

## Tema 2°: ASPECTOS FÍSICOS DE LA TRANSMISIÓN DE DATOS

1. Señales Analógicas y Digitales
2. Tipos de Transmisión
3. Métodos de Explotación
4. Medios Físicos de Transmisión
5. Técnicas de Transmisión
6. Códigos de Transmisión
7. Métodos de Control de errores
8. Métodos de Corrección de Errores
9. Módems

La información que se intercambian dos o mas interlocutores constituye un **mensaje** que, en el ámbito de las telecomunicaciones, se define como *el conjunto de señales, signos o símbolos que son objeto de una comunicación a distancia.*

Los servicios de telecomunicaciones son aquellos cuya prestación consiste, en su totalidad o en parte, en la transmisión y conducción de señales por las redes de telecomunicaciones, con excepción de la radiodifusión y la televisión que, según la Ley General de Telecomunicaciones, no son considerados como tales.

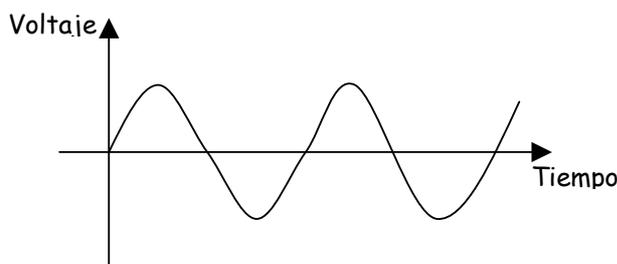
### 2.1.- Señales Analógicas y Digitales.-

La transmisión de señales a través de un medio de comunicación es la manera habitual de hacer llegar un mensaje o información a su destino. Dependiendo de la forma de la señal que se envía y, en consecuencia, los medios de transmisión que se necesitan, se puede hablar de transmisión analógica o transmisión digital.

No todos los medios de comunicación son iguales ni en sus parámetros físicos ni en los lógicos. No todas las líneas pueden transmitir el mismo tipo de señales. A veces, es preciso adecuar la señal al tipo de canal por el que se va a transmitir. Por ejemplo la línea telefónica analógica es adecuada para transmisiones de voz, sin embargo para transmisiones de datos será precisa una línea digital.

#### 2.1.1. - Señales analógicas. -

Señales analógicas son aquellas que representan magnitudes del mundo físico real, es decir, aquellas susceptibles de tomar todos los valores posibles dentro de un rango de la magnitud representada, por lo que su representación gráfica dentro de dicho rango es una función continua

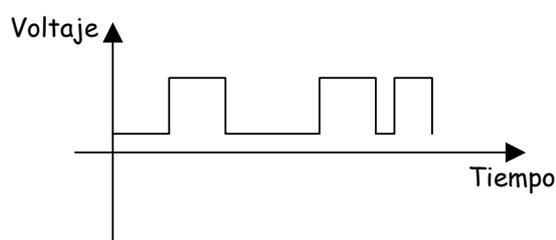


La magnitud representada puede ser cualquier magnitud física: caída de tensión, presión, temperatura, intensidad luminosa, etc. En el caso de redes, la señal normalmente es un voltaje en función del tiempo.

### 2.1.2. - Señales digitales. -

Señales digitales son aquellas que se caracterizan por:

- ♦ *Representan únicamente la presencia o ausencia de señal, esto es, solamente pueden tener dos niveles o adoptar dos valores (esto no siempre es cierto, ya que en determinados casos pueden adoptar un número finito de valores)*
- ♦ *La transición de un nivel a otro no es continua en el tiempo ni puede producirse en cualquier momento sino únicamente se produce en momentos determinados*



La representación gráfica de una señal digital se corresponde con una función escalonada.

Los parámetros que regulan las transmisiones analógicas y digitales son distintos. A lo largo de las diferentes Unidades Didácticas se concretarán estos aspectos.

### 2.2. - Tipos de transmisión. -

Se entiende por **transmisión de los datos** al proceso de transporte de la información codificada de un punto a otro.

En toda transmisión de datos, se ha de aceptar la información, convertirla a un formato que se pueda enviar rápidamente y de forma fiable, transmitir los datos a un determinado lugar y, una vez recibidos de forma correcta, volverlos a convertir al formato que el receptor pueda reconocer y comprender.

Todas esas acciones forman el proceso de transmisión, por lo que puede dividirse el proceso de transmisión de los datos en tres funciones: edición, conversión y control.

- ♦ *Las funciones de edición dan el formato adecuado a los datos y se encargan de controlar los errores*
- ♦ *Las funciones de conversión se encargan de convertir los datos al formato adecuado*

- ♦ *Las funciones de control se ocupan del control de la red y del envío y recepción de mensajes*

Todas estas funciones se implementan por medio de **protocolos**.

Como la transmisión se refiere a los parámetros físicos del transporte de señales, pueden hacerse múltiples clasificaciones:

### 2.2.1. - Tipos de transmisión atendiendo a la transmisión propiamente dicha. -

Cuando un Equipo Terminal de Datos (ETD) de un emisor quiere desplazar información a través de un circuito de datos, debe emplear un **código** concreto con el que significar los datos. Comúnmente, en las transmisiones entre terminales no inteligentes y sus ordenadores centrales, suele utilizarse el código **ASCII** (*American Standard Code for Information Interchange*). Cada palabra (en el sentido informático del término, esto es el conjunto de 8 bits de información) representa un carácter ASCII.

No todos los equipos suministran la información de la misma manera a la línea de datos, por lo que tiene sentido estudiar los diferentes modos en que se puede producir esta entrega.

### Códigos ASCII

Caracteres no imprimibles				Caracteres imprimibles									
Nombre	Dec	Hex	Car.	De c	Hex	Car.	De c	Hex	Car.	De c	Hex	Car.	
Nulo	0	00	NUL	32	20	Espacio	64	40	@	96	60	`	
Inicio de cabecera	1	01	SOH	33	21	!	65	41	A	97	61	a	
Inicio de texto	2	02	STX	34	22	"	66	42	B	98	62	b	
Fin de texto	3	03	ETX	35	23	#	67	43	C	99	63	c	
Fin de transmisión	4	04	EOT	36	24	\$	68	44	D	100	64	d	
Enquiry	5	05	ENQ	37	25	%	69	45	E	101	65	e	
acknowledge	6	06	ACK	38	26	&	70	46	F	102	66	f	
Campanilla (beep)	7	07	BEL	39	27	'	71	47	G	103	67	g	
Backspace	8	08	BS	40	28	(	72	48	H	104	68	h	
Tabulador horizontal	9	09	HT	41	29	)	73	49	I	105	69	i	
Salto de línea	10	0A	LF	42	2A	*	74	4A	J	106	6A	j	
Tabulador vertical	11	0B	VT	43	2B	+	75	4B	K	107	6B	k	
Salto de página	12	0C	FF	44	2C	,	76	4C	L	108	6C	l	
Retorno de carro	13	0D	CR	45	2D	-	77	4D	M	109	6D	m	
Shift fuera	14	0E	SO	46	2E	.	78	4E	N	110	6E	n	
Shift dentro	15	0F	SI	47	2F	/	79	4F	O	111	6F	o	
Escape línea de datos	16	10	DLE	48	30	0	80	50	P	112	70	p	
Control dispositivo 1	17	11	DC1	49	31	1	81	51	Q	113	71	q	

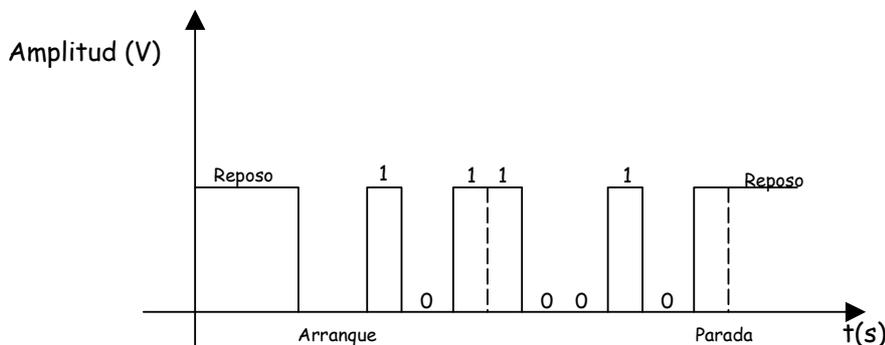
Control dispositivo 2	18	12	DC2	50	32	2	82	52	R	114	72	r
Control dispositivo 3	19	13	DC3	51	33	3	83	53	S	115	73	s
Control dispositivo 4	20	14	DC4	52	34	4	84	54	T	116	74	t
neg acknowledge	21	15	NAK	53	35	5	85	55	U	117	75	u
Sincronismo	22	16	SYN	54	36	6	86	56	V	118	76	v
Fin bloque transmitido	23	17	ETB	55	37	7	87	57	W	119	77	w
Cancelar	24	18	CAN	56	38	8	88	58	X	120	78	x
Fin medio	25	19	EM	57	39	9	89	59	Y	121	79	y
Sustituto	26	1A	SUB	58	3A	:	90	5A	Z	122	7A	z
Escape	27	1B	ESC	59	3B	;	91	5B	[	123	7B	{
Separador archivos	28	1C	FS	60	3C	<	92	5C	\	124	7C	
Separador grupos	29	1D	GS	61	3D	=	93	5D	]	125	7D	}
Separador registros	30	1E	RS	62	3E	>	94	5E	^	126	7E	~
Separador unidades	31	1F	US	63	3F	?	95	5F	_	127	7F	DEL

#### ❖ Transmisión Asíncrona. -

Se entiende por **Sincronismo** el procedimiento por el cual un emisor y un receptor se ponen de acuerdo sobre el instante preciso en el que empieza o acaba una información que se ha puesto en el medio de transmisión.

La sincronización, por tanto, requiere la definición común de una **base de tiempos** sobre la que medir los distintos eventos que ocurran durante la transmisión. Un error de sincronismo implicará la imposibilidad de interpretar correctamente la información a partir de las señales que viajan por el medio.

Una transmisión es **asíncrona** cuando *el proceso de sincronización entre emisor y receptor se realiza en cada palabra de código transmitida*. Esto implica que por cada carácter emitido sea necesario transmitir un **bit de arranque** (bit 0), seguido de 7 u 8 bits de información que identifican el carácter según el código ASCII, y termina con un **bit de parada** (bit 1).



Puesto que la sincronía de la transmisión se restaura en cada carácter, este sistema de transmisión es poco sensible a los problemas que producen las faltas de sincronismo una vez se

ha fijado la velocidad de transmisión de los bits. El inconveniente principal de este método es que se aumenta mucho la cantidad de bits que se envían en cada comunicación.

