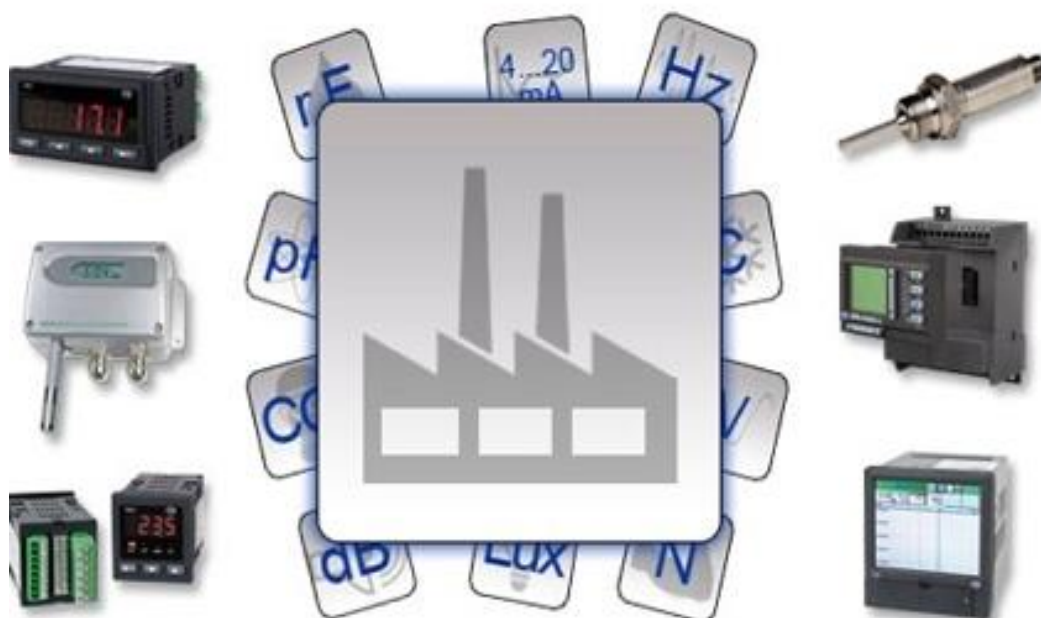


Las funciones básicas que hacen necesaria la comunicación de datos son:

- **Intercambio de datos**, como la transferencia de ficheros entre ordenadores, envío de e-mails, consultas de bases de datos de entidades financieras, etc.
- **Compartir recursos**, de modo que se rentabilice el empleo de equipos y periféricos, como impresoras, unidades de almacenamiento, etc.

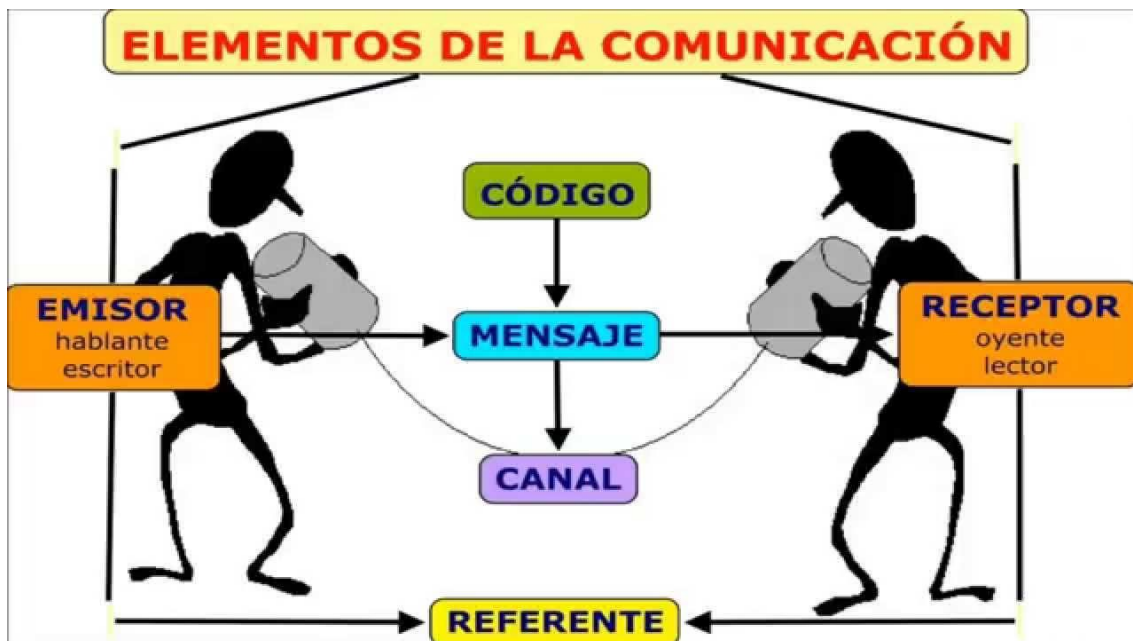
Si nos centramos en el ámbito industrial las aplicaciones más frecuentes son:

- **Coordinar acciones** de unidades automatizadas a través del intercambio de datos entre diferentes componentes que controlan el proceso productivo (PLC's, variadores, reguladores PID, PC's, etc.)
- **Monitorizar y modificar estrategias de control** desde el puesto de operación, que puede estar situado en la propia planta o en otro lugar, mediante una conexión a través de redes de datos públicas.



2.- Elementos de la comunicación.

La comunicación requiere de los siguientes elementos genéricos:



- **Emisor** o fuente generadora del mensaje.
- **Canal** o Medio de transmisión: soporte físico a través del cual se propaga el mensaje.
- **Receptor** o destinatario del mensaje.
- **Mensaje**: dato que se transfiere entre ambos equipos.
- **Código**: Lenguaje formado por signos y reglas con que se comunican emisor y receptor



Emisor: Hombre rubio.

Receptor: Hombre de mano levantada.

Mensaje: Pregunta cómo está.

Código: Idioma castellano.

Canal: Aire.

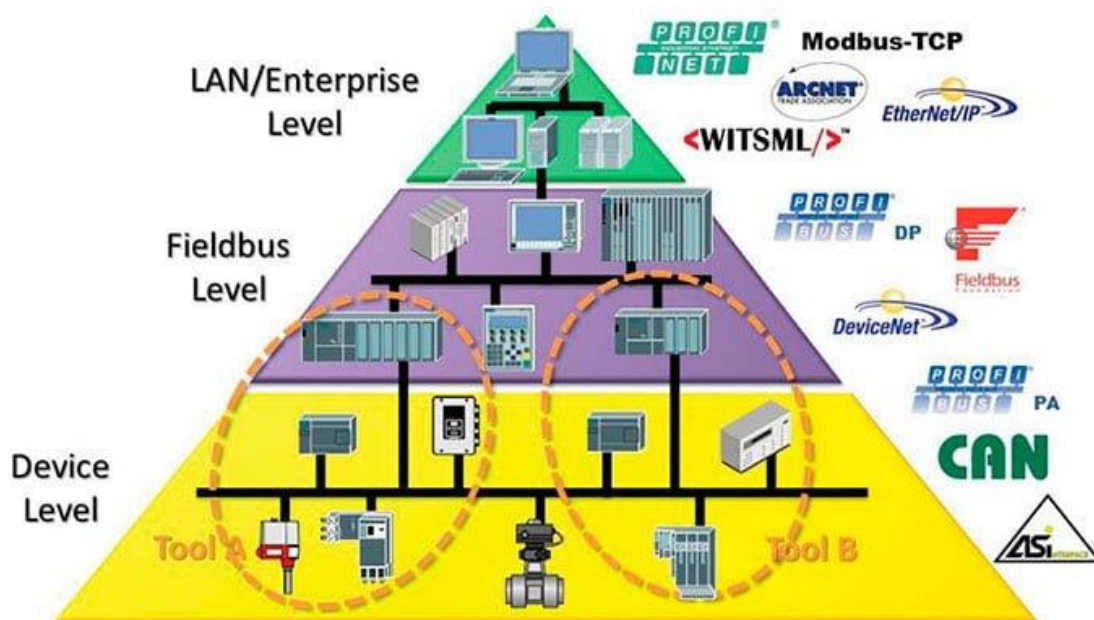
El **referente** o contexto, es la situación que se está produciendo la comunicación. Es importante analizar el contexto de una comunicación para entender completamente un mensaje.

Como consecuencia de la existencia de un flujo de datos bidireccional surge la necesidad de emplear un **protocolo**, o conjunto de reglas que regulan el flujo de información.

Un protocolo de comunicación, que estudiaremos en este curso, es **MODBUS**.

ACTIVIDADES

- 1.- Si estás hablando con un compañero, identifica los elementos de la comunicación que se requieren para dicha conversación.
- 2.- Una TV que emite la señal proporcionada por un canal de TV, ¿Consideras que en este caso hay una comunicación? Identifica los elementos de la comunicación. ¿En qué difiere de la anterior?
- 3.- Cuando transfieres un programa hecho en el SYSMAC STUDIO a un PLC Omron ¿Consideras que en este caso hay una comunicación? Identifica los elementos de la comunicación.

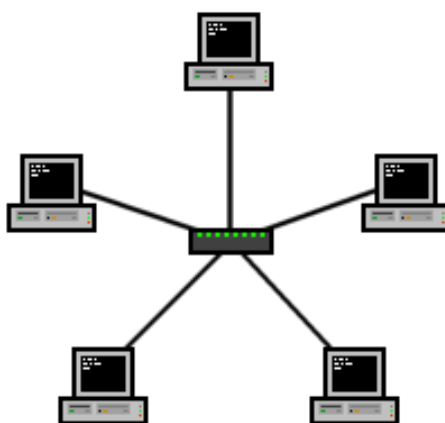


3.- Redes de Comunicación.

Una **red de comunicación** es el conjunto formado por las diferentes estaciones (PC, PLC, Switch...) y los medios de transmisión que las comunican.

Llamaremos **subred** al conjunto de estaciones relacionadas entre sí. Por ejemplo los PC's de un aula forman una subred, de la red formada por todos los PC's del instituto. Los elementos de una red son:

- **Líneas de transmisión:** Constituyen el medio de transmisión, por el que se transportan los mensajes.
- **Estaciones:** **Cualquier elemento** que está conectado a la red de comunicación, sean terminales o no. Las estaciones se pueden dividir en dos tipos:
 - **Estaciones no terminales o enrutadores:** Son los encargados del direccionamiento o conmutación de la información a través de la red, donde la información solo está de paso. (Estaciones de metro de transbordo). Cada subred se encuentra unida a otra subred por medio de un elemento enrutador. Ejemplos de enrutadores son los switch o routers.
 - **Estaciones terminales o nodos:** Son elementos donde se procesa la información y se actúa de forma correspondiente. Ejemplos de nodos son una impresora, un PC o un Autómata programable.



ACTIVIDADES

4.- En la anterior imagen, identifica un nodo, una estación, una línea de transmisión y una subred.

Las redes de comunicación se pueden clasificar atendiendo a varios criterios:

CRITERIO	TIPO DE RED
PROPIEDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Públicas • Privadas
TIPO DE ENLACE	<ul style="list-style-type: none"> • Punto a punto • Multipunto
TÉCNICAS DE TRANSFERENCIA DE DATOS	<ul style="list-style-type: none"> • Red de conmutación de circuito • Red de conmutación de paquete: Circuito virtual y Datagrama
EXTENSIÓN GEOGRÁFICA	<ul style="list-style-type: none"> • WAN (<i>Width Area Network</i>) Red de área extendida • LAN (<i>Local Area Network</i>) Red de área local
TOPOLOGIA	<ul style="list-style-type: none"> • Bus • Árbol • Anillo • Estrella

3.1- Propiedad.

