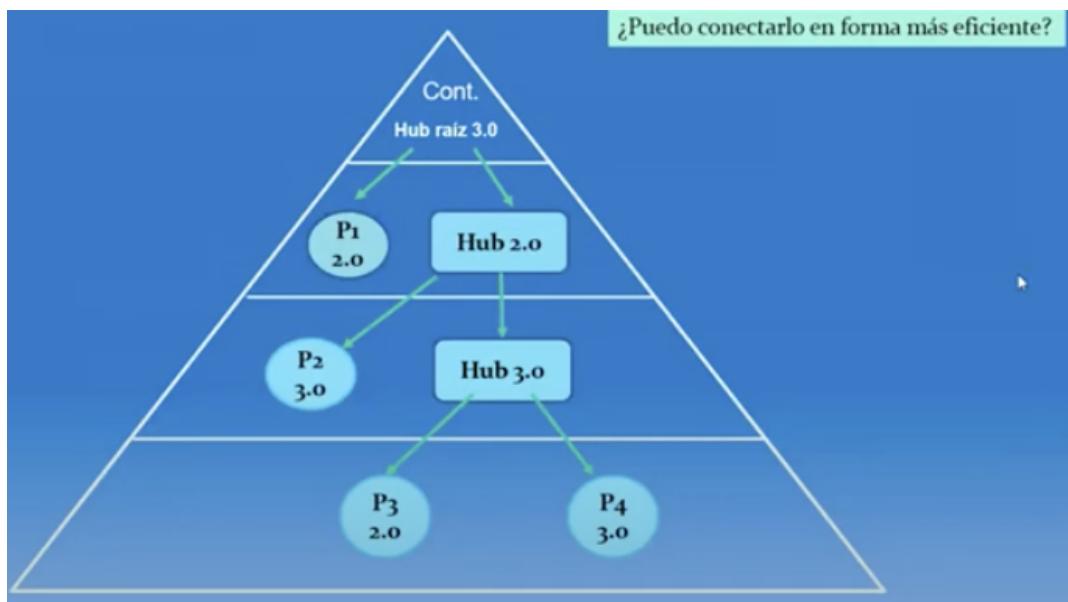
Si me piden la retrocompatibilidad de un USB 3.2 con la de un 3.0 es como está más arriba pero ahí tenemos que tener en cuenta que el tipo de transmisión ya va a ser full-duplex.

#### b) ¿Cuál es el tipo de transmisión en dicho tramo?

En ambos tramos el tipo de transmisión es half-duplex porque es 2.0 (siempre el más pijudo se adapta al más choto). Es half-dúplex porque tiene solo una línea de transmisión con 2 conductores por eso puede transmitir en uno u otro sentido pero no en forma simultánea.



c) Grafique la arquitectura completa del bus USB 3.0 que interconecta los periféricos con el DTE.



Básicamente es lo mismo que el grafito que nos dieron pero así.

Empezamos por el Hub raíz que es un 3.0 que se conecta con un DCE (pendrive 2.0 - P1 periférico 1) y con un Hub 2.0 que a su vez está conectado con otro DCE (disco duro 3.0 - P2) y con otro Hub 3.0 que a su vez se conecta con dos DCE (un pendrive 3.0 P4 y con un disco duro 2.0 P3).