Por ejemplo, si se considera un sistema de transmisión asíncrona con un bit de arranque, ocho bits informativos por cada carácter de código y un bit de parada se producirán ráfagas de transferencia de 10 bits por cada carácter transmitido. Una falta de sincronía afectará como mucho a los 10 bits emitidos, pero la llegada del siguiente carácter, con su nuevo bit de arranque, producirá una resincronización del proceso de transmisión.

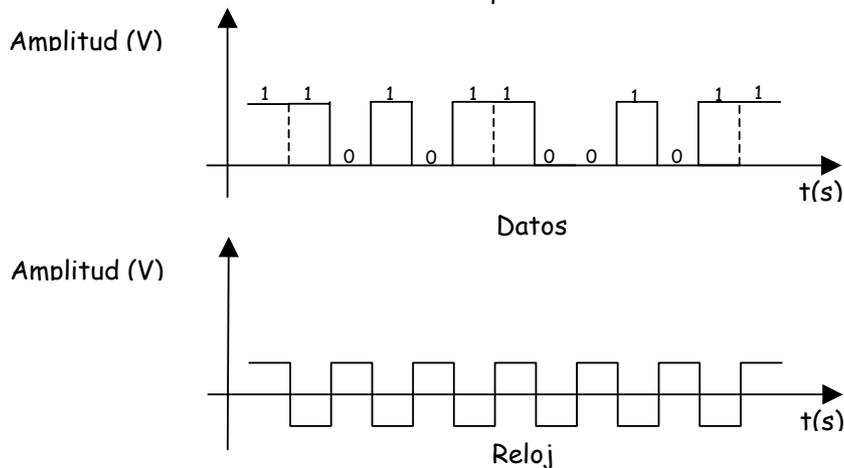
#### ❖ Transmisión síncrona. -

La transmisión es **síncrona** cuando se efectúa sin atender a las unidades de comunicación básicas, normalmente caracteres, esto es, cuando se lleva a cabo la sincronización utilizando los mismos cambios de estado en las señales emitidas.

Emisor y receptor se encargan de la sincronización de modo que sean capaces de reconstruir la información original. Esto exige que los dos extremos de la comunicación sincronicen correctamente sus relojes, con objeto de asegurar una duración del bit constante e igual en ambos extremos.

En las transmisiones síncronas se suelen utilizar caracteres especiales para evitar los problemas de pérdidas de sincronía en los caracteres informativos transmitidos. Al empezar la transmisión, se envían una serie de caracteres de sincronismo (**SYN**) que están formados por una combinación de 0 y 1 (concretamente 0010110 en el código ASCII) tales que si se produce un desplazamiento de sus bits, el receptor es capaz de conocer sin lugar a dudas que hubo un desplazamiento.

El modo de transmisión síncrona permite velocidades de transmisión mayores que la transmisión asíncrona, al utilizar menos bits en cada comunicación (no debe olvidarse que en la transmisión síncrona no son necesarios los bits de arranque y parada que acompañan a cada carácter en la transmisión asíncrona) obteniendo un mejor rendimiento de la línea de datos. Además es menos sensible al ruido eléctrico que la transmisión asíncrona.



En el ejemplo de la transmisión asíncrona la emisión de un carácter conlleva la emisión de 8 bits de información mas 1 bit de arranque mas 1 bit de parada, por lo que el rendimiento será:

$$R = \frac{8}{(8+1+1)} * 100 = 80'0\%$$

Donde se ha definido el rendimiento como la relación porcentual existente entre los bits informativos enviados y el número total de bits transmitidos.

Sin embargo, si se considera una transmisión de información de 1 kB enviado sincrónicamente en una línea, el protocolo de comunicaciones prevé el envío de tres caracteres SYN (arranque y parada) cada 256 bytes, por lo que habrá de añadirse 8 caracteres SYN, con lo que el rendimiento será:

$$R = \frac{1024 * 8}{(1024 + 12) * 8} * 100 = 99'03\%$$

#### ❖ Tipos de sincronismo. -

De todo lo expuesto anteriormente se deduce la necesidad de una perfecta sincronización en los procesos de comunicación y, en su defecto, un buen diseño de los mecanismos correctores de las faltas de sincronía.

Por ejemplo, si se desea enviar un mensaje consistente en una página de texto, podría dividirse esta en renglones, cada renglón se transmitirá con un campo de cabecera al principio seguida de la información propia del renglón. Cuando se acabe de transmitir éste, se enviará un campo finalizador del renglón. Se procederá así con todos los renglones hasta finalizar la página, momento en el cual se transmitirá un campo de fin de página que implicará el inicio de la página siguiente.

Todos estos campos indicadores de los recursos de la comunicación y su operativa de funcionamiento constituyen el *protocolo de sincronismo* de bloque.

**Sincronismo de bit** es aquel que se encarga de determinar el momento preciso en que comienza o acaba la transmisión de un bit. En transmisiones asíncronas se consigue iniciando el reloj del receptor en el mismo instante en que llega el bit de arranque de cada carácter. Si la base de tiempos de los relojes del emisor y el receptor es aproximadamente la misma, cada bit quedará determinado por su duración temporal.

La coincidencia en las bases de tiempo del emisor y el receptor obliga a predeterminar la velocidad de transferencia en la etapa inicial de la transmisión.

En el caso de la transmisión síncrona, es la propia señal de reloj, transmitida por la línea junto con los datos, la que se encarga de efectuar el sincronismo de bit.

**Sincronismo de carácter** es el que se ocupa de determinar cuáles son los bits que componen cada palabra transmitida en el código elegido para efectuar la transmisión, esto es,

es aquel que debe establecer las fronteras entre caracteres y saber cual es el primer y último bit de cada carácter.

En la transmisión asíncrona la sincronía de carácter la determinan los bits de arranque y de parada, mientras que en las transmisiones síncronas, los caracteres especiales enviados (SYN) son los encargados de establecer las divisiones entre los distintos bloques informativos. A partir de estos bloques el receptor averigua las fronteras entre caracteres. La responsabilidad del sincronismo de carácter recaen en el *protocolo de comunicaciones* utilizado.

**Sincronismo de bloque** es el proceso de sincronismo mas avanzado. Para ello se define un conjunto de caracteres especiales (tomados normalmente de los caracteres de control del código ASCII), que fragmenta el mensaje en bloques y que deben llevar una secuencia determinada. Las faltas de sincronía se detectan cuando se rompe esta secuencia previamente fijada por el *protocolo de comunicaciones*.

**Sincronismo de trama.** Cuando la información, en el modo síncrono, no se transmite toda de una vez, sino que se realiza en secciones denominadas *paquetes* o *tramas*, es preciso establecer un procedimiento que permita identificar qué carácter de los recibidos es el primero de la trama. Dicho procedimiento suele incluir, como mínimo cinco partes:

1. Los **bits de sincronismo** o flags, indican al receptor el comienzo y el final de un bloque (sincronismo de carácter y de bloque).
2. El **campo de control** indica una acción del protocolo. También suele contener un número de secuencia de trama que sirve para que el receptor pueda ordenar las tramas que forman el mensaje (un mensaje largo se divide en varios bloques)
3. El **campo de dirección** identifica la estación emisora y/o la receptora
4. Los **datos del usuario** tienen un campo propio y lo forman los caracteres del mensaje a transmitir. Los bloques de supervisión no suelen incluir este campo.
5. El **campo de comprobación de errores** permite detectar si la transmisión del bloque ha sufrido la alteración (pasar de "1" a "0" o viceversa) de alguno o algunos de sus bits. La técnica mas utilizada para la detección de errores en la transmisión síncrona es la CRC (Cyclic Redundancy Check).

Este sincronismo es responsabilidad del *protocolo de comunicaciones* utilizado.

### **2.2.2. - Tipos de transmisión atendiendo al medio de transmisión. -**

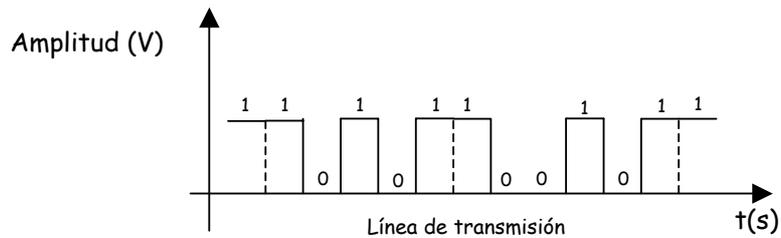
Independientemente del código elegido para efectuar la transmisión, los datos deben viajar por las líneas de comunicación.

No todas las líneas de comunicación efectúan la transmisión del mismo modo e incluso un canal de comunicación puede estar compuesto por una o mas líneas y estas líneas pueden

tener diferentes funciones: control, datos, etc. Esta clasificación se refiere a aquellas líneas de un canal de transmisión que tienen como misión el flujo de datos.

#### ❖ Transmisión en serie. -

Se dice que una transmisión es **en serie** cuando *todas las señales se transmiten por una única línea de datos secuencialmente*

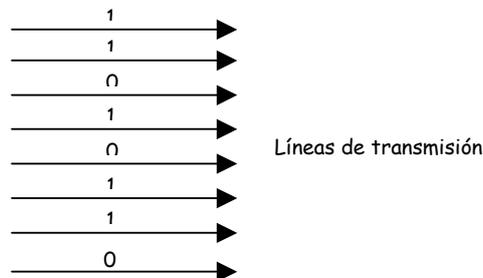


Esta forma de datos es más adecuada para transmisiones a largas distancias. Los bits se transmiten en cadena por la línea de datos a una velocidad constante negociada por el transmisor y el receptor.

Ejemplos clásicos de transmisiones en serie son las producidas en la conexión de un ordenador a un módem, del módem a la línea telefónica o del ratón (AT) al ordenador personal.

#### ❖ Transmisión en paralelo. -

Se dice que una transmisión es **en paralelo** cuando *se transmiten simultáneamente un grupo de bits, uno por cada línea del mismo canal*. Los agrupamientos de bits pueden ser caracteres u otras asociaciones, dependiendo del tipo de canal.



En una primera aproximación, para una misma tecnología de transmisión en los medios conductores, una transmisión en paralelo será  $n$  veces más rápida que su equivalente en serie, donde  $n$  es el número de líneas.

Sin embargo, la complejidad de un canal paralelo y los condicionamientos eléctricos hacen que exista una mayor dificultad en emplear este tipo de canales a grandes distancias, por lo que suelen utilizarse en ámbitos locales, como es la comunicación entre un ordenador personal y su impresora.

#### 2.2.3. - Tipos de transmisión atendiendo a la señal emitida. -

Como ya se ha indicado anteriormente, las transmisiones pueden clasificarse, según la señal emitida, en **analógicas** y **digitales**.

Si la señal es analógica es capaz de tomar todos los valores posibles en un rango, diciéndose que la **transmisión** es **analógica**. Por su parte, cuando la transmisión es **digital** quiere indicarse que la señal emitida sólo puede tomar un conjunto de valores discretos dentro del rango de definición.