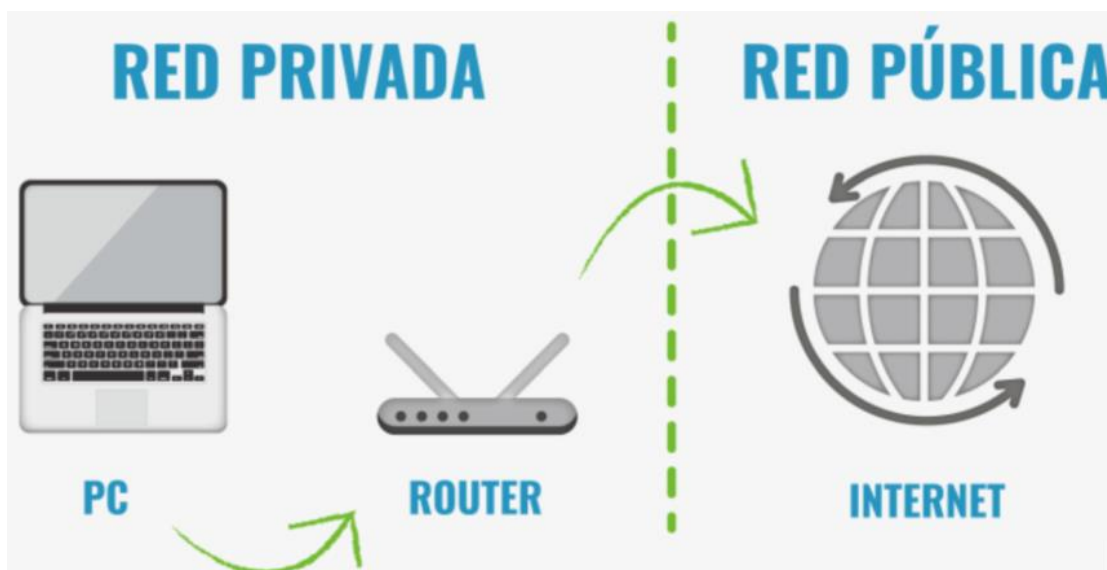
En función de la propiedad de una red, podemos hablar de una red **pública** o una red **privada**.

Red Pública

Una red **pública** es básicamente el tipo de red **que nos proporciona un servicio de conexión o telecomunicaciones a nuestro equipo a cambio del pago de una cuota de servicio**.

Cuando nosotros nos conectamos a Internet, a través de un router, nos estamos conectando claramente a una red pública. En este tipo de redes, disponemos de acceso a servidores ubicados de distintos lugares del mundo para que éstos nos presten un servicio que puede ser gratuito o de pago.

Una red pública **no** significa que tengamos acceso por Wi-Fi a una red sin contraseña, para nada. Precisamente esta red Wi-Fi puede ser pública o privada al igual que ocurre cuando nos conectamos mediante cable. Tampoco una red pública significa que nuestros archivos vayan a ser de acceso público cuando estemos conectados a ella, es justamente lo contrario.



Pero además de Internet, existen otras redes con la consideración de públicas. Estas son por ejemplo las redes de telefonía, en donde a través del previo pago a un operador, éste nos suministra la capacidad de realizar llamadas y establecer conexiones de voz y datos con otros dispositivos. O también pueden ser la red de televisión digital terrestre o la de radio AM, FM, etc. Son redes públicas a las que conectamos un dispositivo para recibir el servicio de televisión, en unos casos gratuitos, y en otros mediante pago.

Red Privada

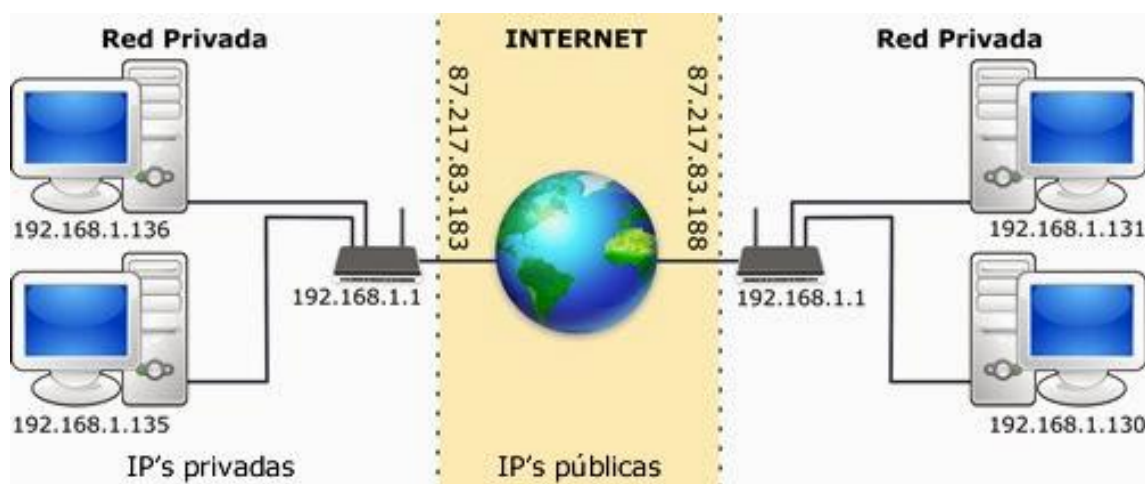
En una red privada existe la figura de un **administrador** que se encarga de configurarla, mantenerla y gestionar sus permisos y seguridad.

Existen redes privadas en organizaciones en donde existen multitud de dispositivos ubicados dentro de un recinto y conectados a switchs a través de cables. En estas redes privadas, un usuario que sea externo a esta red no podrá conectarse a ella para acceder a Internet, el acceso solamente está restringido a los usuarios que estén en el interior de ella, en la mayoría de los casos claro.

Pero la mayoría de nosotros estaremos conectados a una red privada, aunque no lo parezca. En el momento en que nuestro equipo está conectado a través de un router, estamos creando una pequeña red privada en nuestro domicilio, de la cual nosotros mismos somos los administradores.

Dentro de esta red podremos hacer lo mismo que las empresas, es decir, compartir archivos entre ordenadores que también estén dentro, conectar distintos equipos, construir almacenes de credenciales, etc.

En la mayoría de ocasiones una red privada está conectada a una red pública, como en el caso de todos nosotros y de las compañías que quieren acceder a los servicios de Internet.



El caso de las redes **VPN** es algo más particular, ya que, a pesar de ser redes **privadas**, la conexión se efectúa a través de una red **pública**. Tratemos de explicar esto mejor.

Cuando nosotros estamos conectados a una **red privada virtual** (VPN), estamos creando de forma virtual una red interna bajo un potente encriptado para que solamente los ordenadores y dispositivos conectados a ella, se puedan comunicar de forma libre y compartir sus archivos como si de una red privada se tratase. A estas conexiones se le llaman **túneles** porque no tienen contacto con el exterior.

Cuando queremos hacer un escritorio remoto a nuestro ordenador de casa, desde otro país, por ejemplo, lo que tendríamos que hacer es conectar estos dos ordenadores a una **VPN** creada por nosotros mismos o un servicio de pago, para que solamente nosotros sepamos lo que estamos haciendo. De esta forma la información que viaja desde un pc a otro no será expuesta a Internet para que todos la conozcan.

Cuándo conectar nuestro equipo a red pública o privada

Quizás nunca te hayas percatado, pero cuando procedemos a conectar un equipo a una red, ya sea Wi-Fi o cable, **Windows nos va a preguntar si eso es una red pública o privada**. El sistema debe conocer dónde está el PC conectado para **saber qué tipo de seguridad va a implementar** en la conexión con su respectivo firewall o permisos de archivos compartidos.

Red privada

Cuando nuestra conexión está configurada como red privada, significará que el sistema operativo entiende que estamos dentro de una organización (la de nuestra propia casa) **en donde existe un dispositivo que nos aísla físicamente de la red de Internet**. De esta forma configurará el **uso compartido de archivos** entre los ordenadores que estén dentro de esta red para que, si nosotros queremos puedan verlo o entrar dentro o hacer modificaciones.

Red pública

Si en el otro caso nos conectamos a una red pública, nuestro sistema entenderá que nuestro equipo está conectado directamente a Internet o a una **red en donde hay otros usuarios conectados que no tienen por qué saber nada acerca de nosotros** (por ejemplo, un bar o una biblioteca). De esta forma el sistema pondrá todos los medios necesarios para que **otros equipos no nos puedan ver**, ni siquiera el nombre de nuestro equipo. Para que no sepan que estamos conectados.

Diferencias entre una red pública y privada

Dicho todo esto, vamos a resumir las diferencias básicas entre los dos tipos de redes que hemos visto:

Públicas

- Para acceder a ellas tendremos que **disponer de una suscripción** o servicio de abonado, aunque en otras ocasiones podremos hacerlo de forma libre, como la radio o TDT.
- **Son accesibles por todo el mundo**, simple que tengamos en cuenta el punto anterior.
- **Son de gran tamaño**, de ámbito, provincial, nacional o mundial, como la televisión o Internet.
- Están sujetas a **normativas de acceso y privacidad**, tanto del país donde operen como en el resto del mundo.
- Cuando nos conectamos a una de ellas, **nuestro equipo restringirá el uso de archivos compartidos** e identificación del equipo. (se puede modificar).
- **Sin la debida protección activada, nuestro equipo será vulnerable** a todo tipo de ataques externos. (Aunque bueno, esto ocurre en cualquier caso sea la red que sea)
- **La velocidad de transferencia de datos depende de los servicios contratados** y del operador.

Privadas

- Solamente podrán acceder los equipos y dispositivos que estén **dentro del rango de operación de la red**.
- Se necesitarán en la mayoría de casos corporativos unas **credenciales** que el administrador deberá dar de alta.
- **Su configuración interna, equipos, y permisos son invisibles de cara al exterior**, desde una red pública.
- **Se pueden crear VPN** para extender su rango de operación.
- Casi siempre **están conectadas a una red pública a través de una puerta de enlace** segura para recibir y enviar datos al exterior.

- En su interior, **tendremos acceso a datos compartidos** o a otros dispositivos.
- **La velocidad de transferencia de datos no depende de un operador**, solo de la capacidad de los enrutadores.

3.2- Tipo de enlace.

Según el tipo de enlace podemos hablar de redes punto a punto o multipunto.

- **Punto a punto.** Cada línea de transmisión conecta únicamente dos nodos o estaciones intermedios y a través de ellos podemos conectar nuestras estaciones. La forma en que se conectan los nodos da origen a diferentes topologías: estrella, anillo, árbol ... (punto 3.5 de este documento)



- **Multipunto o de difusión.** En este caso, el medio de transmisión une más de 2 estaciones. Cada estación en si es emisora y receptora, que se comunica con otras estaciones sobre el mismo medio de transmisión. Las demás estaciones pueden ver los mensajes que se emiten. Por tanto, se precisa una identificación (direccionamiento) para indicar el destinatario del mensaje. Las topologías pueden ser en bus o anillo. La conexión multipunto en bus es la más utilizada en el ámbito industrial de las comunicaciones.



3.3- Técnicas de transferencia.

En función de las técnicas de transferencia utilizadas por los participantes de la red tenemos:

- **Red de conmutación de circuitos.** La conmutación es el proceso de establecimiento de una conexión entre dos usuarios de la red. En una red de conmutación de circuitos, cada comunicación que se establece, viaja a través de un circuito que se libera al finalizar la comunicación. Ésta se realiza en tres fases: **creación** del circuito (se van creando los circuitos entre origen y destino), **transferencia** de los datos y **liberación** del circuito. Esta técnica se emplea en comunicaciones telefónicas, utilizando múltiples centrales conmutadas. (Operadora de telefonía antigua)
- **Red de conmutación de paquete.** Se basa en la división de los mensajes en pequeños trozos llamados **paquetes**. Estos paquetes son los que se transmiten de nodo en nodo y no la totalidad del mensaje como un único bloque. Los paquetes de información, se encapsulan en una **trama**, a la que se añadirán bits con las direcciones de destino y origen, bits de control... (metadatos). Es posible que los paquetes de un mismo mensaje viajen por distintos nodos.