#### ¿Se puede conectar de forma más eficiente?

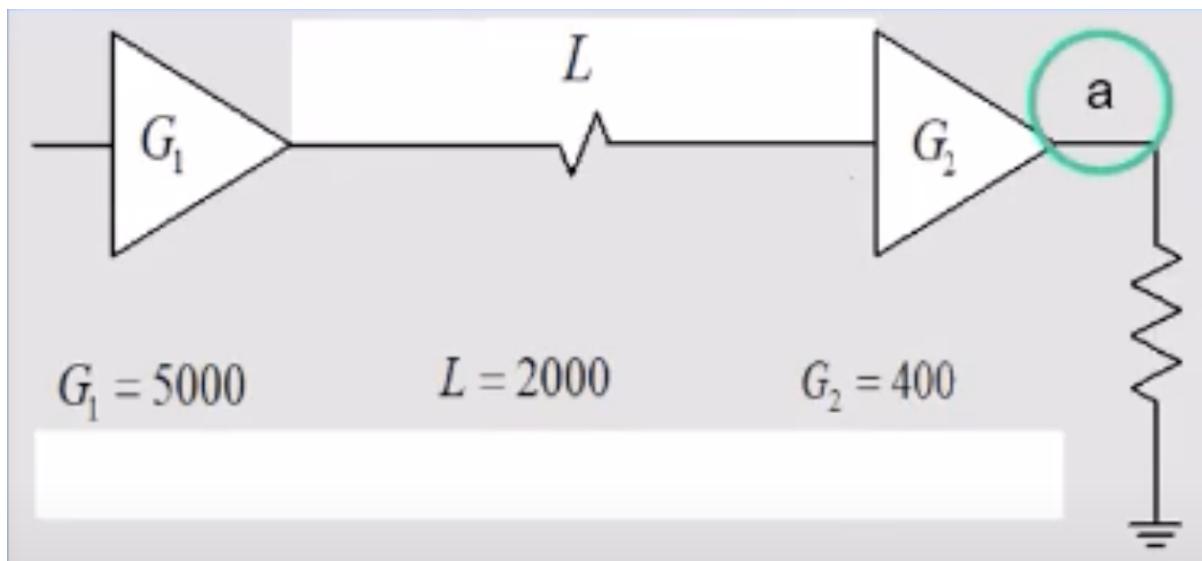
Si, cada hub va a introducir ruido así que si saco uno de los hubs y evitó la cascada. Se fue por las ramas y no terminó de explicar bien esto. Yo creo que se sacaría el Hub 2.0 que no sirve para basta y metería el P2 en el Hub raíz.

## Ejercicios de Potencia en circuitos y DB

EJERCICIO 1:

✓ Para el sistema de comunicación de la figura determine:

- Ganancia absoluta de todo el enlace (punto a)
- Ganancia en el punto (a) en dB.
- Ganancia o Atenuación en dB, para cada tramo del enlace.



$$G_1 = 5000$$

$$L = 2000$$

$$G_2 = 400$$

$G_1$  y  $G_2$  son amplificadores.  $L$  es la atenuación o pérdida.

a) En un sistema en cascada la ganancia total es el producto de todas las ganancias:

Sabemos que la ganancia ( $G$ ) es igual a  $1/L$ :

$$(a) \quad G = 1/L$$

$$G = G_1 \left( \frac{1}{L} \right) G_2 = 5000 \times \frac{1}{2000} \times 400 = 1000$$

Esto quiere decir que si yo tengo un V a la entrada voy a tener 1000 V a la salida.

b) Para pasar esto a db tengo que aplicar la fórmula de la ganancia en db:

(b)

$$G_{\text{db}} = 10 \log 1000 = 10 \times 3 = 30 \text{ dB}$$

c) Los tramos a identificar serían  $G_1$  donde se amplifica,  $L$  porque hay una atenuación de la señal,  $G_2$  porque se vuelve a amplificar. Cada uno de estos puntos los vamos a calcular con la formula de db ( $X = 10 \log X$ ):

(c)

$$G_{1\text{dB}} = 10 \log G_1 = 10 \log 5000 = 10 \times 3.7 = 37 \text{ dB}$$

$$L_{\text{dB}} = 10 \log L = 10 \log 2000 = 10 \times 3.3 = 33 \text{ dB}$$

$$G_{2\text{dB}} = 10 \log G_2 = 10 \log 400 = 10 \times 2.6 = 26 \text{ dB}$$

$$G_{\text{dB}} = G_{1\text{dB}} - L_{\text{dB}} + G_{2\text{dB}} = 37 - 33 + 26 = 30 \text{ dB}$$

Para calcular la ganancia total: L se resta porque es atenuación.