#### **2.2.4. - Tipos de transmisión atendiendo al tipo de modulación. -**

En ocasiones, la transmisión a través de líneas de comunicación exige una modulación (es decir, una conversión usada para la transmisión de señales digitales sobre líneas de transmisión analógicas) para que se produzca esa adecuación necesaria entre las líneas y los equipos. Si la transmisión se realiza sin ningún proceso de modulación, se dice que la transmisión opera en **banda base**.

Por el contrario, si se exige un proceso de modulación previo, se dice que la transmisión se produce en **banda ancha**.

Aunque posteriormente se ampliarán estos conceptos, conviene indicar ahora los *tipos de modulación* que se pueden utilizar:

- ♦ **Modulación de amplitud (ASK).**- en la que a cada valor de la señal digital se le hace corresponder una amplitud distinta de la señal analógica (para un valor binario 0 se envía una amplitud 0, pero para un valor binario 1 se envía una amplitud distinta de cero). Se emplea muy poco en transferencia de datos y siempre a muy bajas velocidades de transmisión ya que es muy susceptible a las interferencias de la línea.
- ♦ **Modulación de frecuencia (FSK).**- en la que a cada valor de la señal digital se hace corresponder una frecuencia de la señal analógica (para un valor binario 0 se envía una frecuencia determinada y para un valor binario 1 se envía otra frecuencia distinta). Se emplea para velocidades de transmisión iguales o inferiores a 1200 bps.
- ♦ **Modulación de fase (PSK).**- en la que a cada valor de la señal digital se le hace corresponder con un desfase de la señal analógica (para un valor binario 0 se modifica la fase y para un valor binario 1 no se modifica). Se emplea para velocidades de transmisión superiores a 1200 bps.

Para velocidades elevadas se utiliza la modulación de fase, combinada con la modulación de amplitud.

#### **2.3. - Métodos de explotación. -**

Una vez definidas las características de los medios de transmisión, hay que fijarse en las técnicas de operación necesarias para que se produzca una explotación eficaz del circuito.

Las comunicaciones pueden agruparse en tres grandes apartados, dependiendo del régimen de explotación de las mismas.

### 2.3.1. - Comunicación simplex. -

Una comunicación es **simplex** si están perfectamente determinadas las funciones del emisor y del receptor y la transmisión de datos se efectúa exclusivamente en una dirección: de emisor a receptor.

La distribución de señales de televisión analógica es un claro ejemplo de comunicación simplex. La estación emisora transmite las señales a los receptores de televisión sin que haya posibilidad de que éstos interactúen contra la estación emisora.

En la comunicación simplex se dice que hay un *único canal físico* y un *único canal lógico unidireccional*.

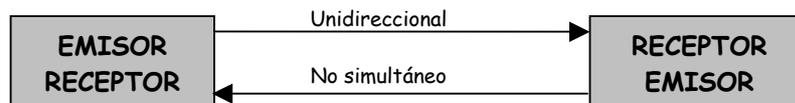


### 2.3.2. - Comunicación semidúplex. -

En las comunicaciones **semidúplex** (*half duplex*) la comunicación puede ser bidireccional, es decir emisor y receptor pueden intercambiarse los papeles, *sin embargo, la bidireccionalidad no puede ser simultánea*. Cuando el emisor transmite, el receptor necesariamente recibe. Posteriormente, el receptor puede ejercer como nuevo emisor con la condición de que el antiguo emisor se convierta en nuevo receptor.

Un ejemplo clásico de comunicación semidúplex son las emisiones de radioaficionados, donde se emplean códigos vocales especiales ("cambio") para que se produzca la conmutación de papeles de emisor y receptor.

En la comunicación semidúplex hay un *único canal físico* y un canal lógico bidireccional.

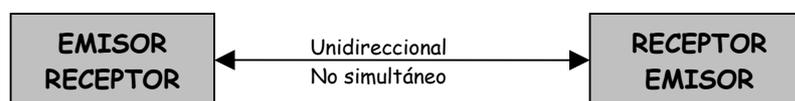


### 2.3.3. - Comunicación dúplex. -

En la comunicación **dúplex** la comunicación es *bidireccional y además simultánea*. En ella el emisor y el receptor no están perfectamente definidos y ambas Estaciones Terminales de Datos (ETD) actúan como emisor y receptor simultáneamente.

Una conversación telefónica es un ejemplo claro de comunicación dúplex. En ella, ambos interlocutores pueden hablar simultáneamente.

En las comunicaciones dúplex se suele decir que hay un canal físico y dos canales lógicos. Esta afirmación es un tanto abstracta, puesto que muchos circuitos de datos dúplex consiguen la bidireccionalidad añadiendo más líneas físicas para la transmisión, por ejemplo, asociando dos circuitos simplex, si bien requiere un control exquisito de la comunicación por parte del emisor y del receptor.



## 2.4.- Medios físicos de transmisión

El medio de transmisión es el soporte físico que facilita el transporte de la información. Es la parte fundamental en la comunicación de datos, dependiendo de sus características la calidad de la transmisión.

El transporte, que puede ser mecánico, óptico, electromagnético, etc., debe ser adecuado a la transmisión de la señal física con objeto de producir la conexión y la comunicación entre dos dispositivos.

Cada medio de transmisión tiene ventajas e inconvenientes, en todo caso, hay una serie de factores que deben tenerse en cuenta a la hora de elegir un medio de transmisión:

- ◆ *Tipo de instalación en la que es más adecuado*
- ◆ *Topología que soporta*
- ◆ *Fiabilidad y vulnerabilidad*
- ◆ *Influencia de las interferencias*
- ◆ *Economía y facilidad de instalación*
- ◆ *Seguridad, facilidad para intervenir en el medio.*

Las características de los distintos medios serán distintas según su naturaleza.

### 2.4.1.- Sistemas de cableado

Se incluye en este apartado todos los medios de transmisión que utilizan canales conductores metálicos para la transmisión de la señal y que están sujetos, por tanto, tanto a la ley de Ohm como a los principios fundamentales que rigen el Electromagnetismo.

#### ❖ Cables de pares

Constituyen el modo más simple y económico de todos los medios de transmisión. Sin embargo presentan una serie de inconvenientes: en todo conductor, la resistencia eléctrica es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección recta, según:

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

donde R es la resistencia eléctrica,  $\rho$  la resistividad específica del material, l su longitud y s su sección recta.

Al aumentar la resistencia con la longitud, para grandes distancias será precisa la utilización de repetidores para restablecer el nivel eléctrico de la señal.

El medio mas antiguo y probablemente el mas utilizado para la transmisión de información es el cable **par trenzado** (Twisted Pair) o **TP**.

El TP consta de dos hilos de cobre aislados, de aproximadamente 1 mm de sección. Los hilos están enlazados en forma helicoidal, con el fin de evitar interferencias producidas por inducción electromagnética de un conductor en otro.

Posee numerosas ventajas:

- Es un medio barato de transmisión
- Soporta transmisión digital o a analógica
- La amplificación se realiza cada varios kilómetros
- El ancho de banda puede ser modelizado en función de su grosor y su longitud

En entornos de computación, dado que se utilizan velocidades altas y señales digitales, suelen utilizarse TP específicos, con varios conductores, que pueden ser apantallados (Shielded Twisted Pair) o **STP** o sin apantallar (Unshielded Twisted Pair) o **UTP**.

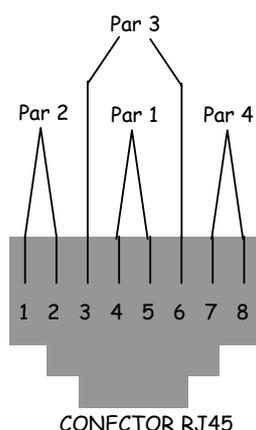
El **Par Trenzado Sin Apantallar** o **UTP** son los cables llamados *de voz*, para distinguirlos de los *cables de datos* propiamente dichos. La estandarización de los mismos permite clasificarlos en 5 categorías en función de sus anchos de banda crecientes: 1 y 2 para voz y desde la 3 hasta la 5 para datos

Normalmente el UTP es el cable mas utilizado en Redes de Área Local debido a ser el mas barato , el mas sencillo de instalar y conectar y el mas flexible.

Su impedancia es de unos 100 Ohmios.

El **Par Trenzado Apantallado** o **STP** es un cable en el cual los conductores de cobre van trenzados por parejas y, cada pareja de éstos, está cubierta por una capa metálica para evitar interferencias. Es mas caro que el UTP y menos flexible , pero supera ampliamente un ancho de banda de 100 Mbps con una impedancia característica de 150 Ohmios.

El uso de cable de cuatro pares se ha convertido en la forma habitual de cableado para la transmisión telefónica de voz, transporte de datos, etc. La RDSi utiliza también este medio de transmisión.



En los cables de pares hay que distinguir dos clasificaciones:

- *Primera clasificación:* las **categorías**. Cada categoría especifica unas características eléctricas para el cable: atenuación, capacidad de la línea e impedancia. Actualmente se utilizan las categorías de 3 a 5 que soportan frecuencias de 10, 20 y 100 MHz respectivamente. Existe una categoría 5E que mejora algo las características de la categoría 5 y están en estudio las categorías 6 y 7, que están abiertas a nuevos estándares con 250 y 600 MHz respectivamente.
- *Segunda clasificación:* las **clases**. Cada clase especifica las distancias permitidas, el ancho de banda conseguido, y las aplicaciones para las que es útil, en función de estas características. Están especificadas desde la clase A hasta la clase F.

La tabla adjunta relaciona algunas clases con algunas categorías:

CLASES	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Ancho de Banda	100 kHz	1 MHz	20MHz	100MHz
En categoría 3	2 km	500 m	100 m	No hay
En categoría 4	3 km	600 m	150 m	No hay
En categoría 5	3 km	700 m	160 m	100 m

Dado que el cable UTP de categoría 5 es barato y fácil de instalar, se está incrementando su utilización en instalaciones de redes de área local con topología de estrella mediante la utilización de **concentradores** y **conmutadores** que se estudiarán posteriormente.

Las aplicaciones típicas de la categoría 3 son transmisión de datos hasta 10 Mbps; para la categoría 4 hasta 16 Mbps y para la categoría 5 hasta 100 Mbps.