En función de la estrategia para enviar estos paquetes desde el origen hasta el destino, diferenciamos entre:

Por datagrama, los paquetes se envían sin establecer una conexión previa entre los dos usuarios, es decir, **no se ha establecido un único camino** que se mantenga durante toda la comunicación. Es la utilizada por los protocolos TCP/IP. (Internet).

Por circuito virtual, se basa en el envío de una primera trama con la dirección destino, que va siendo identificada por cada nodo; estos nodos identificarán después el resto de los paquetes del mensaje y los enviarán secuencial y automáticamente por el **mismo camino**.

3.4- Extensión geográfica.

Un criterio para clasificar las redes de comunicaciones es el su extensión geográfica. Hablamos de redes **LAN**, **MAN** y **WAN** principalmente.

Red de área local (LAN)

Una infraestructura de la red que proporciona acceso a usuarios o terminales en un área geográfica pequeña, generalmente una empresa, hogar y pequeña red empresarial.

Red de área amplia (WAN)

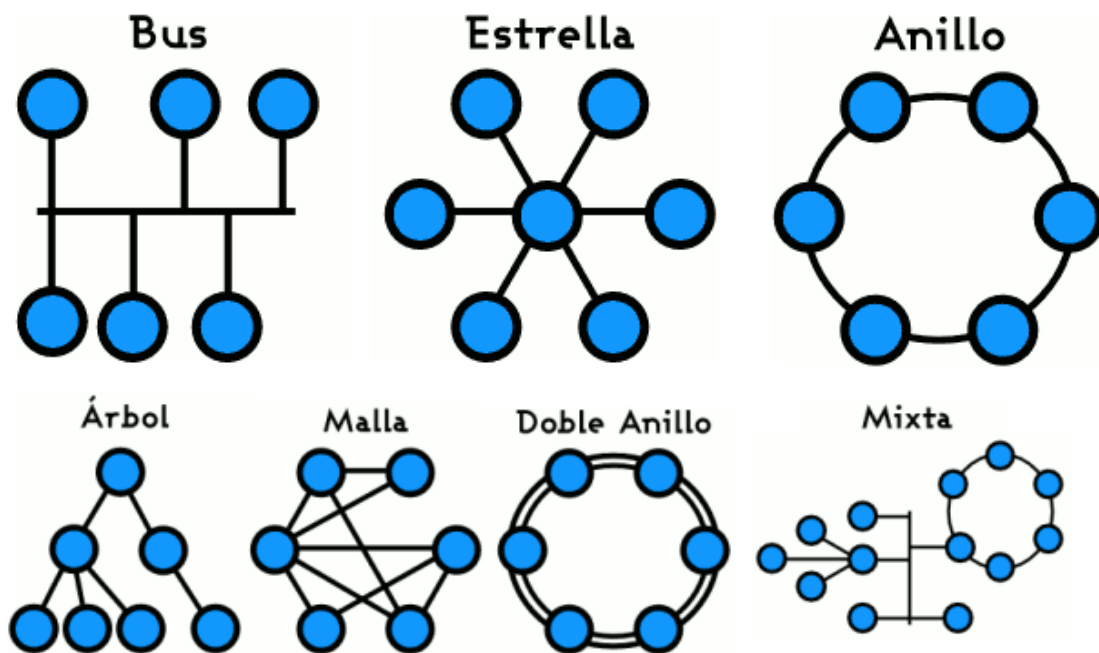
WAN es la sigla de Wide Area Network, una expresión en inglés que puede traducirse como Red de Área Amplia. Esto quiere decir que la red WAN es un tipo de red que cubre distancias de entre unos 100 y unos 1.000 kilómetros, lo que le permite brindar conectividad a varias ciudades o incluso a un país entero.

Red de área metropolitana (MAN)

Son infraestructuras de red que abarcan un área física mayor que la de una LAN pero menor que la de una WAN (por ejemplo, una ciudad). Por lo general, la operación de MAN está a cargo de una única entidad, como una organización de gran tamaño.

3.5- Topología.

En función de cómo conectamos los diferentes elementos que componen una red, podemos diferenciar principalmente, las siguientes topologías:



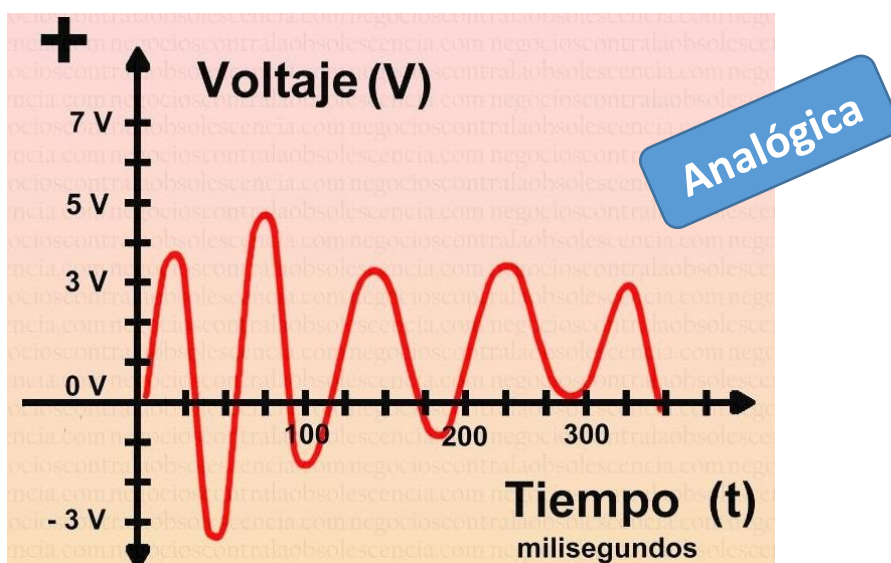
En la industria, la topología más utilizada es la de **Bus**.

4.- Conceptos y terminología en las telecomunicaciones.

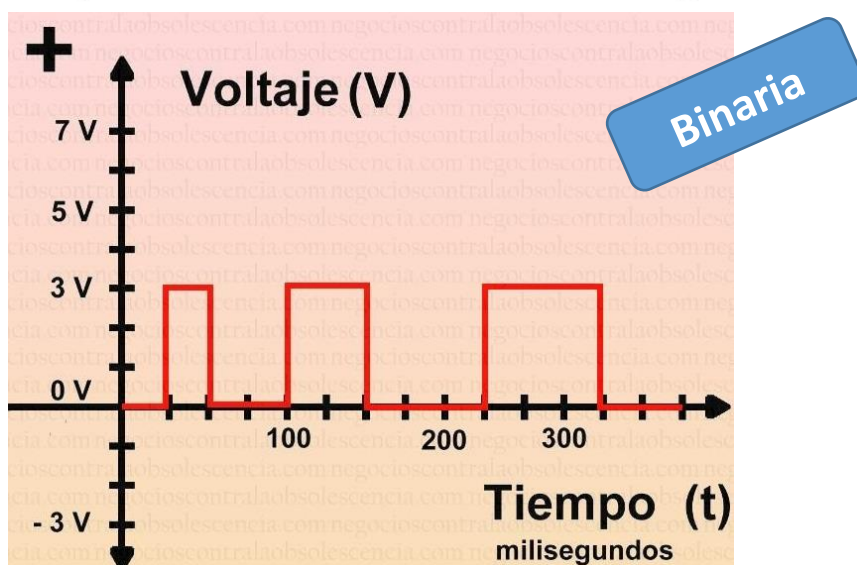
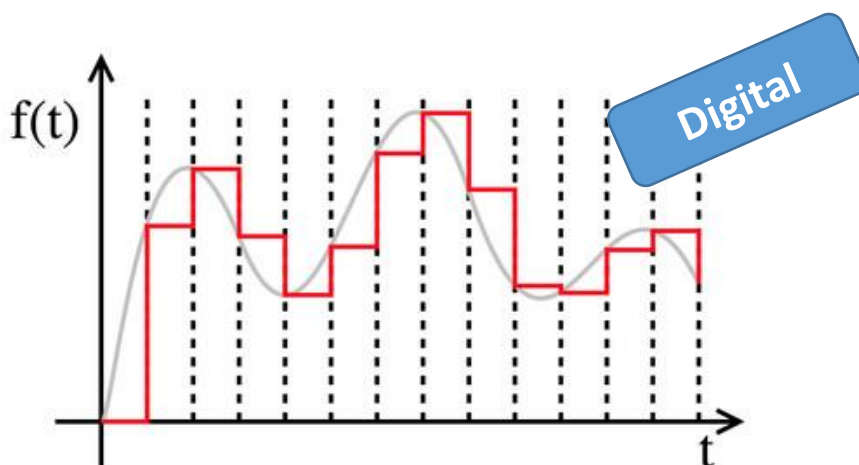
Vamos a hablar de una serie de conceptos y términos sobre las señales electromagnéticas, que se usan para la transmisión de datos. Para poder entender mejor estos conceptos, primero nos fijaremos en el **tiempo** y después en la **frecuencia**.

4.1.- Conceptos y terminología en el dominio del tiempo

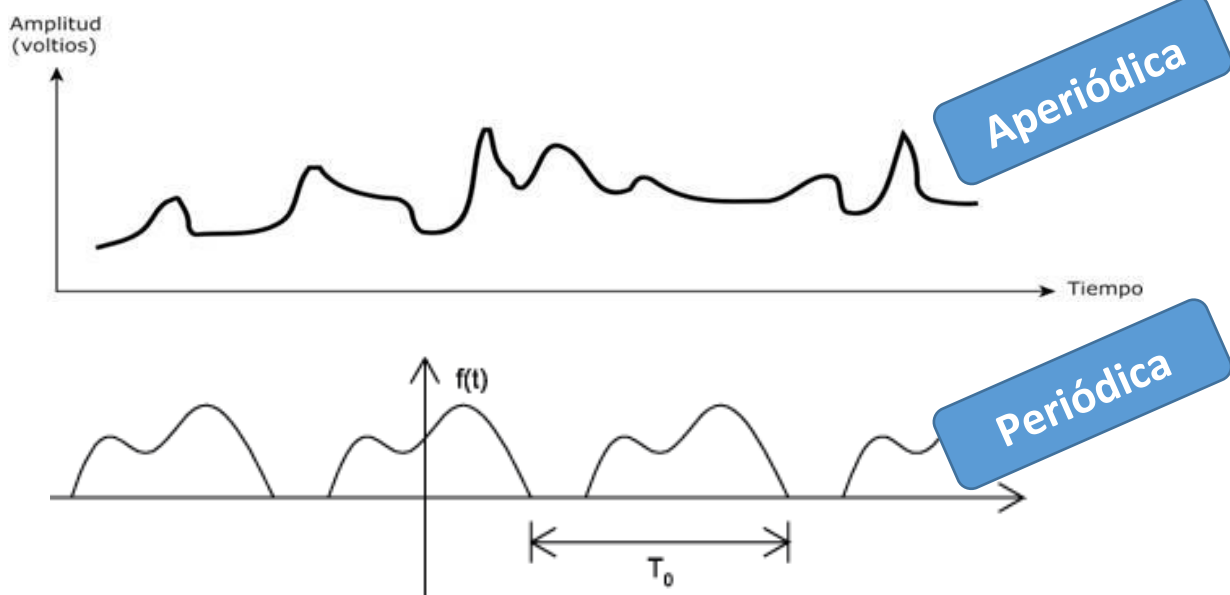
Las señales pueden ser **analógicas** o **digitales**. Las señales analógicas pueden tener un número infinito de valores dentro de un rango. Ejemplo de señales analógicas pueden ser la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, etc.



Las señales digitales solo pueden tener un número limitado de valores. Si el número de valores posibles es **2**, se habla de señal digital **binaria**.



A su vez pueden ser **periódicas**, si existe un patrón de repetición en el tiempo o **aperiódicas**, si no existe ningún patrón que se repita.