➤  $G_{\text{dB}\text{a}} = 37 \text{ dB} - 33 \text{ dB} + 26 \text{ dB} = 30 \text{ dB}$

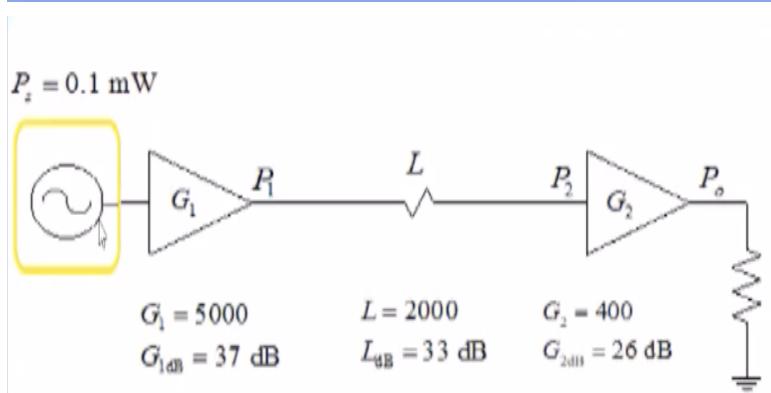
**Operaciones validas entre dB y dBm:**

- $\text{dB} \pm \text{dB} = \text{dB}$
- $\text{dB} \pm \text{dBm} = \text{dBm}$
- $\text{dBm} \pm \text{dBm} = \text{dB}$
- $\text{dBm} \pm \text{dBm} \neq \text{dBm}$

EJERCICIO 2:

✓ Una fuente sinusoidal se encuentra conectada al sistema del ejemplo anterior.  
Determine:

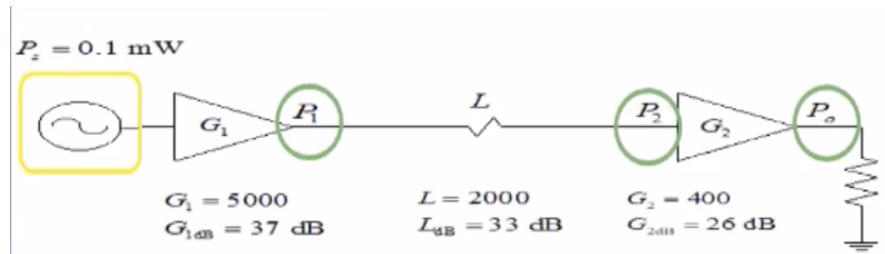
- ✓ (a) niveles de potencia en watts en todas las uniones.
- ✓ (b) niveles de potencia en dBm en todas las uniones.



Este ejercicio es parecido al anterior pero se le suma una fuente de alimentación alterna con

una potencia  $P_s$  de 0.1 mW.

a)



(a)

$$P_1 = G_1 P_s = 5000 \times 0.1 \text{ mW} = 500 \text{ mW} = 0.5 \text{ W}$$

$$P_2 = \frac{P_1}{L} = \frac{500 \text{ mW}}{2000} = 0.25 \text{ mW} = 2.5 \times 10^{-4} \text{ W}$$

$$P_o = G_2 P_2 = 400 \times 0.25 \text{ mW} = 100 \text{ mW}$$

$$= 0.1 \text{ W}$$

Como es la wea esta, muy facil, tenes la potencia de entrada  $P_s$ . La fórmula de potencia es  $G \times P(\text{anterior})$  entonces  $P_1 = G_1 \times P_s$  (hace lo mismo para calcular  $P_o$ ). Pero para  $P_2$  tiene en cuenta que  $G = 1/L$  entonces hace  $P_2 = P_1 \times 1/L$ .