En concreto, el cable UTP de categoría 5 viene especificado por las características de la tabla adjunta, referidas a un cable estándar de 100 metros de longitud:

Velocidad de transmisión de datos	Nivel de atenuación para 100 m
4 Mbps	13 dB
10 Mbps	20 dB
16 Mbps	25 dB
100 Mbps	67 dB

Las exigencias de ancho de banda de las redes actuales han hecho que el cable UTP de categoría 5 se muestre en ocasiones insuficiente, por lo que esta categoría ha evolucionado definiendo otras características mejoradas que se indican a continuación:

- ♦ *Categoría 5 actual.*- Se define en los estándares IS 11801, EN 50173 y TIA 568. En su versión original data de 1995 y está pensada para soportar transmisiones típicas de la tecnología ATM (155 Mbps) no siendo capaz de soportar Gigabit Ethernet (1 Gbps).
- ♦ *Categoría 5 mejorada (5E).*- Se trata de una revisión de la categoría 5 de 1998. Mejoran los parámetros del cable para llegar a transmisiones de Gigabit Ethernet.
- ♦ *Categoría 6.*- Todavía en proceso de definición, pero sus parámetros eléctricos apuntan a soportar frecuencias de hasta 250 MHz en clase E.
- ♦ *Categoría 7.*- Especificación todavía por definir si bien se pretende que llegue hasta los 600 MHz en clase F.

#### ❖ **Cable coaxial**

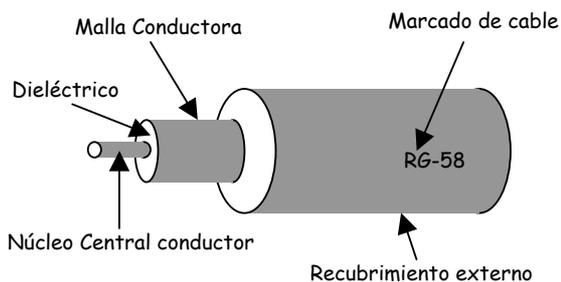
Presenta propiedades mucho más favorables frente a interferencias y a la longitud de la línea de datos, de forma que el ancho de banda puede ser mayor, lo que permite una mayor concentración de las transmisiones analógicas o bien una mayor capacidad de las transmisiones digitales.

Está constituido por dos conductores, de cobre o aluminio, uno interior, central, cilíndrico y macizo o compuesto por múltiples fibras, insertado dentro de otro exterior, normalmente mallado, separados ambos por un material aislante dieléctrico, de forma que el conjunto presente una apariencia concéntrica. Por último utiliza un material aislante para recubrir y proteger todo el conjunto.

La estructura garantiza una buena protección frente a interferencias y evita pérdidas por radiación al exterior.

Básicamente existen dos versiones: *Banda Base* o fino y *Banda Ancha* o grueso. La diferencia entre una y otra radica principalmente en la impedancia que poseen (50 y 75

Ohmios, respectivamente). El primero se utiliza para transmisión digital y el segundo para transmisiones analógicas.



El **cable coaxial de banda base** tiene mejores características de protección que el TP, por lo que puede transportar las señales a mayores distancias y con mayores anchos de banda, ya que su constitución permite alcanzar un elevado grado de inmunidad al ruido eléctrico. Para distancias en torno a un kilómetro, pueden obtenerse anchos de banda de 1 a 2 Gbps.

En entornos de redes de área local se han utilizado con profusión, sobre todo en sus comienzos, pero debido a su fragilidad, carestía y, sobre todo, a los rendimientos que en los últimos años se han ido alcanzando mediante la utilización de TP, prácticamente se han dejado de utilizar en este tipo de redes.

En redes de área extensa y en telefonía, están empezando a ser sustituidos por cables de fibra óptica.

El **cable coaxial de banda ancha** se utiliza para la transmisión de señales analógicas y son ampliamente utilizados en la industria de la televisión por cable, dado que las señales analógicas son menos problemáticas de transmitir que las señales digitales, por lo que esta tecnología puede implantarse con éxito en redes de centenares de kilómetros.

Los sistemas de banda ancha alcanzan anchos de banda de hasta 400 MHz y dividen la transmisión en múltiples canales, habitualmente de 6 MHz cada uno (aproximadamente 1 bit ocupa 1 Hz de ancho de banda). Cada canal puede ser utilizado para la transmisión de televisión analógica, audio con calidad CD o transmisión de datos a unos 3Mbps. Todas las señales pueden viajar conjuntamente en un mismo cable.

#### ❖ Fibra óptica

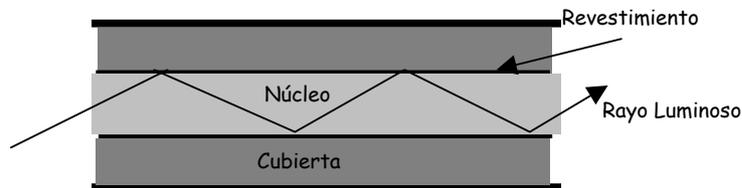
La fibra óptica permite la transmisión de señales luminosas. Es, por tanto, insensible a interferencias electromagnéticas externas, y la señal transmitida puede superar frecuencias de  $10^{10}$  Hz (*frecuencias ópticas*)

Por otra parte, el espectro de la luz natural forma un conjunto continuo de frecuencias distintas (ultravioleta, infrarrojo, visible, etc.) por lo que no es una buena fuente de transmisión de datos, siendo necesarias fuentes especializadas:

- ♦ *Fuentes láser:* Es una fuente luminosa de alta coherencia, esto es, produce un haz de luz de una única frecuencia siendo toda su emisión en fase.

- ♦ **Diodos LED:** Son semiconductores que producen una emisión de luz cuando son excitados eléctricamente.

El cable de fibra óptica está formado por un núcleo de material transparente muy fino, rodeado de otro material con distinto índice de refracción y una cubierta protectora.



La señal es conducida por el interior del núcleo fibroso por reflexión múltiple, impidiendo tanto el escape de energía hacia el exterior como la adición de nuevas señales externas.

El modelo de transmisión establece que la presencia de luz indica la transmisión de un "1" y la ausencia de la misma un "0". Permite una mayor velocidad de transmisión de los datos y una total inmunidad frente a interferencias electromagnéticas

El funcionamiento de la fibra óptica es el siguiente: la señal eléctrica emitida por el emisor se transforma mediante el cañón láser en energía luminosa. La cual viaja a través del cable sin sufrir mermas de potencia. En el receptor es convertida de nuevo en energía eléctrica.

Actualmente se utilizan tres tipos de fibra óptica para transmisión de datos:

- **Fibra monomodo.** Permite la transmisión de señales de ancho de banda de hasta 2 GHz. La luz viaja por la fibra siguiendo un único camino. El diámetro típico de la fibra suele ser 8'3 micras.
- **Fibra multimodo de índice gradual.** Permite múltiples transmisiones de hasta 500 MHz cada una.
- **Fibra multimodo de índice escalonado.** Permite múltiples transmisiones de hasta 35 MHz cada una.

En las fibras multimodo la luz suele viajar por varios caminos (*modos de transmisión*) y suelen utilizar núcleos de 50 o 62'5 micras de diámetro. Esta fibra admite fuentes y conectores de menor calidad, lo que abarata los costes, si bien la consecuencia es una menor capacidad de transmisión.

Entre sus principales ventajas se encuentran su gran ancho de banda, sus dimensiones físicas (peso y sección) y, sobre todo, su gran fiabilidad, con una tasa de error mínima.

Normalmente, se encuentra instalada en grupos, en forma de *mangueras* con un núcleo metálico que les sirve de protección y soporte frente a las tensiones producidas en el cable, ya que la fibra, en sí misma, es extremadamente frágil.

Su principal inconveniente es la dificultad de realizar una buena conexión de distintas fibras, de modo que se eviten reflexiones no deseadas de la señal.

Los parámetros que regulan las transmisiones por fibra óptica son:

- **Longitud de onda.**- Se utilizan fuentes de luz cuya longitud de onda escapa del espectro visible, típicamente infrarrojos : 850, 1310 y 1550 nanómetros.
- **Ventanas.**- Son segmentos de frecuencias continuas en los que la fibra opera mejor. Típicamente se utiliza una ventana de 800 a 900 nm para operar con la longitud de onda de 850 nm. Existen otras dos ventanas: en los 1250 a 1300 nm para la longitud de onda de 1310 nm y en los 1550 a 1600 nm para la longitud de onda de 1550 nm.
- **Atenuación.**- Es la pérdida de potencia óptica entre la salida y la entrada de la fibra. Aunque suele expresarse en unidades de longitud de la fibra, una caída de 3 dB implica una reducción del 50 % de la luz. La atenuación puede ser *intrínseca* (debido a las impurezas del material con que está construida) o *extrínseca*. (debido a la curvatura a la que se ve sometida la fibra en la instalación).
- **Dispersión.**- Es la deformación que sufren los impulsos luminosos a lo largo de su conducción por la fibra, lo que hace que normalmente se ensanchen. Esto limita la frecuencia a la que se pueden emitir estos impulsos.
- **Ancho de banda.**- Cantidad de información que puede transportarse por la fibra. Así, un ancho de banda de 200 MHz significa que la fibra puede transmitir 200 millones de impulsos luminosos por segundo.

Las redes de fibra óptica, utilizan un sistema de *multiplexación en el tiempo TDM* (Time Division Multiplex) para efectuar sus transmisiones, que llegan a velocidades de 10 Gbps (mucho menor que el ancho de banda teórico que soporta la fibra de 30 THz)

Para aprovechar al máximo las conducciones de fibra, se ha definido una nueva modulación llamada **WDM** (Wavelength Division Multiplexing) o multiplexación en longitud de onda, que consiste en introducir no una, sino varias longitudes de onda en la fibra. Se llegan a multiplexar del orden de 50 longitudes de onda sobre la misma fibra. A la WDM se superpone la multiplexación TDM consiguiendo sistemas de transmisión mixtos que varían entre los 40 y los 160 Gbps.

#### ❖ **Sistemas inalámbricos**

Son sistemas que se utilizan, en ocasiones, en las redes de área local por la comodidad y flexibilidad que presentan: no son necesarios complejos sistemas de cableado, los puestos se pueden trasladar sin grandes problemas, etc. Sin embargo adolecen de baja velocidad de

transmisión y de fuertes restricciones administrativas en las asignaciones de frecuencia que pueden utilizar, ya que los parámetros de transmisión están legislados por las Administraciones Públicas. Pueden ser de varios tipos:

- **Sistemas radioterrestres**

El medio de transmisión en los enlaces de radio es el espacio libre, con o sin atmósfera, a través de ondas electromagnéticas que se propagan a la velocidad de la luz. Para llevar a cabo la transmisión se utiliza un sistema de antenas emisoras y receptoras.

En general, cuanto mayor es la frecuencia de la transmisión, tanto mas sensible es ésta a problemas de interferencias producidos por agentes meteorológicos, de modo que cuanto menor sea la distancia entre la antena emisora y la receptora, mayor será la garantía de una comunicación íntegra.