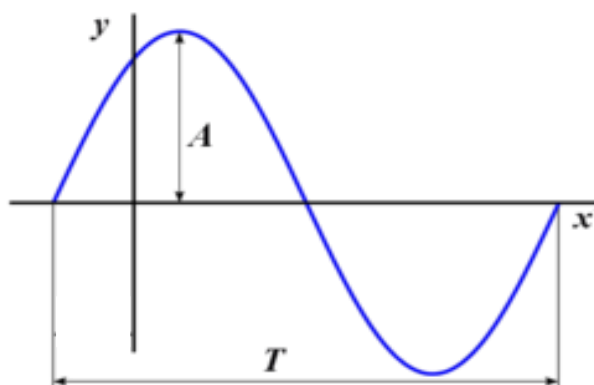
La onda **seno** es la señal periódica más conocida (¿Por qué?). Los parámetros que definen una señal sinusoidal son: **Período**, **Amplitud o Valor máximo**, **fase**, **frecuencia**, **longitud de onda**, **valor eficaz** y **valor instantáneo**. <https://www.edumedia-sciences.com/es/media/117-alternadores-1> <https://www.youtube.com/watch?v=VSCT8dsF14I>

Período

Representa el tiempo en segundos que tarda la señal en recorrer todos los valores posibles hasta empezar a repetirlos. Se representa por la letra "**T**".

Amplitud o Valor máximo

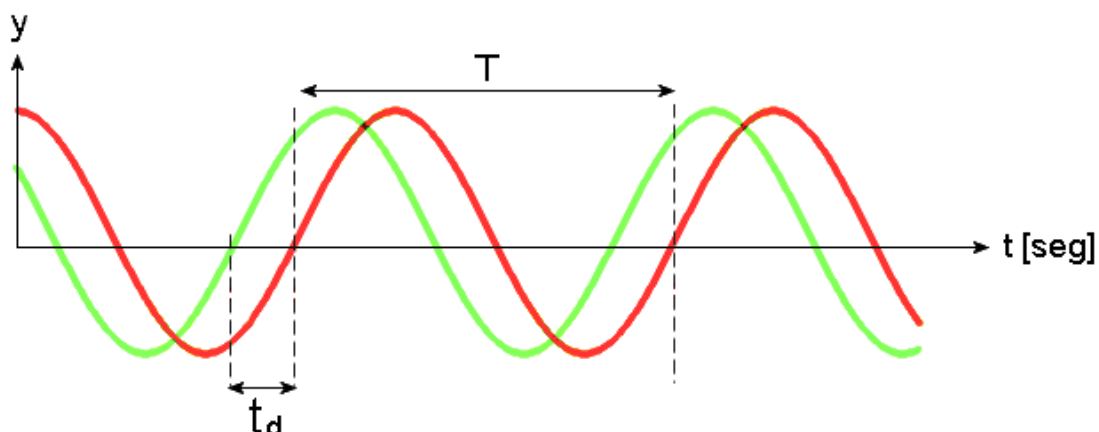
Representa el valor máximo que alcanza la señal. Se representa con la letra "**A**" y sus unidades dependerán de si la señal es de tensión (Voltios) o corriente (Amperios)



A este valor también se le conoce como **tensión de pico (V_p , V_{pk})**. Si hablamos de la tensión entre el máximo y el mínimo, nos referiremos a la **tensión de pico a pico (V_{pp})**

Fase

La fase de una señal sinusoidal es un parámetro que tiene su importancia cuando trabajamos con **dos o más señales sinusoidales**. Representa el tiempo que tarda una señal en alcanzar su máximo, a partir del instante que lo alcanzó la otra señal de referencia. Hablamos de tiempo de desfase aunque se suele representar no por unidades de tiempo sino en unidades de grados, concretamente en radianes. Tenemos en cuenta para esto, que una cantidad de segundos igual al período, son 2π radianes.



Hablamos pues de que dos señales están en fase cuando alcanzan sus máximos y mínimos al mismo tiempo. Si hablamos de desfase es que existe un retardo o adelanto de una respecto la otra en alcanzar los anteriores máximos y mínimos.

Frecuencia

La frecuencia representa el número de ciclos completos que realiza una señal sinusoidal en un segundo. Físicamente representa lo mismo que el período, lo estrecha o ancha que es la señal. Se representa por la letra minúscula **f** y sus unidades son los Hercios (**Hz**).

Es fácil deducir que el período y la frecuencia son inversamente proporcionales, es decir, cuando uno aumenta el otro disminuye y viceversa.

Matemàticament, esta relació se representa por:

$$f = \frac{1}{T} \rightarrow T = \frac{1}{f}$$

Entenderás que la frecuencia anterior de la señal sinusoidal, está relacionada con la velocidad a la que gira el alternador que la genera. A esta velocidad de giro del alternador se denomina, velocidad angular o **frecuencia angular**. Se representa por **w** y sus unidades son radianes por segundo. La relación de la frecuencia angular con la frecuencia es:

$$w = 2\pi f$$

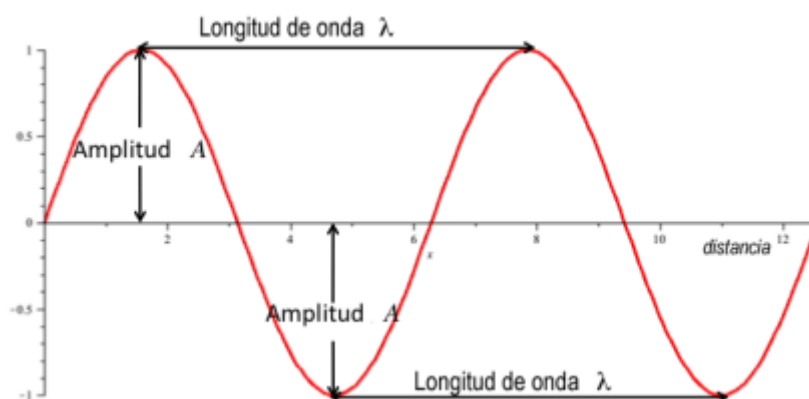
Recuerda la frecuencia f se mide en Hz y la frecuencia angular en rad/s.

Longitud de onda

La distancia existente entre dos crestas o valles consecutivos es lo que llamamos **longitud de onda**. La longitud de onda describe cuán larga es la onda. Las ondas de agua en el océano, las ondas de aire, y las ondas de radiación electromagnética tienen longitudes de ondas.

La longitud de onda representa la distancia real recorrida por una onda que no siempre coincide con la distancia del medio o de las partículas en que se propaga la onda.

La letra griega "**λ**" (lambda) se utiliza para representar la longitud de onda. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda. Una **longitud** de onda **larga** corresponde a una **frecuencia baja**, mientras que una longitud de onda corta corresponde una frecuencia alta.



La unidad de medida de la longitud de onda es el **metro**, como la de cualquier otra longitud. La longitud de onda puede ser desde muy pequeña, se mide usando desde un nanómetro (milmillonésima parte de un metro) y angstroms (diez mil millonésima parte de un metro) hasta cientos de metros.

La relación entre la longitud de onda y la frecuencia es:

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

Donde **c** es la velocidad de propagación de la onda en metros por segundo y **f** es su frecuencia en Hz. Si la onda es una señal electromagnética, la velocidad **c** es de 300.000 km/s.

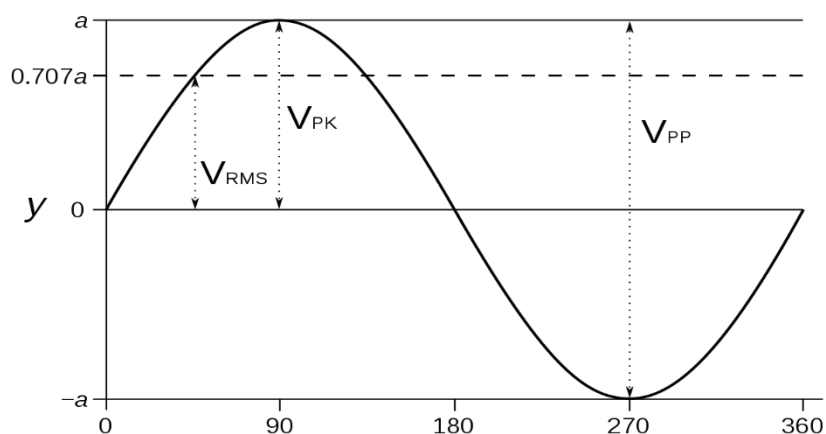
Valor eficaz

El valor eficaz de una tensión alterna (**V_{ef}**) es aquel valor, rigurosamente constante, que causaría los mismos efectos que la tensión alterna original.

Matemáticamente se obtiene como la media cuadrática de los valores alternos. Por esta razón se la conoce por **V_{RMS}** (root mean square).

Para las señales alternas sinusoidales, el valor eficaz se calcula a partir del valor máximo mediante una sencilla expresión:

$$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707 \cdot V_{max}$$



Importante: El valor eficaz de una corriente alterna, es independiente de la frecuencia o período de la señal.

El primer servicio eléctrico suministrado en España, era con corriente continua. Con el tiempo se demostró que el transporte de la corriente alterna era más adecuado, entre otros motivos, por la facilidad de elevar y reducir la tensión con transformadores.

Cuando se cambió el servicio de corriente continua a corriente alterna, se optó por ofrecer, como valor característico, el valor eficaz (V_{ef}). El motivo fue porque era el valor, con el cual, se podían comparar ambos servicios: el de corriente continua y el de corriente alterna. De esa forma una corriente eficaz es capaz de producir el mismo trabajo que su valor en corriente continua.

Valor instantáneo

El valor instantáneo es aquel que toma la señal en un instante concreto. Para conocer este valor, necesitamos tener una expresión que nos relacione el valor de la señal con el tiempo. Por suerte, conocemos la función seno que nos va a venir de perlas.

$$V(t) = V_{max} \cdot \sin(\phi + \omega t) = V_{max} \cdot \sin(\phi + 2\pi f t)$$

t = tiempo a partir del inicio de puesta en marcha del alternador

ϕ =ángulo inicial o ángulo en el inicio en marcha del alternador

f =frecuencia

V_{max} = Valor máximo de la señal alterna generada

Necesitamos pues estos cuatro valores para conocer exactamente el valor de la señal en un instante dado.

Afortunadamente tenemos herramientas para experimentar con las ecuaciones matemáticas y su representación. Una muy popular es la herramienta **desmos**: <https://www.desmos.com/calculator>

ACTIVIDADES

5.- La señal eléctrica en España es actualmente de 230V eficaces y 50 Hz de frecuencia. Calcula la longitud de onda, la frecuencia angular, la tensión máxima, la tensión de pico a pico y el periodo.

6.- En la aplicación desmos, representa la señal eléctrica en España.

7.- Calcula el valor instantáneo de la señal eléctrica en España en el instante 1 segundo después, de iniciarse la señal y suponiendo un ángulo inicial de 0 radianes.