**HAY QUE PRESTAR ATENCIÓN QUE ME PIDE LA POTENCIA EN W Y AHI ME DA EN MW ASÍ QUE HAY QUE CONVERTIRLO.**

b) Este punto te pide la potencia en dBm asi que tenes que tomar la potencia de la señal de entrada  $P_s$  y la tenes que referenciar a un mW:

$$P_s(\text{dBm}) = 10 \log \left( \frac{P_s(\text{mW})}{1 \text{ mW}} \right) = -10 \text{ dBm}$$

Entonces ya con los datos que me daban puedo sacar las potencias en el resto de los puntos ( $G1[\text{dB}]$ ,  $L[\text{dB}]$  y  $G2[\text{dB}]$  me lo da el enunciado):

$$P_1(\text{dBm}) = P_s(\text{dBm}) + G_{1\text{dB}} = -10 + 37 = 27 \text{ dBm}$$

$$P_2(\text{dBm}) = P_1(\text{dBm}) - L_{\text{dB}} = 27 - 33 = -6 \text{ dBm}$$

$$P_o(\text{dBm}) = P_2(\text{dBm}) + G_{2\text{dB}} = -6 + 26 = 20 \text{ dBm}$$

En este punto es clave ver la tablita **Operaciones validas entre dB y dBm**.

### EJERCICIO 3:

- Si en un determinado punto de un enlace, la potencia de la señal es de **5 mW** y la potencia de ruido de **100 nW**. Determine la relación (S/N): absoluta , en dB y dBm.

Para calcular esto tengo que pasar todo a mW:

$$(S/N) = \frac{5 \text{ mW}}{10^{-4} \text{ mW}} = 5 \times 10^4$$

Esto me dice que la señal es 50.000 veces más grande que el ruido.

$$(S/N)_{\text{dB}} = 10 \log (S/N) = 10 \log 5 \times 10^4 = 47 \text{ dB}$$

Para calcular la relación S/N en dBm paso la potencia y en ruido (N) a dBm con la fórmula:

$$P_{s \text{ dBm}} = 10 \log (5 \text{ mw}/1 \text{ mW}) = 7 \text{ dBm}$$

$$N_{\text{dBm}} = 10 \log (1 \times 10^{-4} \text{ mW}/1 \text{ mw}) = -40 \text{ dBm}$$

Entonces podemos calcular la relación señal/ruido restando Ps con el ruido. Y si opero con dBm y dBm obtengo dB:

$$(S/N)_{\text{dBm}} = P_{s \text{ dBm}} - N_{\text{dBm}} = 7 - (-40) = 47 \text{ dB}$$



## Análisis de Fourier:

Si me dan una **señal cuadrada** y tengo que sacar el espectro de frecuencia no tengo componente continua ( $a_0=0$ ), no tiene términos cosenoideales ( $a_n=0$ ) y si  $n$  es par  $b_n=0$  pero si es **ímpar** la resultante va a ser la fundamental:

$f(t) = \frac{4}{\pi} [\sin(\omega_0 t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega_0 t) + \frac{1}{5} \sin(5\omega_0 t) + \dots]$  hasta el infinito fundamental

primer armónica (3 veces la frecuencia de la fundamental)

segunda armónica (5 veces la frecuencia de la fundamental)

Para graficar nuestro  $x$  van a ser las frecuencias y nuestro  $y$  la amplitud. Entonces si la fundamental estaba en 1Hz la primera armónica va a estar en 3Hz y la segunda en 5Hz y así...