Para transmisiones radioterrestres suelen utilizarse las siguientes bandas:

- ♦ *Onda corta*.- con frecuencias en el entorno de las decenas de MHz, que utilizan la ionosfera terrestre como espejo reflector entre el emisor y el receptor, permitiendo comunicaciones a larga distancia, en particular, intercontinentales. El ancho de banda de los mensajes transmitidos por onda corta es pequeño, dado que la frecuencia de la señal portadora es relativamente baja. No es un buen modo de transmisión de datos.
- ♦ *Microondas*.- con frecuencias del orden de GHz. El ancho de banda de los mensajes puede ser mas elevado ya que la frecuencia de la señal portadora es muy alta, lo que permite la multicanalización de muchos mensajes. Las distancias permitidas oscilan entre los 50 a 100 km en transmisiones por la superficie terrestre. Las antenas tienen forma parabólica.

- **Satélites artificiales**

En ausencia de atmósfera, las transmisiones inalámbricas son mucho mas fiables, lo que permite muy altas frecuencias y transmisiones de gran capacidad. En transmisiones vía satélite, la probabilidad de encontrar un obstáculo en el espacio vacío es muy pequeña, por lo que pueden obtenerse velocidades de transmisión de hasta 100 GHz.

Las comunicaciones por satélite presentan dos problemas primordiales:

- ♦ El elevado coste de situar un satélite en órbita y su mantenimiento
- ♦ El retardo producido en las transmisiones originado por las grandes distancias que éstas deben recorrer

Y una gran ventaja: la estructura básica para el funcionamiento de los sistemas de posicionamiento global (**GPS**, *Global Position System*). Se trata de terminales especializados que se comunican simultáneamente con varios satélites con objeto de proporcionar la posición geográfica con extraordinaria exactitud.

- Acceso inalámbrico al bucle del abonado

Se entiende por bucle del abonado la infraestructura de cableado que se extiende desde la centralita telefónica local al domicilio del abonado. Es la única parte del cableado telefónico que puede ser analógica; el resto de la red telefónica es digital.

Actualmente han surgido sobre este bucle comunicaciones inalámbricas, especialmente en telefonía móvil y en redes de área local. En particular se empieza a utilizar **LMDS** (Servicio de Distribución Multipunto Local), **MMDS** (Servicio de Distribución Multipunto Multicanal) y **WLL** (Bucle Local Inalámbrico).

El WLL compite con el sistema tradicional de cableado al proporcionar bajos costes de infraestructura y una gran escalabilidad en su despliegue. Sobre WLL se suelen insertar otras tecnologías, como la LMDS, utilizando frecuencias en las bandas de 3'4 a 3'6 GHz o en la banda de 26 GHz. A diferencia de las comunicaciones móviles, que son conmutadas, WLL es un sistema de comunicación por radio fija.

LMDS es una tecnología inalámbrica de radio que proporciona un gran ancho de banda utilizando asociaciones de células que cubren hasta cuatro kilómetros, a las que se dirigen las antenas de los usuarios en un camino libre de obstáculos en modo *full duplex*.

## 2.5.- Técnicas de Transmisión.-

Para efectuar la transmisión de la información entre un emisor y un receptor se utilizan lo que se denomina **Técnicas de transmisión**. Entre las más comunes están: **Banda base** y **Banda ancha**.

- **Banda Base.-**

Es el método más común entre las redes locales. Transmite señales en forma digital sin emplear técnicas de modulación, en cada transmisión se utiliza todo el ancho de banda y, por tanto, sólo se puede transmitir una señal simultáneamente.

Está especialmente indicada para cortas distancias, ya que a grandes distancias se producirán ruidos e interferencias (pueden utilizarse **repetidores** que vuelvan a regenerar la señal).

Los elementos de conexión que pueden utilizarse son el cable de par trenzado y el cable coaxial de banda base.

- **Banda ancha.-**

Consiste en transmitir las señales en forma digital modulando la señal sobre ondas portadoras que pueden compartir el ancho de banda del medio de transmisión mediante multiplexación por división de frecuencia. Esto es, actúa como si en lugar de un único medio se estuvieran utilizando líneas distintas.

El ancho de banda depende de la velocidad de transmisión de los datos.

Este método hace imprescindible la utilización de un módem para poder modular y demodular la información.

La distancia máxima puede llegar hasta los 50 km y permite usar además los elementos de conexión de la red para transmitir otras señales distintas de las propias de la red, como pueden ser señales de televisión o señales de voz.

Los elementos de conexión que se pueden utilizar son el cable coaxial de banda ancha y el cable de fibra óptica

## 2.6.- Códigos de transmisión.-

Como se ha dicho anteriormente, el sistema binario es la única forma en la que un ordenador puede recibir, tratar o almacenar información. Esto implica que tanto letras como números y caracteres especiales han de ser transformados a binario, asignando una secuencia de 0 y 1 a cada carácter que se introduzca. Esta asignación de secuencias el ordenador lo realiza utilizando un **Código** (BCD, EBCDIC, ASCII, FIELDATA, etc) de forma que cada carácter tenga asociada una representación diferenciada en uno de estos códigos.

Los caracteres a representar serán **Alfabéticos** (en mayúsculas y en minúsculas), **Numéricos** (del 0 al 9), **Caracteres Especiales** (. , ; : etc) y **Caracteres de Control** (Salto de línea, ACK, etc).

Los códigos más utilizados son:

- **FIELDATA**, que utiliza 6 bits para la representación de cada código, permitiendo por tanto  $2^6 = 64$  caracteres distintos.
- **ASCII**, que utiliza 7 bits para cada carácter ( $2^7 = 128$  caracteres distintos).
- **ASCII EXTENDIDO** que utiliza 8 bits para cada carácter ( $2^8 = 256$  caracteres)
- **EBCDIC** que utiliza 8 bits para cada carácter ( $2^8 = 256$  caracteres)

Los códigos de E/S son códigos que asocian a cada carácter una determinada secuencia de bits, es decir, son correspondencias entre los conjuntos:

$$\alpha = \{0,1,2,\dots,9,A,B,\dots,Z,a,b,\dots,z,*, \$,\dots\}$$

y

$$\beta = \{0,1\}^n$$

El número de elementos, m, de  $\alpha$  depende del dispositivo que se esté utilizando. Suponiendo un número fijo n de bits para codificar los m símbolos de  $\alpha$ , se tendrá que:

Si  $n = 2$  pueden codificarse  $m = 4 = 2^2$  símbolos (4 combinaciones distintas)

Si  $n = 3$  pueden codificarse  $m = 8 = 2^3$  símbolos (8 combinaciones distintas)

.....

Si  $n = k$  pueden codificarse  $m = 2^k$  símbolos distintos.

En definitiva, dado un número  $m$  de símbolos a codificar, se necesita un código con  $n$  bits tal que  $m = 2^n \Rightarrow n = \log_2 m$ . Por consiguiente,  $n$  debe ser el menor número entero positivo que cumpla la condición:

$$n \geq \log_2 m$$

Los primeros códigos de E/S utilizados fueron los de 6 bits ( $n = 6$ ) que permitían representar  $2^6 = 64$  caracteres distintos (26 caracteres alfabéticos, 10 dígitos decimales y 28 caracteres especiales). Posteriormente comenzaron a utilizarse códigos de 7 bits que representaban los mismos caracteres que los códigos de 6 bits incluyendo además las letras minúsculas y los caracteres de control. Actualmente, los códigos más utilizados son los de 8 bits.

Pueden establecerse códigos de E/S de forma totalmente arbitraria, no obstante, existen códigos de E/S normalizados que suelen ser utilizados por los constructores de ordenadores. Algunos de estos códigos son:

- **Código BCD de intercambio normalizado.** Normalmente, este código utiliza  $n = 6$  bits, por lo que permite representar  $m = 64$  caracteres. No obstante, a veces añade a su izquierda un bit adicional para verificar posibles errores en la transmisión o grabación de información (*bit de paridad*). En este caso, cada carácter queda representado por  $n = 7$  bits.
- **Código EBCDIC.** Es un código de  $n = 8$  bits lo que permite representar 256 símbolos distintos. Incluye letras minúsculas y mayor número de caracteres especiales que cualquier código de 7 bits.
- **Código ASCII.** Utiliza  $n = 7$  bits admitiendo, por tanto,  $m = 128$  caracteres representables. Es el código más utilizado, pudiéndose decir que la mayor parte de las transmisiones de datos entre dispositivos se realizan en esta codificación. Se suele incluir un octavo bit a la izquierda para detectar posibles errores de transmisión o grabación (*bit de paridad*). El código ASCII de 8 bits se denomina *código ASCII extendido*.

## 2.7.- Métodos de control de errores.-

Los medios de comunicación no son perfectos, por lo que puede ocurrir que alteren la información que pasa por ellos, dando lugar a una alteración de la información. Estos errores pueden ser causados por el ruido presente en las líneas, por la degradación de la señal debido a las largas distancias a recorrer o por interferencias generadas por otras señales que circulan en los mismo circuitos o generadas por equipos próximos, como motores, microondas, etc.

El problema, pues, no reside tanto en que se produzcan errores de transmisión, que en mayor o menor medida siempre los habrá, sino en detectar que efectivamente los hubo.

La resolución del problema plantea dos vertientes esenciales:

Asumir que las comunicaciones, necesariamente sean susceptibles de error y exigir, por tanto que, si existe éste, sea detectado

Detectado el error debe ser corregido mediante técnicas sofisticadas de cálculo o retransmisión de la información.

Un concepto clave a considerar es la *pérdida de información*, entendiendo como tal no que la información sea enviada por el emisor y no recibida por el receptor, sino mas bien que se produzcan cambios imprevistos y no deseados en la información como, en el caso de la información digital y binaria, cambios en el valor de los bits, esto es, que los bits que sean 0 se convierta en 1 y viceversa.

### **2.7.1. - Sistemas de detección de errores. -**

Los métodos mas habituales de detección de errores son los siguientes:

#### **El control de paridad. -**

Uno de los medios mas utilizados para la detección de errores es el *control de paridad* consistente en añadir a la información del usuario una serie de bits que indican cualidades de esos datos.

Una alteración de la información del usuario se detecta por comparación con esos bits especiales de paridad, y que hace que no se correspondan con los valores previstos en el momento de la emisión.

#### **• Paridad Simple. -**

El *método de la paridad simple* consiste en agregar a cada byte (grupo de bits) un bit adicional que indica si el número de unos (1) que contiene el byte es par o impar, lo que es equivalente a hacer un OR-exclusivo de los bits que componen el mensaje.

Existen dos tipos de paridad simple: *paridad par* y *paridad impar*. En la primera el bit adicional de control de paridad vale 0 en el caso de que el número de unos (1) sea par y vale 1 en el caso contrario.

Por su parte la paridad impar asigna el valor 0 al bit adicional de control en el caso de que el número de unos (1) sea impar y vale 1 en el caso contrario.