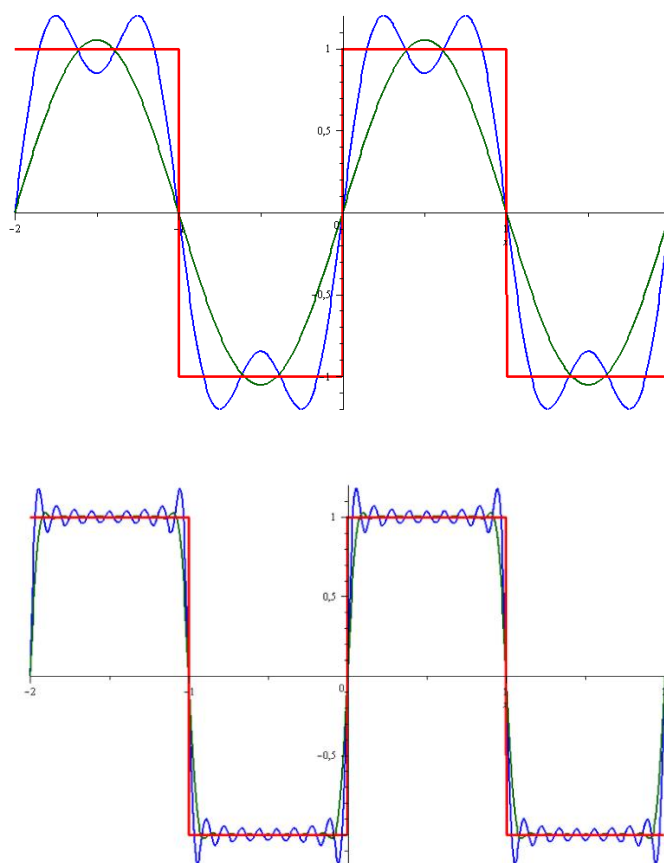
4.1.- Conceptos y terminología en el dominio de la frecuencia.

En la realidad, las señales que se utilizan en las comunicaciones están formadas por la **suma de varias señales de diferentes frecuencias**. Mediante el teorema de **Fourier**, cualquier señal periódica puede descomponerse en una o más componentes frecuenciales, llamados **armónicos**.

Cada armónico corresponde con una señal sinusoidal con frecuencia múltiplo de la frecuencia de la señal original. De cada armónico, podremos modificar su frecuencia (múltiplo de la original) y su amplitud.

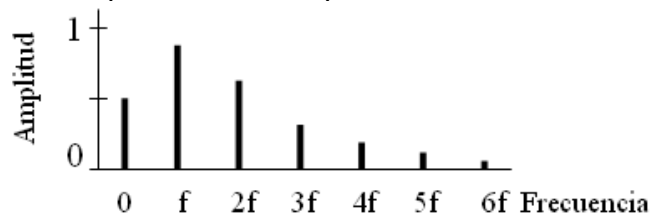
Se llama **espectro de una señal** al conjunto de frecuencias de los armónicos que la constituyen.

Para que las señales transmitidas desde el emisor, puedan ser reproducidas con suficiente fidelidad en el receptor, deben mantener el suficiente número de armónicos.



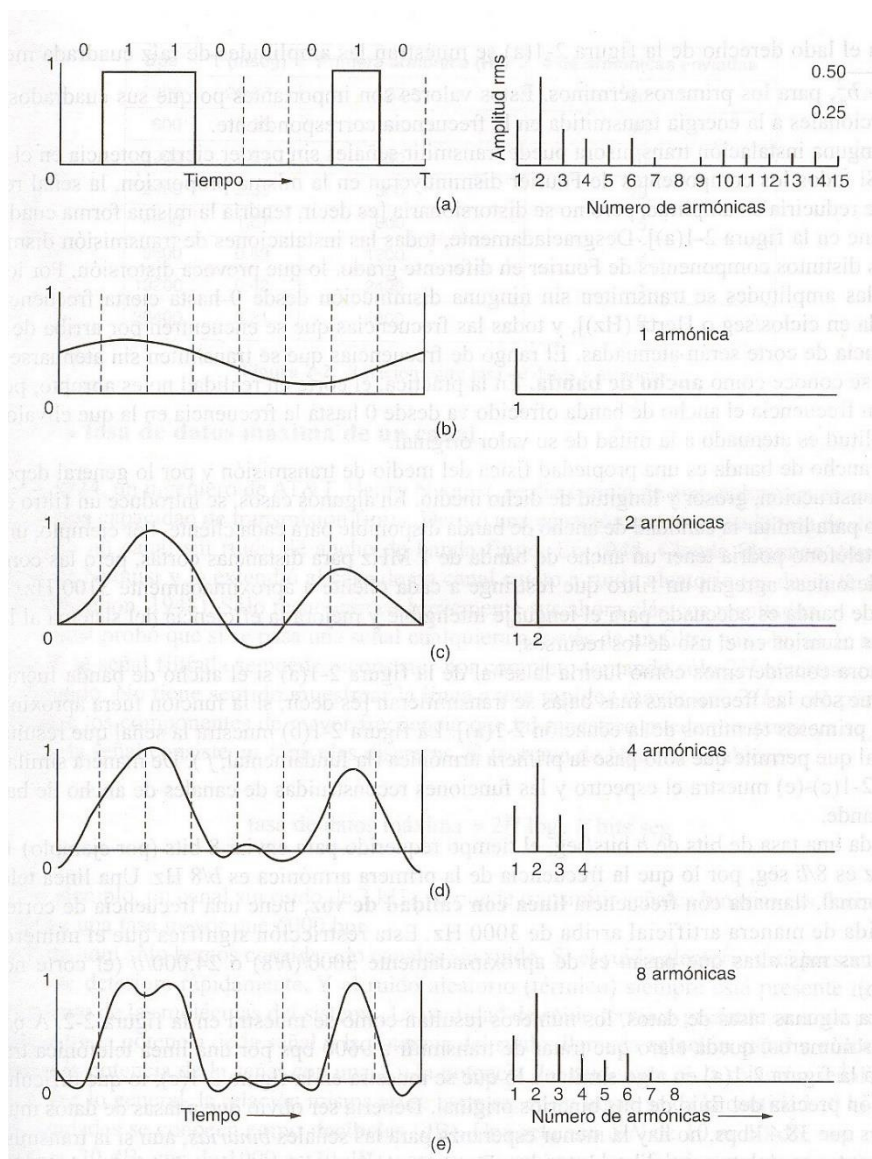
<https://medium.com/@rajarshidey1729>

*Espectro de frecuencias de una señal de frecuencia f , amplitud **1** y con **componente continua**. Se observa que la amplitud de los armónicos va disminuyendo a partir de la 6ª componente. Por tanto habrá que garantizar que el medio permita el paso de 6 componentes como mínimo.*



Ejemplo 2

*En la figura podemos ver la transmisión del carácter **b** en ASCII (01100010). La parte izquierda de la figura muestra la señal suma de los armónicos considerados. La parte derecha muestra la Amplitud de cada armónico. Cuantos más armónicos usemos, más fiel es la reconstrucción de la señal original.*



Se define **ancho de banda absoluto de una señal** como la anchura del espectro, es decir, la diferencia entre la frecuencia mayor y la frecuencia menor, de todos sus armónicos (los que se hayan considerados).

Muchas señales tienen un ancho de banda infinito. No obstante, la mayor parte de la energía (90% del total) de la señal se concentra en una banda de frecuencias relativamente estrecha, denominada **ancho de banda efectivo**, o simplemente ancho de banda, el cual se mide en Hertzios.

Por lo general, en un medio de transmisión, las amplitudes se transmiten sin ninguna disminución desde 0 hasta **cierta frecuencia de corte (fc)**, 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 más de un 10%, es el **ancho de banda**. En este caso nos referimos al ancho de banda del canal o medio de transmisión.

Resumiendo, el ancho de banda en hertzios, es el rango de frecuencias contenidas en una señal o el rango de frecuencias que un medio de transmisión puede transmitir sin atenuar más de un 10%.

Por ejemplo el ancho de banda de una línea telefónica es de **4000 Hz**. En cambio el oído humano puede detectar frecuencias entre 20 Hz y 20KHz. El oído humano por tanto, puede escuchar un ancho de banda de **18980 Hz**, mucho mayor que el ancho de banda de la línea de teléfono, 4000 Hz. Si has escuchado a alguien cantar por teléfono, entenderás las consecuencias de esto.

Relación entre la velocidad de transmisión y el ancho de banda.

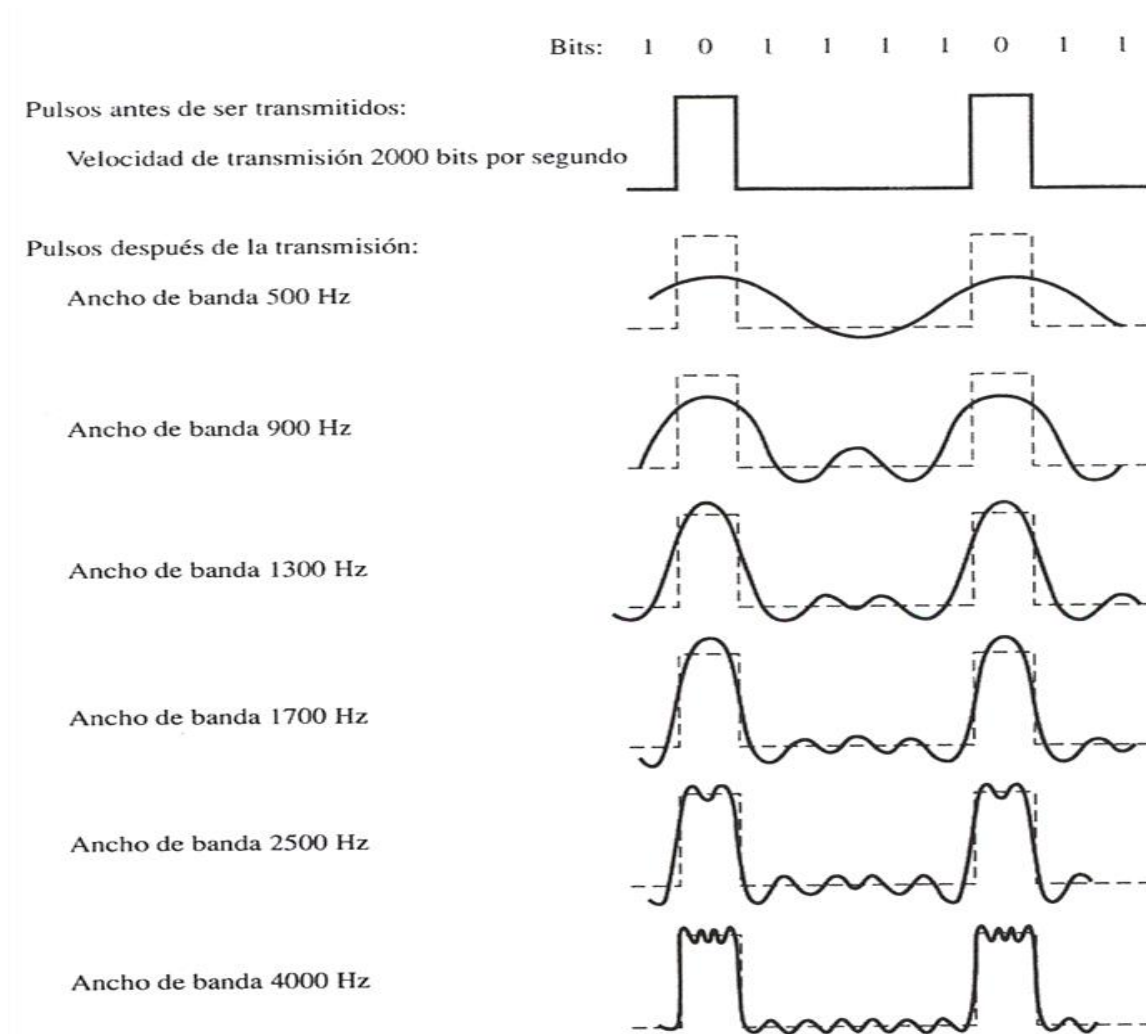
El término ancho de banda también se puede referir al número de bits por segundo (bps) que un medio puede transmitir. En este caso hablamos de velocidad de transmisión. Por ejemplo se puede decir que el ancho de banda de una red Fast Ethernet es como máximo de 100 Mbps.

El **ancho de banda** es una propiedad **física** del medio de transmisión y depende de la construcción, grosor y longitud de dicho medio. Aunque una forma de onda dada contenga frecuencias de valores muy dispares, por cuestiones prácticas, cualquier sistema de transmisión, solo podrá transmitir una banda limitada de frecuencias. Esto hace que la velocidad de transmisión máxima en el medio esté limitada.