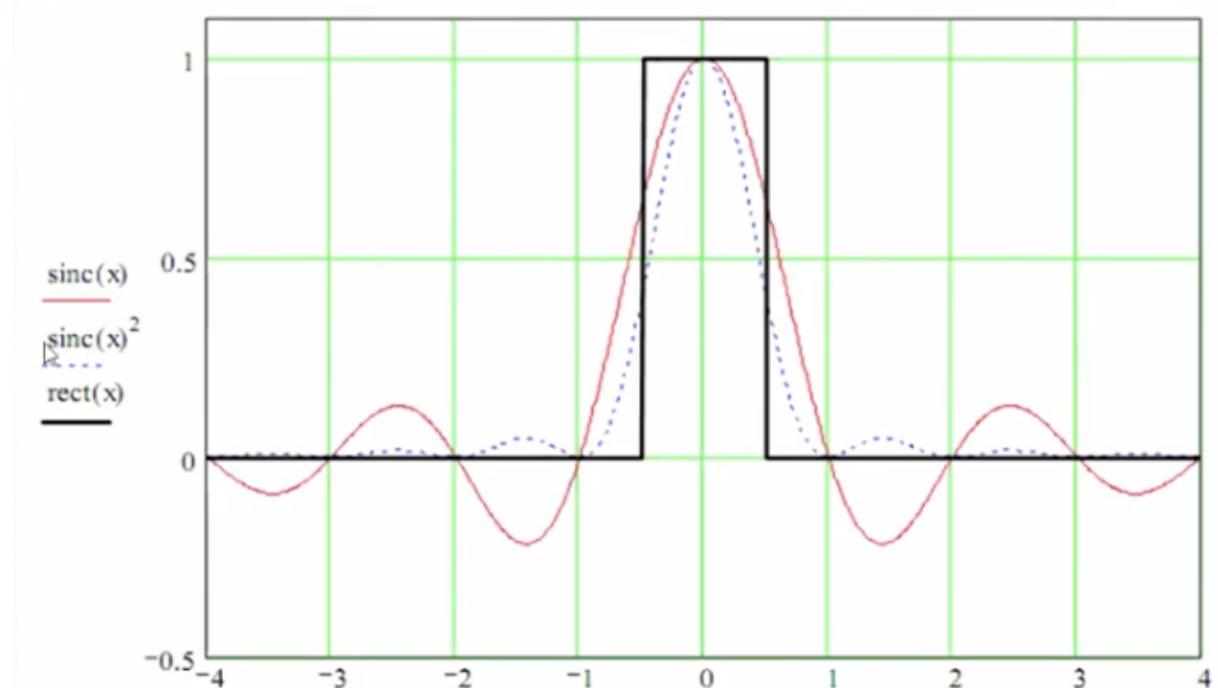
Acá hay que tener en cuenta lo siguiente:

La Serie de Fourier nos permite verificar la distribución de un espectro de una señal **periódica**.

El espectro de frecuencia de una señal **no periódica** es **continuo** porque  $T$  tiende al infinito y mantenemos el pulso cte eso en la gráfica hace que la distancia tienda a cero porque  $\omega_0$  se va haciendo más chico tiendiendo a cero.

## Preguntas frecuentes:

¿Qué representa en el gráfico la función  $\sin(x)$ ?