Así, por ejemplo:

Paridad par:            1 0 0 1 0 0 0 0 (0)            1 1 0 0 1 0 0 0 (1)

**Paridad impar:**            1 0 0 1 0 0 0 0 (1)            1 1 0 0 1 0 0 0 (0)

La paridad impar es pues semejante a la par; lo único que cambia es el valor del bit de paridad que es el complementario con respecto de la paridad par.

Cuando una transmisión pierde un bit (se altera el valor del bit), este sistema de control de errores por paridad simple detecta el cambio. Así, por ejemplo si se envía el byte con paridad par 0 0 1 1 0 1 1 (0) y se altera el segundo 0 de la cadena de bits, la transmisión recibida hubiera sido: 0 1 1 1 0 1 1 (0).

El receptor, a la llegada del mensaje recalcula la paridad, que deberá ser 0 1 1 1 0 1 1 (1) ya que el número de unos es impar. Hay una contradicción entre el mensaje enviado, de paridad 0, y el recibido, de paridad 1, por lo que se ha detectado el error.

Sin embargo, el sistema de paridad simple sólo es capaz de detectar los errores producidos en un número impar de bits de la cadena transmitida. Si el número de errores es par el sistema no detectará el error. Por esta razón, este método, aunque muy sencillo, no debe ser utilizado para transmitir información sensible.

En las transmisiones asíncronas, lo más habitual es transmitir un bit de paridad por cada carácter. La elección de par o impar depende del usuario, pero ambos equipos, emisor y receptor deben estar de acuerdo en la elección por fijación de los parámetros o bien por negociación en tiempo de establecimiento de la conexión.

#### • Paridad de bloque. -

Es un caso especial de la paridad simple y, como ella, también puede ser *par* o *impar*.

La **paridad de bloque** utiliza un procedimiento de organizar la información por bloques, componiendo una tabla de  $n \times m$  bits, con los caracteres que componen el mensaje. Seguidamente se determina la paridad simple por filas y por columnas que se envían en la transmisión junto con los bits constitutivos del mensaje.

Por ejemplo, si se quiere transmitir la información:

0 0 1 1 0 , 0 1 0 1 0 , 1 1 0 0 1 , 1 1 1 1 1

se expresa por filas esta información en forma de una tabla de 5 x 4 bits;

0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Y se calcula la paridad por filas y por columnas:

0	0	1	1	0	<u>0</u>
0	1	0	1	0	<u>0</u>
1	1	0	0	1	<u>1</u>
1	1	1	1	1	<u>1</u>
<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>X</u>

Los bits en cursiva y subrayados son los bits de paridad. El bit marcado con X (*bit de paridad cruzada*) no es significativo para este estudio. Estos bits constituyen la paridad de bloque o *checksum*. La secuencia transmitida será entonces la siguiente:

00110 0 01010 0 11001 1 11111 1 01010X

Cuando el mensaje llega al receptor éste reconstruye la tabla y comprueba que los códigos de paridad son correctos

La detección del error se realiza de la manera siguiente: Si, por ejemplo, el bit de la segunda fila y tercera columna altera su valor durante la transmisión, la secuencia recibida será:

00110 0 01110 0 11001 1 11111 1 01010X

Por lo que la tabla en el receptor quedará como:

0	0	1	1	0	<u>0</u>
0	1	1	1	0	<u>0</u>
1	1	0	0	1	<u>1</u>
1	1	1	1	1	<u>1</u>
<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>X</u>

Al recalcular los códigos de paridad, el receptor detectará que no coinciden los bits de paridad de la segunda fila y la tercera columna, que serán respectivamente 1 y 1, mientras que a él le han llegado 0 y 0.

Ya se ha detectado el error y además se sabe donde se ha producido: en la intersección entre la fila y la columna en que falló la paridad; sabiendo que en ese punto de la tabla está el error, se puede corregir.

En el caso de que se pierdan, no uno sino varios bits de la secuencia de datos, el sistema es capaz de detectar que se ha producido un error, aunque en general no puede corregirlo. El método es, por tanto más sensible que el de la paridad simple.

• **La redundancia cíclica.** -

Los códigos de detección de errores por **redundancia cíclica (CRC)** está basado en las propiedades matemáticas de la división de polinomios. Cada cadena de bits de información a transmitir se representa como un polinomio cuyos coeficientes pueden ser cero (0) o uno (1). El grado del polinomio depende del número de bits a transmitir, de forma que a cada bit está representado por un monomio.

Así, un mensaje de  $k$  bits será un polinomio de grado  $k - 1$  como el que sigue:

$$\text{bit}_0 \cdot x^{k-1} + \text{bit}_1 \cdot x^{k-2} + \dots + \text{bit}_n \cdot x^{k-1-n} + \dots + \text{bit}_{k-1} \cdot x^0$$

El mecanismo de utilización del sistema de detección de errores por Códigos de Redundancia Cíclica (CRC) es muy simple:

- El emisor y el receptor se ponen de acuerdo en el polinomio que actuará como **clave** en la detección del error.
- El emisor divide el *polinomio - información* entre el *polinomio - clave*, obteniendo un cociente que carece por completo de interés, pero obteniendo un *polinomio - resto* que se convertirá en la información redundante necesaria para la detección, equivalente de la paridad.
- Se envían los bit correspondientes al *polinomio - información*, seguido de los bits que forman los coeficientes del *polinomio - resto*.
- Cuando el receptor lee el mensaje vuelve a repetir la operación y comprueba que el resto es igual que el que le han transmitido. Si no fuera igual se tendría la prueba de que la transmisión ha fallado.

Seleccionando de modo adecuado los polinomios - clave se llegan a detectar gran cantidad de errores posibles e incluso se pueden arbitrar mecanismos de autocorrección.

Para los polinomios - clave los estándares internacionales son:

- **CRC-12**  $\rightarrow x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x + 1$
- **CRC-16**  $\rightarrow x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$
- **CRC-CCITT**  $\rightarrow x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$

Los dos últimos detectan todos los errores de uno y dos bits, los errores con un número impar de bits invertidos, los grupos de errores con longitudes menores o iguales a 16; el 99'997 % con longitudes de 17 y el 99'998 % con longitudes mayores o iguales a 18.

El CCITT ha adoptado los códigos CRC como parte de alguna de sus normas, tal como la V.41, empleando como polinomio - clave el CRC - CCITT.

## 2.8.- Métodos de corrección de errores.-

Una vez se ha detectado la situación del error de una transmisión, debe plantearse la posibilidad de su corrección y, de ser posible, en qué grado es posible esta corrección. Existen dos filosofías de corrección:

- ❖ **Corrección hacia delante o corrección de errores en el destinatario.-** Utilizando información redundante que el emisor introdujo en el mensaje, el receptor localiza los bits erróneos y reconstruye el mensaje original. Su inconveniente reside en que el número de bits necesarios para reconstruir el mensaje original es muy grande, perdiendo eficiencia el sistema.
- ❖ **Corrección hacia atrás o corrección de errores por retransmisión.-** El receptor no dispone de medios para corregir, por lo que solicita al emisor que retransmita el mensaje erróneo. A cambio se mantiene ocupada más tiempo la línea de transmisión.

### 2.8.1.- Corrección de errores en el destinatario.-

El método consiste en dejar al destinatario que determine, a partir de la información redundante que ha recibido del emisor y del propio mensaje, los bits erróneos, es decir, aquellos bits que se han perdido. Una vez detectada su posición, la operación de corrección es inmediata: en los bits erróneos se sustituyen los 0 por 1 y viceversa.

Aparte de alguno ya contemplado, como el *checksum*, Hay muchos métodos de corrección de errores hacia delante, Normalmente estos métodos están basados en la utilización de sistemas de codificación sofisticados que ayudan a la detección y a la corrección a fuerza de reforzar la información con bits redundantes de paridad.

Una caso especial son los **códigos de Hamming**, diseñados para la detección y corrección de un número de bits erróneos máximo en cada palabra transmitida.

Su principal característica es que los bits de comprobación van insertados entre los propios bits de datos, controlando cada uno la paridad de un cierto subconjunto de datos. Los códigos de Hamming son distintos según el número de bits erróneos que puedan producirse en cada palabra.

Emisor y receptor se ponen de acuerdo en aceptar que, por ejemplo, en cada palabra \_ carácter de 8 bits, como mucho puedan ser 3 bits erróneos. A partir de esa suposición, se diseña el código para la detección y corrección de 3 bits erróneos como máximo en 8 bits de información.

El código genera una serie de bits redundantes en función del mensaje y de las especificaciones acordadas para el error. Estos bits llevan información sobre la paridad de distintos grupos de bits y sobre la posición de los bits erróneos, si los hubiera.

Cuanto mayor sea el número de bits erróneos que se aceptan, mayor será el número de bits de información redundante que deberá enviarse al receptor.

Las transmisiones en código Hamming son muy seguras pero necesitan un gran ancho de banda, pues precisan transmitir muchos más bits de los que constituyen el mensaje original.

Por ejemplo, para detectar cualquier error en una transmisión de 8 bits son necesarios 4 bits de paridad Hamming, esto es deberán transmitirse 12 bits por lo que se desperdicia un tercio del ancho de banda del canal en transmitir la redundancia.

### **2.8.2. - Corrección de errores por retransmisión. -**

Es frecuente que al receptor únicamente se le suministre capacidad para detectar el error. Si lo encuentra, debe pedir al emisor que retransmita parte o todo el mensaje. Se hace así necesario un diálogo entre el emisor y el receptor que no era necesario en los métodos descritos anteriormente.

Se define el concepto de **trama o bloque** como un conjunto de bits que se envía (que conforma la información) con sus bits de comprobación (producidos por control de paridad, redundancia cíclica o cualquier otro método).

Dependiendo como se ordene el envío de las tramas y su comprobación, se distinguen dos estrategias:

- **Envío y Espera.** - El emisor envía un bloque o trama de información. Espera hasta que el receptor haya comprobado si existen o no errores. Mientras tanto, el emisor mantiene la trama en un *buffer* temporal. El receptor devuelve un mensaje de confirmación (ACK: *acknowledge*) o de no confirmación (NACK: *negative acknowledge*). El emisor entonces envía otra trama o el bloque problemático.

Emisor y receptor llevan la cuenta del número de bloque erróneos, de forma que si se supera un cierto umbral, se aborta la comunicación y no se produce el envío.

- **Envío continuo.** - El emisor envía tramas sin esperar a que el receptor le confirme la idoneidad de cada una. Cuando el receptor complete un cierto grupo de tramas confirmadas, o bien, en algún momento previsto en el protocolo de comunicaciones, envía una conformidad del grupo al emisor. Mientras tanto, el emisor ha mantenido en el buffer temporal las tramas pendientes de confirmar.