Existe una relación entre la velocidad de transmisión y el ancho de banda: **cuando mayor es la velocidad de transmisión de la señal, mayor es el ancho de banda necesario**. Visto de otra forma, cuanto mayor es el ancho de banda de un medio de transmisión, mayor es la velocidad con la que se pueden transmitir los datos.

Ejemplo

En la siguiente figura se muestra una cadena de bits con una velocidad de transmisión de **2000 bps**. Con un ancho de banda igual a 2500Hz o 1700Hz, la representación es bastante buena, pero por debajo, un desastre. Podemos concluir diciendo que limitar el ancho de banda, limita velocidad de transmisión.



5.- Transmisión de datos analógicos y digitales.

Se define **dato** como cualquier entidad capaz de transportar información. Las **señales** son representaciones eléctricas o electromagnéticas de los datos. Por último, se define la **transmisión** como la comunicación de datos mediante la propagación y procesamiento de señales.

Los datos analógicos pueden tomar valores en un intervalo continuo. Por ejemplo el audio, la voz humana, el video, datos que capturan sensores de temperatura o presión, etc.

Los datos digitales toman valores discretos, es decir toman un número finito de valores, por ejemplo las cadenas de texto, los números enteros.

5.1. Señales analógicas y digitales.

En un sistema de comunicaciones, los datos se propagan de un punto a otro mediante señales electromagnéticas.

Una señal analógica es una onda electromagnética que varía continuamente y que, según sea su espectro, puede propagarse a través de una serie de medios guiados (par trenzado, cable coaxial, etc...) o no guiados. Un parámetro muy importante de una señal analógica es su **ancho de banda**, que es la diferencia entre las frecuencias máxima y mínima que componen dicha señal. En este margen de frecuencias es donde se concentra la mayor parte de energía de la señal. Las ondas sonoras poseen un margen de frecuencias entre 20Hz y 20KHz. No obstante, en los sistemas telefónicos, con un ancho de banda mucho menor 300 a 3400Hz obtenemos una buena y fiel representación de la voz humana. Otro ejemplo es la señal de video cuyo espectro de frecuencias abarca desde 0 a 5MHz.

Una señal digital es una secuencia de pulsos de tensión que se puede transmitir a través de un medio conductor; por ejemplo, un nivel de tensión positiva representa un 0 binario y un nivel de tensión negativa un 1.

6.- Dificultades en la transmissió.

Al transmetre, a través de un mitjà, la senyal que se rep rep difereix de la senyal transmesa degut a diverses **adversitats** i **dificultats** sufrides en la transmissió. En les senyals analògiques, aquestes dificultats poden degradar la qualitat de la senyal. En les digitals es generaran bits erronis: un 1 binari es transforma en un 0 i viceversa. Les perturbacions més importants són:

- La atenuació.
- La distorsió.
- El ruïde.

6.1. Atenuació.

En qualsevol mitjà de transmissió, es produeix una **pèrdua de la energia** de la senyal al transitar per el mitjà de transmissió. Aquest es coneix com a **atenuació**.

En els mitjans de transmissió guiats aquesta reducció de l'energia és exponencial i es expressa en **dB** per unitat de longitud, i depèn de les característiques dels cables.

$$\text{Atenuació} = 10 \cdot \log_{10} \cdot \frac{\text{Potència}_{\text{Entrada}}}{\text{Potència}_{\text{Salida}}} \text{ [dB]}$$

$$\text{Atenuació} = 20 \cdot \log_{10} \cdot \frac{\text{Tensió}_{\text{Entrada}}}{\text{Tensió}_{\text{Salida}}} \text{ [dB]}$$

$$\text{Atenuació} = 20 \cdot \log_{10} \cdot \frac{\text{Corrent}_{\text{Entrada}}}{\text{Corrent}_{\text{Salida}}} \text{ [dB]}$$

En els mitjans no guiats, a més de la distància, cal considerar les condicions climàtiques.

Para recuperar la amplitud de la señal se utilizan **repetidores** insertados cada cierta distancia, si la señal a transmitir es **digital**, o **amplificadores** en el caso de señales **analógicas**.

6.2. Distorsión.

La distorsión se produce cuando la señal que llega al receptor **no tiene la misma forma**, con respecto al tiempo, que cuando salió del transmisor. Existen dos tipos:

- **Distorsión de retardo:** Se refiere al tiempo que la señal tarda en llegar desde el emisor al receptor, que dependiendo de la frecuencia de la señal transmitida, será diferente. Una señal que tenga varias componentes de frecuencia, unas llegaran antes que otras. Si se aumenta la velocidad de transmisión se aumenta la distorsión por retardo. Para corregir este efecto se emplean ecualizadores.

- **Distorsión de atenuación:** Anteriormente se ha dicho que la atenuación se incrementa con la distancia. También la atenuación depende de la frecuencia de propagación de la señal. Es decir, no todas las componentes de frecuencia de una señal llegan con el mismo nivel, y algunas se habrán atenuado más que otras. Esto provoca el cambio o distorsión de la forma de onda de la señal original, dado que sus componentes ya no aportan la misma amplitud.

6.3. Ruido.

El ruido es la perturbación más importante en los sistemas de comunicación. Se define como aquella **señal no deseada que no aporta ninguna información al receptor**, aunque si perjudica la calidad en la recepción de la misma. La señal de ruido se puede clasificar en cuatro categorías:

- **Ruido térmico:** Se produce cuando los electrones de los circuitos eléctricos chocan entre sí por efecto de la **temperatura**. Se presenta de manera uniforme en el espectro radioeléctrico. Es un ruido que no se puede eliminar.

- **Ruido de intermodulación:** Se produce cuando señales de distinta frecuencia comparten el mismo medio de transmisión. El efecto que se

produce es la aparición de señales a frecuencia que sean suma o diferencia de las dos frecuencias originales. Comúnmente se denomina ruido debido a **interferencias**.

• **Diafonía:** Es una perturbación que se produce **únicamente en cables metálicos**. Ocurre cuando la señal que se transmite en un cable se transfiere de forma electromagnética a otro cable próximo por el que viaja otra señal. Este efecto se produce cuando en una conversación telefónica se escucha otra conversación ajena.

• **Ruido impulsivo:** Los ruidos antes descritos son de magnitud constante y más o menos predecible. Por el contrario, el ruido impulsivo es no continuo y está constituido por pulsos o picos irregulares de corta duración y de amplitud relativamente grande. Son debidos a perturbaciones electromagnéticas o eléctricas, como un **rayo**, conmutación de **relés** o bobinas, **motores**, etc.

ACTIVIDADES

8.- Busca información sobre el ruido térmico, quien lo descubrió, a que se debe y cómo influye la temperatura sobre el mismo.

9.- ¿Qué es el SNR?

7.- Medios de transmisión guiados y no guiados.

Realizar una investigación sobre los diferentes tipos de medios de transmisión que se usan en las comunicaciones (medios guiados y no guiados). Redactar un documento y realizar una defensa-exposición del estudio. Incluirá:

- 1.- Cables de par trenzado.
- 2.- Cables coaxiales.
- 3.- Cables de fibra óptica.
- 4.- Bluetooth.
- 5.- Infrarrojos.
- 6.- Microondas.
- 7.- Wifi.

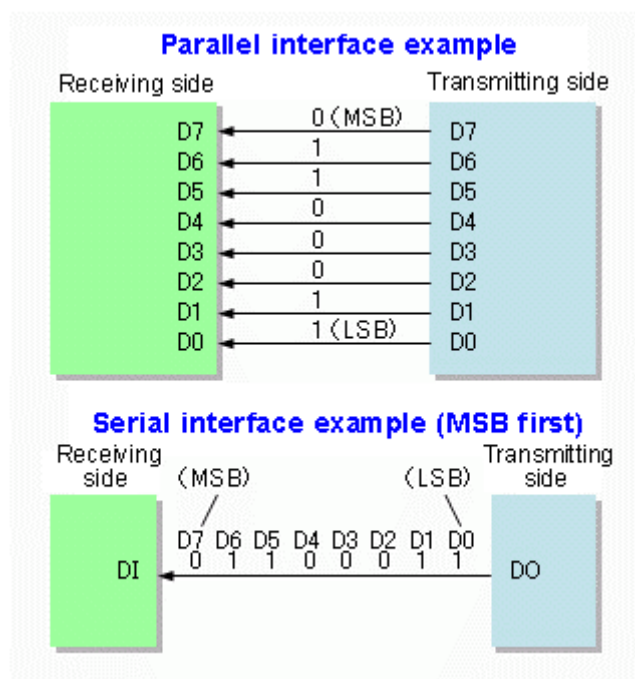
8.- Clasificación de las comunicaciones: Transferencias de datos.

La transferencia de datos admite varias clasificaciones en función de diferentes criterios:

- **Tipo de señal transmitida:** analógica o digital. Este aspecto ya ha sido tratado en el punto 4 y volveremos sobre él en el punto 9.
- **Simultaneidad de datos en el medio de transmisión:** serie o paralelo.
- **Simultaneidad de emisión y recepción:** simplex, half duplex o full duplex.
- **Tipo de sincronismo:** Transmisión síncrona o asíncrona.
- **Disposición de las estaciones de trabajo:** punto a punto o multipunto (ya visto anteriormente).
- **Modelo de comunicación:** Cliente-servidor o maestro-esclavo.

8.1. Simultaneidad de datos en el medio de transmisión.

En la transmisión serie los datos son transmitidos bit a bit, utilizando un único canal (interfaces RS-232, RS-422 y RS-485). En paralelo se transmiten varios bits al mismo tiempo, lo que implica la disposición de tantos conductores como bits se quieran transmitir.



Consideraciones	Serie	Paralelo
Número de Líneas	Una por línea y la masa	Varias según la longitud del dato. BCD (4), byte (8), WORD (16),...
Añade	Bits de control	Líneas de control
Longitud	Varios centenares de metros	2-3 metros
Velocidad	Lenta	Rápida
Aplicaciones	Tanto cortas como largas distancias. Bus de campo en la automatización industrial.	Cortas distancias. Buses de control y periféricos en una placa base de PC.

8.2. Simultaneidad de emisión y recepción.

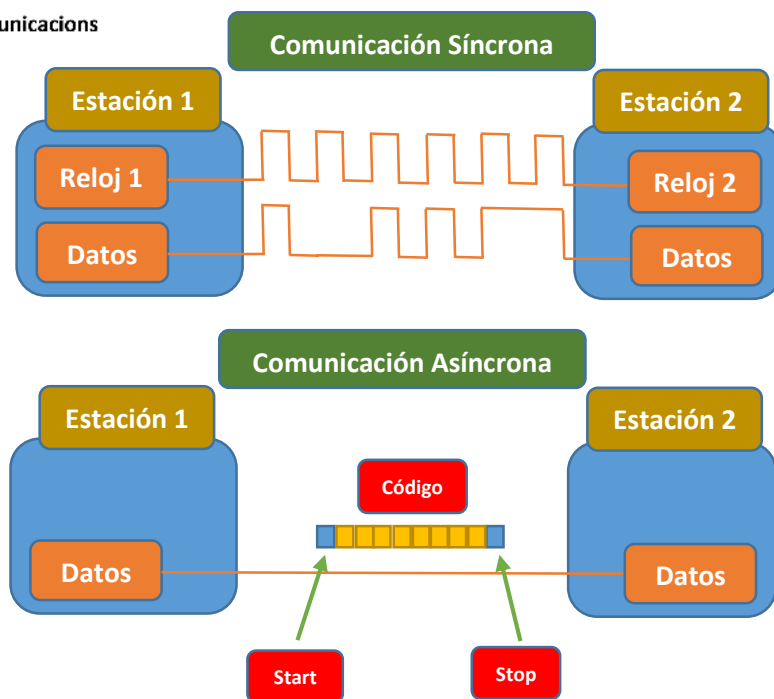
- **Simplex:** La transmisión se establece en un único sentido.
- **Half duplex** o semiduplex: La transmisión es en ambos sentidos, pero no simultáneamente. Se comparte el mismo canal de comunicación y el dispositivo encargado de la transmisión se encarga de conmutar entre recepción y transmisión.
- **Full duplex:** Los dos extremos pueden enviar y recibir datos. La comunicación es simultánea en ambos sentidos. Se precisan dos medios de transmisión en cada estación, uno para transmitir y otro para recibir.