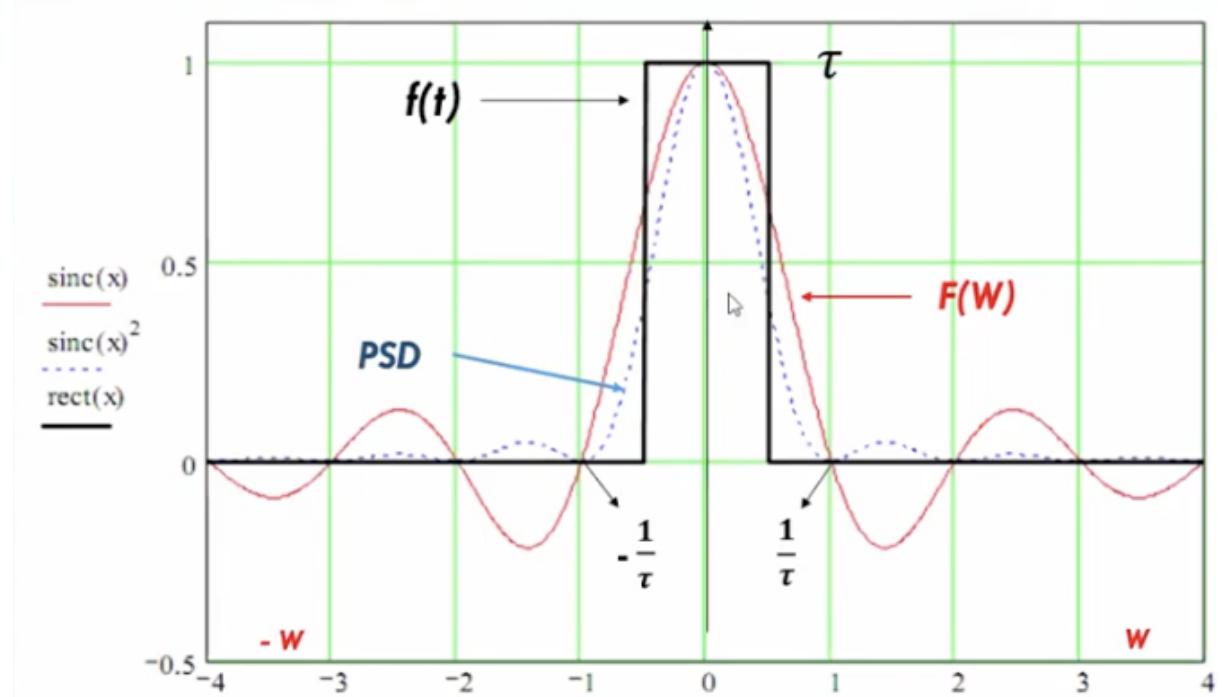


**sen(x)** me muestra como varía la amplitud de la señal (que en este caso es la tensión) respecto a la frecuencia.

¿Qué representa en el gráfico la función  $\text{sen}(x)^2$ ?

$$P = V I = V^2/R \text{ porque } I = V/R$$

P(normalizada) es para 1[ohm] entonces  $P(\text{normalizada}) = V^2$  entonces  $\text{sen}(x)^2$  nos va a describir la distribución espectral de potencia (la variación de la potencia en función de la frecuencia). Al ser al cuadrado no tiene valores negativos.



¿Cuál es el valor de la frecuencia más alta? ¿El de la más baja?

En el mundo matemático es de +infinito a -infinito (**ancho de banda absoluto**).

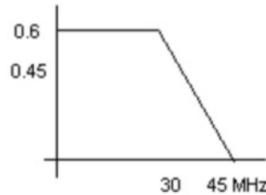
En el mundo real uso las frecuencias con más energías (**frecuencia absoluta y las primeras armónicas**). Se puede considerar el primer nulo o según Nyquist la mitad de la energía. Básicamente se busca el punto en donde haya mayor concentración de energía. (Aca atenti porque se puede relacionar con los filtros pasa-banda).

Siempre debo adaptar mi señal al canal de comunicación.

### Ejemplo de este tipo:

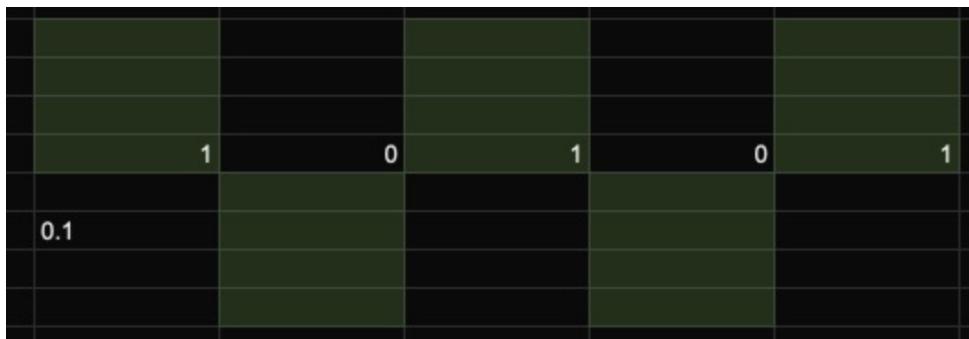
2. Un par trenzado es aproximadamente un filtro con las características de la siguiente figura. Dicha figura muestra la cantidad de atenuación de la señal en función de la frecuencia. Supongamos que enviamos una señal cuadrada compuesta de 1 y 0 alternados, donde el uno se codifica con 5 volts y los 0 con -5 volts y donde la duración de cada bit es de 0.1 microsegundos.