Si el receptor examina una trama y es incorrecta, informa del hecho al emisor, el cual puede hacer dos cosas:

- ♦ Reenviar exclusivamente esta trama problemática. Lo que se denomina **rechazo selectivo**.
- ♦ Reenviar dicha trama y todas aquellas pendientes de comprobación, para ahorrar tiempo en el caso de que hayan resultado erróneas. Este método se llama **rechazo no selectivo**.

### **2.9. - Módems. -**

Un módem, en su concepción mas tradicional, es un dispositivo que acepta datos digitales de una computadora o terminal digital, y los convierte en analógicos, mas adecuados para la transmisión en líneas telefónicas.. Cuando estas señales se reciben en el receptor son convertidas a su formato digital original.

Existen tres técnicas básicas de modulación lineal que consisten en modular alguno de los tres parámetros fundamentales de la señal portadora: *amplitud, frecuencia y fase*, originando las modulaciones **AM**, **FM** o **PM**. Cuando las señales de entrada son una representación de datos digitales y binarios, estos tres tipos de modulación se llaman respectivamente: **ASK**, **FSK** y **PSK**.

- La **modulación ASK** (*Amplitude Shift Keying*) suele utilizarse en enlaces por fibra óptica
- La **modulación FSK** (*Frequency Shift Keying*) suele emplearse en enlaces asíncronos. Es el sistema ideal para operar a baja velocidad. Su gran desventaja es el ancho de banda que consume.
- La **modulación PSK** (*Phase Shift Keying*) es el método mas eficiente para transmitir datos binarios en presencia de ruido . Es ideal para comunicaciones síncronas. Sin embargo, el diseño del emisor y del receptor se complica extraordinariamente.

Algunos módems utilizan la modulación **QAM** (*Quadrature Amplitude Modulation*) o **modulación de la amplitud en cuadratura**. Es un método bastante eficiente para obtener el máximo rendimiento de un ancho de banda limitado. Esta técnica es una combinación de la modulación en amplitud y en fase.

### **2.9.1. - Elementos que componen un módem. -**

Un módem se compone de tres circuitos modulares: el circuito de recepción de datos digitales, el circuito de emisión de datos analógicos y una unidad de control del módem. Obviamente, los circuitos de entrada y salida son **bidireccionales** es decir el módem acepta datos digitales, pero también envía datos digitales. Lo mismo ocurre con los datos analógicos.

### **2.9.2. - Conexión del módem. -**

El módem es un elemento intermedio entre el Equipo Terminal de Datos (**ETD**) y la línea telefónica. Por lo que debe definirse el modo de conexión del módem tanto a la línea telefónica como al ETD.

Los módem se conectan a la línea telefónica mediante una clavija telefónica convencional, permitiendo, en ocasiones, la existencia de un puente para que la línea no quede interrumpida y se dé servicio a un teléfono.

En cuanto a su conexión con el ETD se han definido cuatro estándares de conectividad. Los mas comunes son los propuestos en la norma **RS-232** o la recomendación **V.24** que definen cómo debe ser la interfaz de conexión. A veces la norma lleva añadida una letra que indica la revisión de la norma (p.e.: **RS-232-C**).

### El interfaz RS-232-C.-

La normalización en la conexión de equipos de distintos fabricantes, se ha resuelto inicialmente con la definición del estándar RS-232 por la **EIA** (Electronics Industries Association). Este estándar es utilizado habitualmente para transmisiones en serie y en particular por gran parte de los módem.

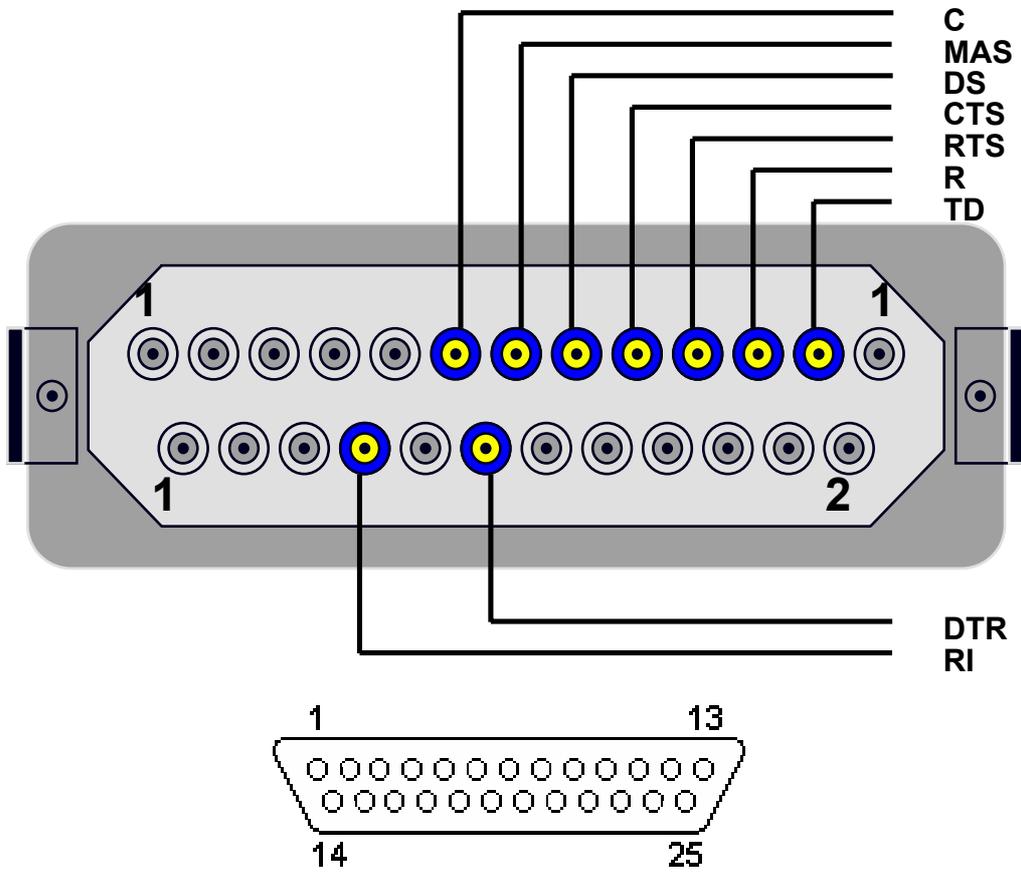
El equivalente del **CCITT**, ahora **ITU** (International Telecommunications Union) está compuesto por las normas **V.24** y **V.28** que definen tanto las características eléctricas como funcionales de la conexión.

El resumen de sus *características eléctricas* es el siguiente:

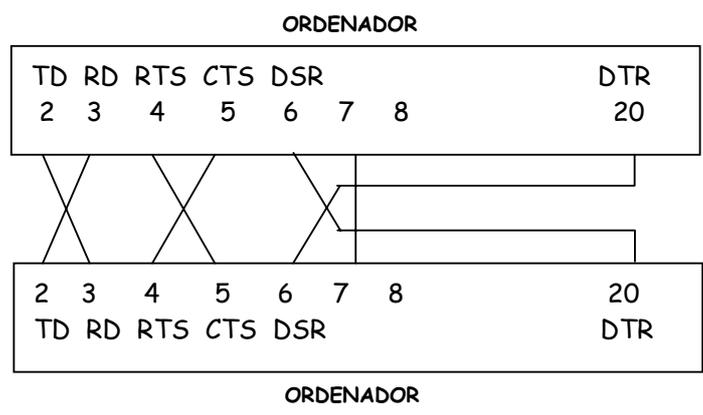
- ❖ Las señales deben ser binarias y sin balancear
- ❖ La tensión no debe superar los 25 voltios en circuito abierto
- ❖ La tensión de utilización del equipo puede ser positiva (con asignación al "0" lógico) o negativa (asignación al "1" lógico) y su valor debe estar comprendido entre los 5 y los 15 voltios.
- ❖ En el caso de cortocircuito la intensidad eléctrica no debe superar los 0'5 amperios.
- ❖ La resistencia de carga debe ser superior a 3000  $\Omega$  y no debe sobrepasar 7000  $\Omega$
- ❖ La capacidad de carga debe ser inferior a 2500 pF (picoFaradios).

Con estas especificaciones pueden construirse los equipos por distintos fabricantes, teniendo la seguridad de que la interconexión está garantizada.

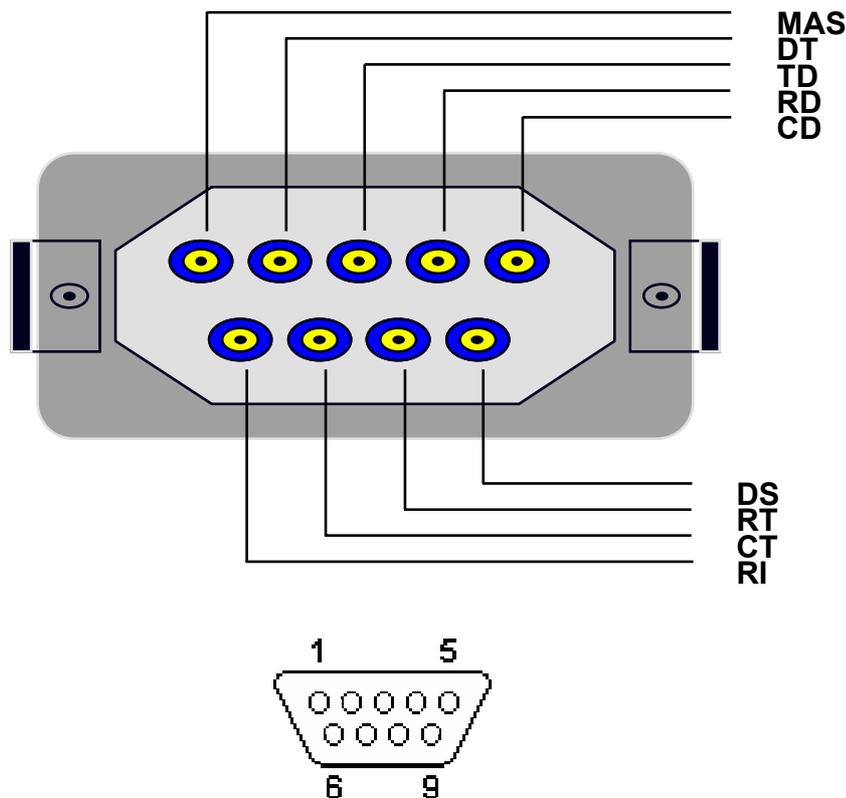
Entre las especificaciones funcionales se mencionan los distintos tipos de circuitos que componen la interfaz. La norma establece conectores de 25 pines, cada uno de los cuales define un circuito:



Estos circuitos se conectan de modo distinto según las aplicaciones, pero la mas común es que se conecten de la forma siguiente:



También SE pueden encontrar conectores de 9 pines, en los que se han mantenido las líneas mas utilizadas en las comunicaciones usuales.