8.3. Tipo de sincronismo.

Para que una comunicación sea correcta es necesario que el emisor y el receptor estén sincronizados. Existen dos estrategias: transmisión síncrona o asíncrona.

En la **transmisión síncrona** se utiliza una señal de reloj que envía el emisor y que sirve para que las dos estaciones sincronicen su reloj interno.

En la **transmisión asíncrona** no existe una señal de reloj entre las estaciones, y por tanto emisor y receptor no cuentan con una base común de tiempo. Cuando se envía una información esta va acompañada de una señal de inicio (**Start**) y otra de fin (**Stop**). En las comunicaciones industriales la transmisión predominante es la asíncrona.



8.4.- Modelo de comunicación.

Según como se establezcan las funciones de las diferentes estaciones en una red podemos tener 2 modelos de comunicación, a saber:

- **Cliente/servidor:** Las funciones que debe proporcionar la red se han distribuido entre las estaciones de trabajo, de esta forma, una estación ofrece un servicio (p.ej. impresora) y las otras realizan peticiones a esta. Una misma estación puede ser cliente, servidor o cliente/servidor.
- **Maestro/esclavo:** Una estación ejerce de maestro, y es la que controla en todo momento la comunicación, las estaciones esclavo se limitan a responder a las solicitudes del maestro. Por ejemplo, un PLC controla las comunicaciones con variadores de frecuencia.

9.- Técnicas de transmisión de datos.

Para la transmisión de datos, en muchos casos es necesario transformar las señales que contienen la información a transmitir en otras señales de la misma o distinta naturaleza, con **diferentes** características.

Las **razones** que motivan esta transformación son de **dos** tipos:

- La señal que transporta la información **no se puede** enviar tal y como es por el canal de comunicación, debido a la naturaleza del medio (p.ej. no es posible transmitir señales digitales por radio).
- Interesa la transformación para **mejorar** las características de la transmisión, para conseguir mayor inmunidad al ruido o mayores velocidades y distancias en la comunicación.

Vamos a analizar diferentes casos interesantes, en los que según sea la naturaleza de los **datos** y las **señales** a transportar, se emplean métodos diferentes.

Previamente, hay que distinguir entre **elementos de datos** y **elementos de señal**. En comunicaciones, el objetivo es enviar elementos de datos. Los elementos de datos es **lo que se necesita enviar** y los elementos de señal es **lo que se envía**. Los elementos de datos son transportados, los elementos de señal son los portadores.

9.1. Datos digitales, señales digitales.

Si los datos son digitales, la entidad más pequeña que puede representar un dato es un **bit**. Se define la **tasa r** como el número de elementos de datos (bits) transportados por cada elemento de señal.

$$r = \frac{N^{\circ} \text{ Datos}}{N^{\circ} \text{ Señal}}$$

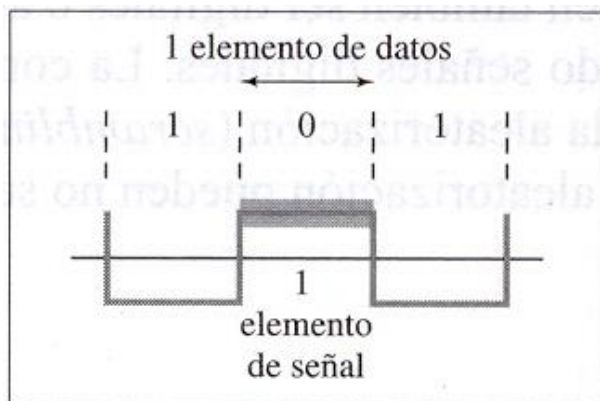
Por tanto, en el caso que nos ocupa, que tanto los elementos de datos como los elementos de señal, son digitales, podemos suponer:

Elementos de datos: bits

Elementos de señal: Número de cambios en la tensión de la señal

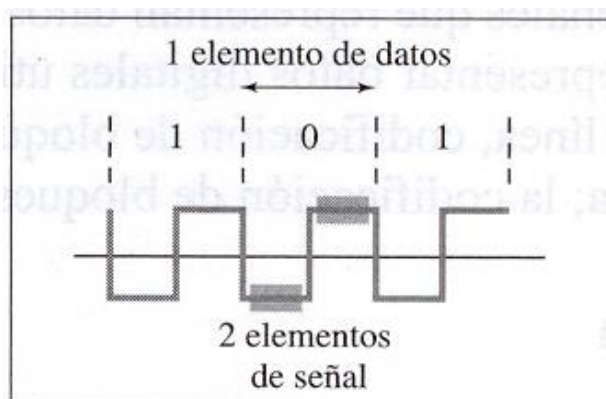
Podemos entender la analogía donde un elemento de datos es una **persona** y un elemento de señal un **vehículo**. Con **$r=1$** cada persona conduce un vehículo. Cuando **$r>1$** , más de una persona viaja en un vehículo.

En la siguiente figura, un elemento de datos es transportado por un elemento de señal ($r=1$).



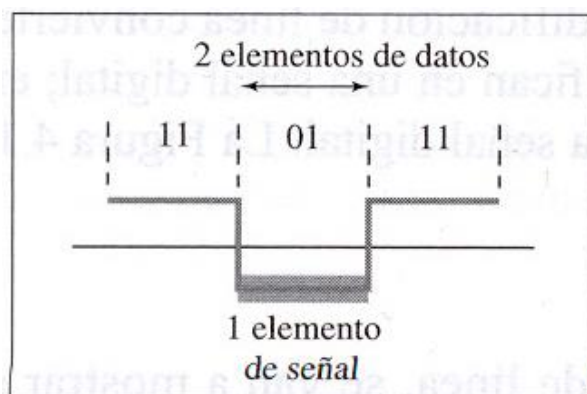
$$r = \frac{N^{\circ} \text{ Datos}}{N^{\circ} \text{ Señal}} = \frac{1}{1} = 1$$

En el siguiente ejemplo, se necesitan dos elementos de señal (una transición) para transportar cada elemento de datos ($r=1/2$).

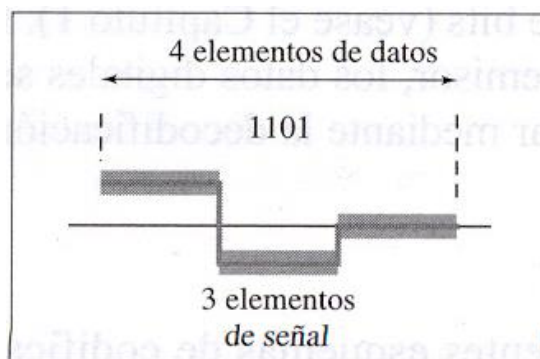


$$r = \frac{N^{\circ} \text{ Datos}}{N^{\circ} \text{ Señal}} = \frac{1}{2}$$

Un elemento de señal transporta dos elementos de datos ($r=2$).



$$r = \frac{N^{\circ} \text{ Datos}}{N^{\circ} \text{ Señal}} = \frac{2}{1}$$

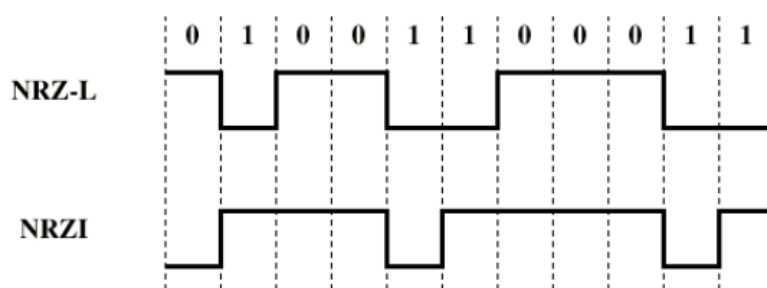


$$r = \frac{N^{\circ} \text{ Datos}}{N^{\circ} \text{ Señal}} = \frac{4}{3}$$

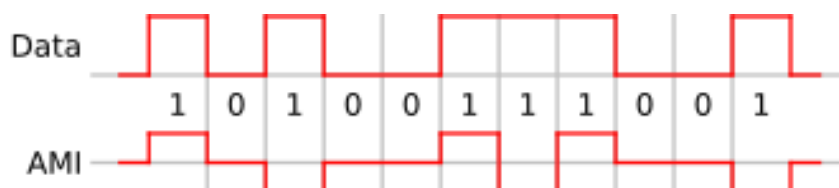
Se define **codificación** como la correspondencia que se establece entre los bits de los **datos** con los elementos de la **señal**. En la recepción se reconstruirá la señal digital original mediante la **decodificación**.

Las principales formas de codificación, las puedes ver a continuación:

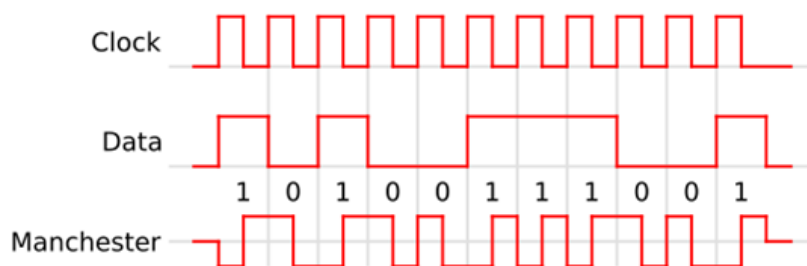
- **NRZL**: Es el código más simple, y consiste en codificar el 1 con un nivel de tensión y el 0 con otro nivel de tensión distinto. Se usa en la comunicación RS-232.
- **NRZI**: Consiste en mantener constante el nivel de tensión al codificar un 0 y realizar una transición, ya sea de nivel alto a nivel bajo o al contrario al codificar un 1.



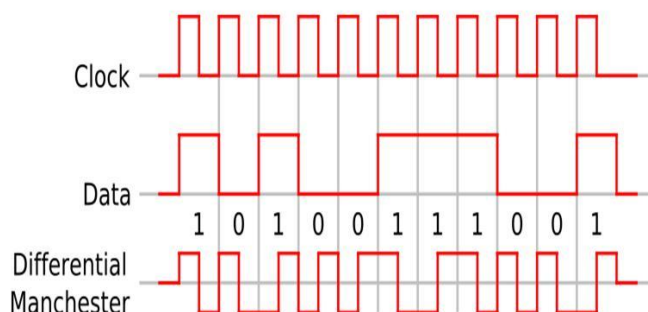
- **AMI**: Estos códigos usan más de dos niveles de señal. Un 0 se representa por ausencia de señal y el 1 se representa como un pulso positivo o negativo. Los pulsos correspondientes a los 1 deben tener una polaridad alternante.



- **Manchester:** Siempre hay una transición en mitad del intervalo de duración del bit. Esta transición en la mitad del bit sirve como procedimiento de sincronización, a la vez que sirve para transmitir los datos: una transición de bajo a alto representa un 1 y una transición de alto a bajo representa un 0.



- **Manchester diferencial:** La transición a *mitad* del intervalo se usa tan solo para proporcionar sincronización. Siempre hay una transición a mitad del intervalo del bit, en la caída del flanco de bajada. Un **1** realiza la transición contraria a la anterior y un **0** se representa por la transición igual a la del bit anterior.



Vamos a definir ahora, dos conceptos muy importantes en las comunicaciones y que son muchas veces mal interpretados.

Velocidad de Transmisión	Velocidad de Modulación
Número de elementos de datos (bits) enviados en 1 segundo. Se mide en bits por segundo (bps).	Número de elementos de señal enviados en 1 segundo. Se mide en baudios.