- a) Encuentre y dibuje el espectro en frecuencia de la señal a la salida del cable, indicando valores.



Este filtro es un pasa bajo que mientras la frecuencia sea entre 0 y 30 MHz deja pasar todo con una atenuación de 0.6 db. A partir de los 45 MHz no pasa nada.

Si calculo el periodo sería  $T=T_{\text{bit}}/2 = 0.1/2 = 0.2$  osea la onda es mas o menos así;



Frecuencia fundamental es  $f=1/T$  entonces  $f=1/0.2 = 5 \text{ MHz}$

La amplitud de la armónica sería  $4*A/\pi = (4 * 5\text{MHz})/\pi = 6.36$  para la primer armónica. Esto me va a servir para graficar la amplitud de cada frecuencia en el espectro. Notar que este valor tiene que ir disminuyendo a medida que aumentan las frecuencias

Frecuencias impares: 3, 5 y 7 (a partir de 9 no pasa mas porque supera los 45MHz)  
 5MHz, 15MHz (3 veces 5MHz), 25MHz (5 veces 5MHz) y 35MHz (7 veces 5MHz)

Bien ahora la papota para graficar: ya tengo mi eje x que va a ser el eje de las frecuencias 5MHz, 15MHz, 25MHz y 35MHz.

También tengo la amplitud para la fundamental 6.36, ósea en la frecuencia 5 mi amplitud (eje y) va a ser 6.36.

Ya para la primer armónica (que está en 15MHz) tengo que hacer:  $6.36/3*0.6 = 3.53$

Para la segunda armónica (que está en 25MHz) tengo que hacer:  $6.36/5*0.6 = 2.12$

Para la tercer armónica (que está en 35MHz) tengo que hacer:  $6.36/7*0.6 = 1.51$

## Ejercicio de conexionado mínimo de DB-25 o DB-9

Para resolver estos ejercicios de mierda que suelen ser de este estilo:

- ¿Cuántos cables serán necesarios para establecer una transmisión entre 2 estaciones? En paralelo, serial asincrónica, por código manchester
- Diseñar un cable para unir un pc con un modem utilizando db9 o db25
- Realizar el conexionado de dos dispositivos por puerto serie o paralelo.
- Hay que conectar una pc con un scanner por un puerto paralelo y transmitir una imagen de 160 kb.
- También pueden tocar de este estilo pero con usb en vez de los puertos del orto estos que están obsoletos, actualicen la materia zánganos hijos de puta te odio miralles.

Tenemos que tener en claro dos cosas, que hace cada pin de los puertos y que se necesita para establecer el tipo de comunicación que nos piden.

Por ejemplo en el que nos piden conectar 2 estaciones vamos a necesitar una conexión DTE-DTE porque ambos hablan y escuchan pero si nos piden un scanner, modem o un lector de código de barras (si, piden estas mierdas) **un DTE-DCE?**

El RS-232 es una interfaz serial y es un protocolo que nos permite hacer la transmisión en serie entre dos dispositivos.

Hay que aprenderse que hace cada puto pin del DB-9 y DB-25 y ver que pines son necesarios para una comunicación, para usb no hace falta TODAVÍA. Siempre se puede ser mas hijo de puta.

### Pines del DB-9 y DB-25

#### *Funciones de los Pines del RS232*

DB9	DB25	MISIÓN	DEFINICION
1	8	DCD	Detección portadora de datos
2	3	RxD	Recepción de Datos
3	2	TxD	Transmisión de Datos
4	20	DTR	Terminal de Datos Listo
5	7	GND Signal	Circuito Común
6	6	DSR	Dispositivo de Datos Listo
7	4	RTS	Petición de Envío
8	5	CTS	Dispositivo de Datos Listo
9	22	RI	Indicador de Llamada (Ring)

Para tener una conexión bien básica necesitamos tener conectados los pines de transmisión y recepción de datos según sea necesario (acordate que el dte transmite y el dce escucha a priori).