Las principales líneas de comunicación son las siguientes:

- **DTR, Data Terminal Ready.**- Terminal de datos preparado. Esta señal es enviada inicialmente por el terminal al módem para informarles de que está preparado para intervenir en la comunicación
- **DSR, Data Set Ready.**- Módem preparado. Seguidamente el módem activa esta línea y se la envía al terminal para indicarle que el módem está también listo.
- **RTS, Request To send.**- Petición de emisión. Una vez que el terminal y el módem están listos, si el ETD necesita enviar datos, envía al módem la señal RTS para informarle.
- **CD, Carrier Detected.**- Detección de portadora. Cuando el módem lee la señal RTS que el terminal le envía, dispara los circuitos de enlace de línea, enviando al módem remoto una señal portadora. Este módem remoto activa, entonces, la señal CD y así avisa al terminal próximo de que el módem remoto está listo para recibir datos.
- **CTS, Clear To send.**- Listo para transmitir. Es una señal que envía el módem al terminal para indicar que está listo para aceptar datos, puesto que ha conseguido un enlace por la línea telefónica, ya que anteriormente recibió un CD.

- **TD, Transmit Data.**- Transmisión de datos. Esta línea es el canal por el que viajan en serie los bits del emisor.
- **RD, Receive Data.**- Recepción de datos. Los datos emitidos por el emisor se reciben en el receptor por la línea RD.
- **TC, Transmit Clock.**- Transmisor de reloj. En el caso de las comunicaciones síncronas se tiene que enviar una señal de reloj para mantener la sincronización, y se hace por esta línea.
- **RC, Receive Clock.**- Receptor de reloj. La señal TC se recibe en el otro extremo de la comunicación por la línea RC.
- **GND, Ground.**- Tierra protectora. Es la línea que sirve para unificar las tierras de emisor y receptor.
- **SGND, Signal Ground.**- Tierra señal de referencia. Establece el nivel de tensión de referencia para poder distinguir los valores de cada uno de los bits.

RS-232 no es la única norma de conexión. Otras normas conocidas son la RS-422 y la RS-423, que tienen sus equivalentes respectivos en las recomendaciones del CCITT: V.11 y V.10. Otro estándar muy extendido en conexión de módems es la norma **V.35** para transmisiones de datos a 64 kbps. Define un conector de 34 pines para la conexión entre el ETD y módems con portadoras digitales de datos a alta velocidad.

### **2.9.3. - El sistema de comandos Hayes. -**

Dennis Hayes y Dale Heatherington introdujeron en su *Smart Modem* un lenguaje de comunicación terminal-módem basado en un sistema de comandos que se ha extendido a la práctica totalidad de los módems actuales. Estos comandos suelen llamarse **comandos AT** en referencia al primer comando Hayes

Los comandos se pueden concatenar consecutivamente. Cuando la línea de comandos se acaba con un retorno de carro, se ponen en ejecución. Los comandos son aceptados o rechazados por el módem emitiendo mensajes alfanuméricos que informan al usuario sobre el resultado de la operación realizada.

El comando "**A/**" no necesita ni retorno de carro ni ser precedido por el comando iniciador "**AT**" sino que e, en sí mismo, finalizador de línea. Lo mismo ocurre con el comando "**+++**", que se emplea como secuencia de escape.

El formato general de un comando Hayes es el siguiente:

**AT comando <CR>**

Donde **<CR>** representa el retorno de carro y **comando** la orden que se hace llegar al módem. La línea de comandos no necesita de ningún espacio entre la **A** de **AT** y el retorno de

carro. Es más, algunos módems generan un mensaje de error si encuentran algún espacio o tabulador en medio de una línea de comando.

Algunos comandos necesitan **parámetros** para que sean correctamente ejecutados. Por ejemplo, si se quiere que el módem marque el número 12345 por pulsos el comando a ejecutar será:

**ATDP12345**

Mientras que el comando

**ATDT0w12345**

Significa marcar por tonos el número 0, esperar el tono continuo de línea libre y, posteriormente seguir marcando por tonos el número 12345.

#### 2.9.4. - Tecnologías xDSL. -

DSL son las siglas de *Digital Subscriber Line*. Delante de las siglas suele ponerse una letra que identifica la familia específica dentro de DSL:

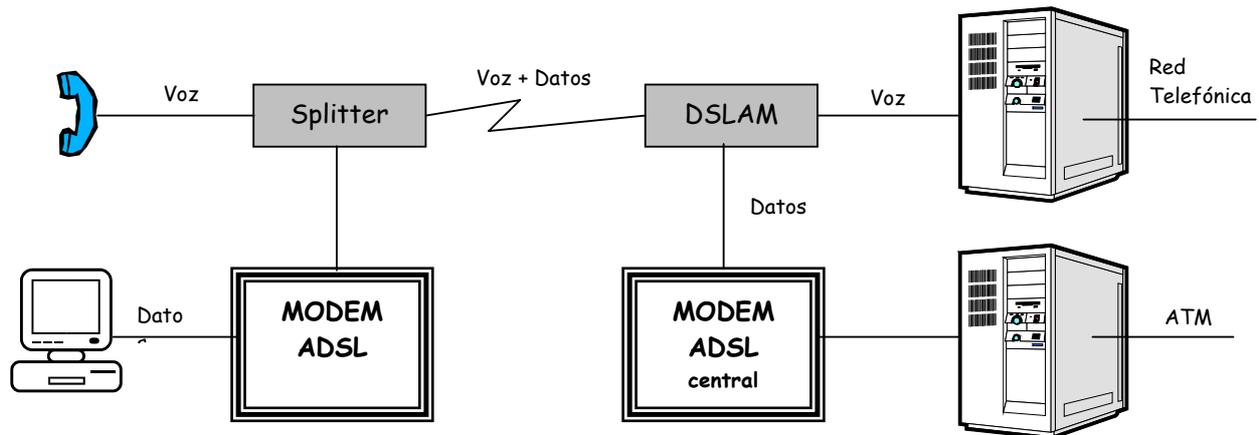
TECNOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS (VELOCIDAD MÁXIMA / DISTANCIA A CENTRALITA)	OBSERVACIONES
<b>RADSL</b>	600kbps / 7000 m	Rate Adaptative DSL
<b>G. Lite</b>	1'5 Mbps / 6000 m	ADSL (reducida)
<b>ADSL</b>	9 Mbps(bajada) 640 kbps(subida)/ 4000 m	Asymetric DSL
<b>VDSL</b>	52 Mbps(bajada) 2'3 Mbps(subida)/1500 m	Very Speed DSL

Obsérvese que en xDSL el ancho de banda de subida, esto es, la velocidad con la que se pueden poner datos en la red, es distinto del ancho de banda en que se pueden recoger datos (bajada).

Para que un usuario telefónico pueda contratar ADSL, en su instalación deben cumplirse una serie de requisitos:

- Que la central telefónica esté preparada para DSL.
- Que la distancia de la central a su instalación no supere el máximo establecido en la tabla anterior.
- Que contrate el servicio con un proveedor, que instalará el módem DSL, modificará su instalación y suministrará los parámetros de conexión.

La conexión a Internet se realiza como se indica en la figura:



Por la línea telefónica entre el *Splitter* (instalado en el domicilio del usuario) y el *DSLAM* (instalado en la central telefónica) viajan multiplexados tanto la voz analógica como los datos digitales. Ambos dispositivos no son más que multiplexadores sofisticados. El *DSLAM* discrimina la señal enviando la voz a la central telefónica y los datos digitales a la red ATM. Internet estará situado al otro lado de la red ATM.

#### 2.9.5. - Extensión del término MODEM en los sistemas actuales. -

Hasta hace poco tiempo, la estructura telemática de las comunicaciones estaba soportada por la red telefónica básica, en la que los terminales básicos por antonomasia eran los módems analógicos. La necesidad de incrementar el ancho de banda de estas comunicaciones ha originado otras tecnologías, digitales, sobre la red telefónica, o de nueva creación. Ello hace que el concepto de módem se extienda mucho más allá de las funciones indicadas anteriormente: *actualmente se considera el módem como sinónimo de interfaz entre una red de transporte y el terminal del usuario que genera datos para esa red*. Ejemplos de estos nuevos tipos de módem son:

- **Cable - módem.** - Aprovecha la infraestructura de distribución de señal de televisión por cable para su conexión a Internet. Soporta transmisiones de datos de varios Mbps con un ancho de banda restringido de 128 a 256 kbps con el fin de evitar saturaciones en la red

El servicio, además es *asimétrico*, es decir el **canal de bajada** (de Internet hacia el usuario) es mayor que el **canal de subida** (del usuario a Internet). El servicio es pues un *Servicio - Cliente*, con el fin de evitar la conexión habitual a Internet de los Proveedores de Servicios.

Hay dos tipos de cable - módem:

- ♦ *Hybrid Fiber - Coaxial* o **HFC**.- que proporciona velocidades entre 3 y 10 Mbps descendentes y entre 128 kbps y 10 Mbps ascendentes.
- ♦ *Coaxial*.- Proporciona una velocidad de 2 Mbps, pero requiere un enlace telefónico como canal de retorno.

- **Módem RDSI.** - Es un interfaz digital - digital como el propio nombre de la línea indica. Los *módems RDSI* o *routers RDSI* o *adaptadores de terminal TA*, proporcionan conexiones para una o mas líneas RDSI, cada una de las cuales integra, entre otros, dos canales de datos de 64 kbps cada uno. Cada canal exige una conexión telefónica diferenciada, y, por tanto, se factura por separado.

Es habitual que los módems puedan integrar conexiones de los dos canales en un único enlace, con lo que se alcanzan los 128 kbps. Esta técnica, llamada **MLPPP** o Protocolo Punto a Punto Multienlace, al ser digital toda la tecnología involucrada, establece el enlace de forma muy rápida. La técnica, así mismo, puede utilizarse para módems analógicos.

- **Módem ADSL.** - Es un interfaz analógico - digital asimétrico con una asimetría semejante a la del cable - módem. Aprovecha el sistema de cableado de la red telefónica básica, transmitiendo por el mismo cable telefónico, voz en banda base (sin modular) y datos digitales modulados por el módem, sin perjuicio de que los dos modos de transmisión puedan realizarse simultáneamente.

La conexión ADSL no requiere del *establecimiento de llamada*, de ello se encarga la centralita telefónica que debe tener soporte para este tipo de transmisión. Al otro lado de ADSL se encuentra una red ATM. Esto hace que la tecnología ADSL sea la mas apropiada para la implantación de la tarifa plana en las transmisiones de datos.

Son habituales velocidades de transmisión ADSL de 2 Mbps de bajada y 256 kbps de subida, aunque pueden conseguirse velocidades superiores.

---