También hace falta la señal de GROUND, siempre tiene que estar el retorno o no hay comunicación.

El primer pin drena cargas parásito y solo se conecta si hay garantía de puesta a tierra o se puede quemar el puerto como se me

está quemando la cabeza a mi estudiando esta materia del orto.

Entonces podemos decir que el conexionado mínimo en un DB9 es con los pines 2,3 y 5 y en un DB25 es el 3,2 y 7. Tenemos que acordarnos que si tenemos una conexión DTE-DCE se conectan los pines directamente y si es DTE-DTE la transmisión y recepción se tienen que cruzar o tratarían de transmitirse por el mismo canal y se haría concha la comunicación.

DTE (DB-25)		DCE (DB-25)		
Pin	Nombre	Pin	Nombre	
2	Tx	→	2	Tx
3	Rx	←	3	Rx
7	GND	—	7	GND

DTE (DB-9)		DCE (DB-9)		
Pin	Nombre	Pin	Nombre	
2	Tx	→	2	Tx
3	Rx	←	3	Rx
5	GND	—	5	GND

En estos dos casos tenemos el conexionado mínimo entre un DTE y un DCE con DB25 y DB9 pero como vimos más arriba nos pueden pedir entre dos DTE y también nos podrían pedir algo más que el conexionado mínimo:

Nos pueden pedir que la conexión nos permita realizar un **control de flujo** y con esto lo único que deberíamos agregar serían los pines de Request To Send (RTS) y el Clear To Send (CTS) que nos dicen que quieren transmitir y si ta todo bien para mandar la data.

DTE (DB-25)		DCE (DB-25)		
Pin	Nombre	Pin	Nombre	
2	Tx	→	2	Tx
3	Rx	←	3	Rx
4	RTS	→	4	RTS
5	CTS	←	5	CTS
7	GND	—	7	GND

DTE (DB-9)		DCE (DB-9)		
Pin	Nombre	Pin	Nombre	
2	Tx	→	2	Tx
3	Rx	←	3	Rx
5	GND	—	5	GND
7	RTS	→	7	RTS
8	CTS	←	8	CTS

Y si nos piden de DTE-DTE:

DTE (DB-9)		DTE (DB-9)	
Pin	Nombre	Pin	Nombre
1	DC	1	DC
2	Rx	2	Rx
3	Tx	3	Tx
4	DTR	4	DTR
5	GND	5	GND
6	DSR	6	DSR
7	RTS	7	RTS
8	CTS	8	CTS
9	RI	9	RI

DTE (DB-25)		DTE (DB-25)	
Pin	Nombre	Pin	Nombre
2	Tx	2	Tx
3	Rx	3	Rx
4	RTS	4	RTS
5	CTS	5	CTS
6	DSR	6	DSR
7	GND	7	GND
8	DC	8	DC
20	DTR	20	DTR
22	RI	22	RI

Fijate que tenes la transmisión y recepción cruzada porque se tienen que hablar entre ellos, los clear y request to send cruzados. Siempre los GND conectados y también en este caso DSR y DTR que son dispositivo y terminal de datos listo.

Si te dice “**se desea que el programa corriendo en alguna PC pueda reconocer cuando el equipo remoto se encuentra encendido y listo para iniciar la comunicación**” hay que agregar los puertos DTR y DSR (4 para DB-9, 20 para DB-25 y 6 para cualquiera).

Si te dice “**se desea realizar el control de flujo por HW**” agregas el 7 y 8 para DB-9 (RTS y CTS).

Si te dice “**Se desea conocer cuando falta la portadora... que conexionado utilizaría?**” DCD (Es desde el DCE al DTE)