El objetivo de toda comunicación es tener una **alta velocidad de transmisión** al mismo tiempo que tener una **baja velocidad de modulación**. La relación entre bps y baudios es:

$$\text{Baudios} = \text{bps} \cdot \frac{1}{r}$$

Por ejemplo, en un sistema de comunicación a 9600 Baudios y donde la señal codificada contiene 4 bits por cada elemento de señal. ¿Cuál es la velocidad de transmisión? (solución 38400 bps)

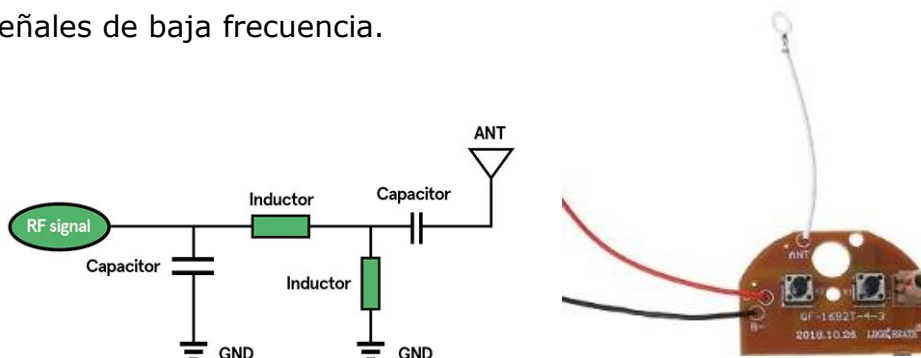
Es decir, queremos transportar **más personas** en **menos vehículos** para que **no haya mucho tráfico** en la carretera.

Se puede decir que el **número de baudios**, no los bps, determina el **ancho de banda** requerido para una señal digital. Siguiendo con la analogía, el número de vehículos afecta al tráfico, no el número de personas que llevan.

Recordemos que cuantos más cambios tenga la señal, mayor será la frecuencia de la señal y por tanto, mayor será su ancho de banda y necesitará un medio con mayor ancho de banda.

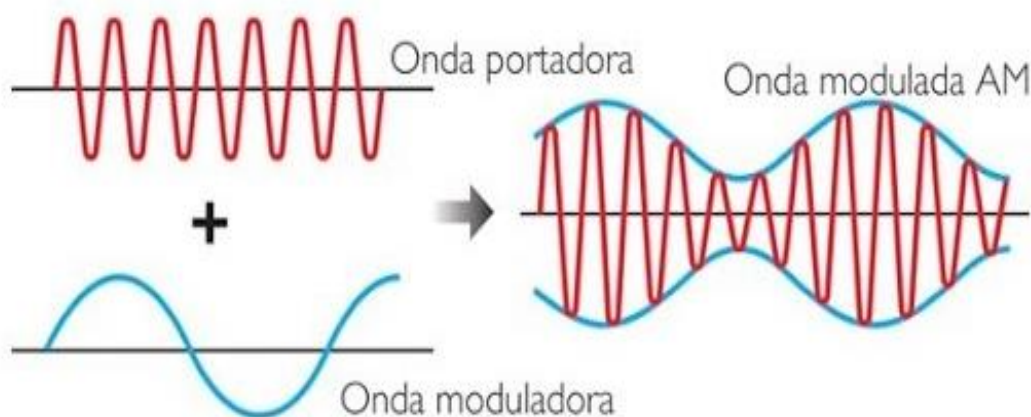
9.2. Datos digitales, señales analógicas.

La transmisión de datos digitales usando señales analógicas se denomina **modulación**. La modulación consiste en tomar una señal de alta frecuencia, denominada **portadora** (fp) y modificar alguna de sus características en función de otra señal, denominada **moduladora** (fm), que contendrá la información que se desea transmitir. Tenemos que entender una cuestión fundamental en la modulación, es la capacidad que tienen las señales de alta frecuencia, de "**escapar**" del circuito eléctrico. No se pueden emitir señales de baja frecuencia.



El problema está en que la información que queremos enviar, no tiene tanta frecuencia (la voz humana por ejemplo varía entre 20Hz y 20000 Hz) ¿Qué hacer por tanto? Muy sencillo, **modificar** características de la señal que puede escapar y viajar por el espacio, en función de la información que queremos enviar. A este proceso se le conoce como **modulación**.

La **Modulación** engloba el conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda **portadora**, típicamente una onda sinusoidal de frecuencia alta.



La modulación es el proceso, de variar una característica de la portadora de acuerdo con una señal que transporta información. El propósito de la modulación es sobreponer señales en las ondas portadoras.

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

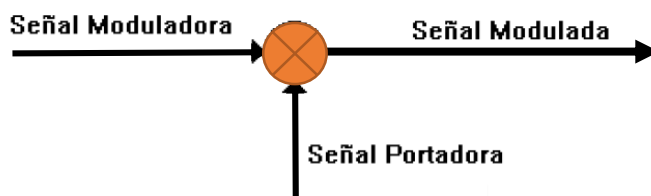
El uso de la modulación también soluciona muchos otros problemas de circuito, antena, propagación y ruido. Por ello, una antena práctica debe tener un tamaño aproximado al de la longitud de onda de la onda electromagnética de la señal que se va a transmitir. Si las ondas de sonido se difundieran directamente en forma de señales electromagnéticas, la antena tendría que tener más de un kilómetro de altura. Usando frecuencias mucho más altas para la portadora, el tamaño de la antena se reduce significativamente porque las frecuencias más altas tienen longitudes de ondas más cortas.

Ventajas de la modulación en las radiocomunicaciones:

- Evita interferencias entre canales. Si todo lo que se transmite se hace a la frecuencia de la señal original o moduladora, no se podría reconocer después, la información contenida debido a las interferencias entre los distintos canales.
- Los sistemas de radiocomunicación son mucho más eficientes a altas frecuencias.
- Se aprovecha mejor el espectro radioeléctrico ya que permite la multiplexación por frecuencias.
- Disminuye las dimensiones de las antenas.

En la modulación intervienen 3 señales:

- La señal que contiene la información: Moduladora
- La señal de alta frecuencia: Portadora
- La señal que viaja por el espacio: Modulada



10.- ¿Por qué la modulación permite transmitir de forma simultánea varias informaciones, cosa que no se podría hacer sin ella? (multicanalización)

11.- ¿Por qué la modulación facilita la radiación?

12.- ¿Qué tres señales intervienen en la modulación? Define cada una de ellas.

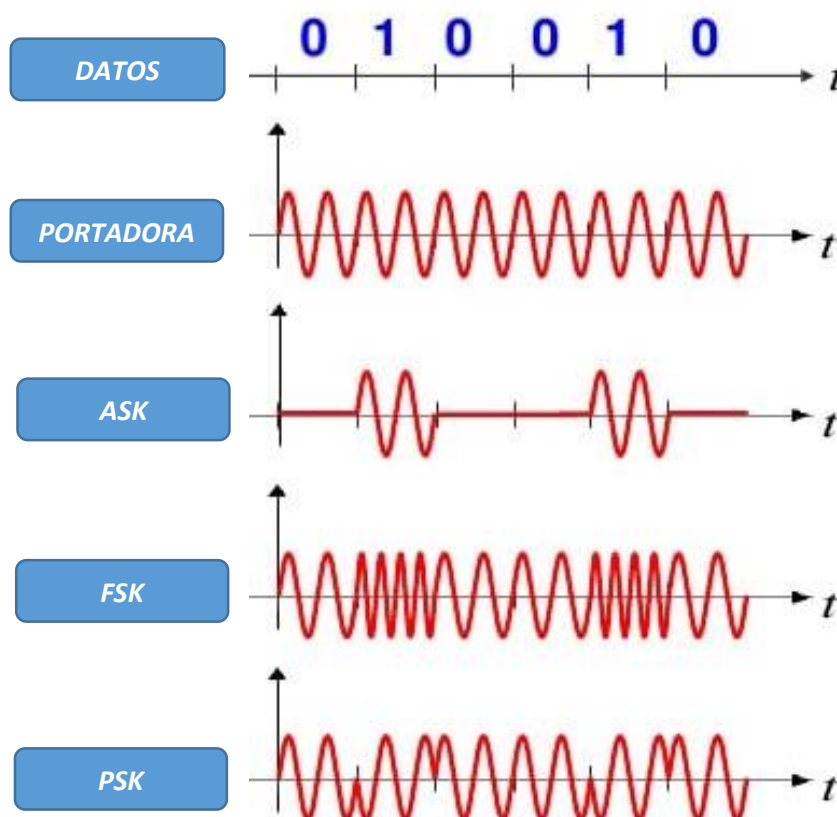
13. De las tres señales que intervienen en la modulación, dos de entrada y una de salida, ¿Cuál es la que fijará la frecuencia de emisión?

Los tipos de modulación más utilizados son:

Modulación en amplitud (ASK): Se varía la amplitud de la señal portadora en función del valor de la moduladora. La señal moduladora presenta todo su valor de amplitud para la transmisión de un 1, y amplitud nula para un 0. El principal inconveniente es que el ruido y la atenuación afectan mucho a la señal moduladora.

Modulación en frecuencia (FSK): Se varía la frecuencia de la señal portadora en función del valor de la moduladora. Se utiliza la frecuencia de la portadora para la transmisión de un 1, y una frecuencia superior para la transmisión de un 0. Tiene la ventaja respecto a la anterior en que es más inmune al ruido debido a que la amplitud de la señal transmitida es constante.

Modulación en fase (PSK): Se varía la fase de la señal portadora en función del valor de la moduladora. Por ejemplo, se emplea una fase de 0° de la portadora para representar un 1, y 180° (oposición de fase) para representar un 0. Esta modulación se denomina PSK de dos niveles.



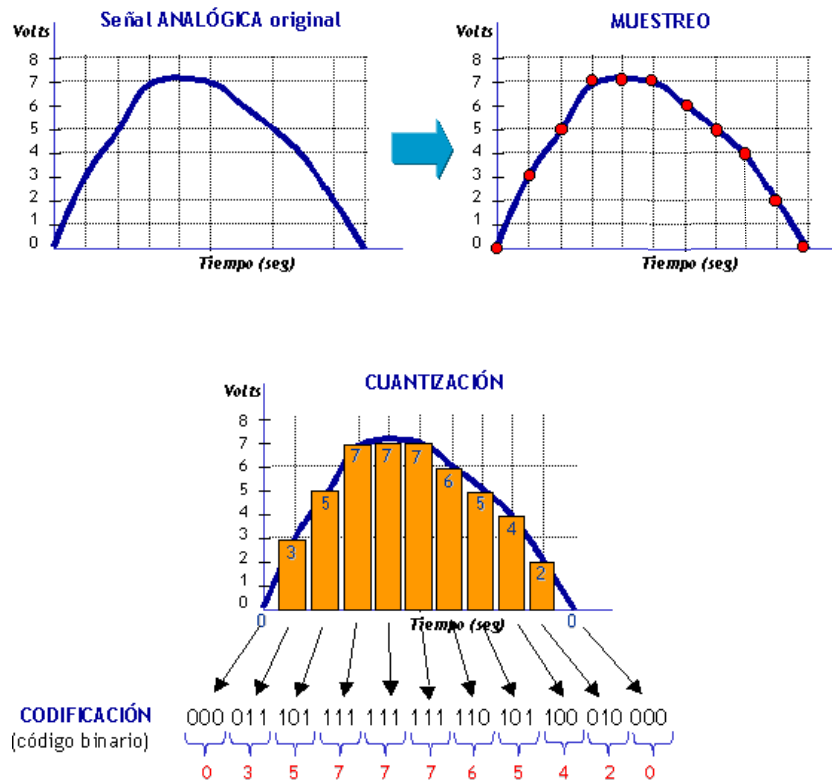
Se puede conseguir un uso más eficaz del ancho de banda si cada elemento de señalización representa 2 bits. Es el caso de la modulación PSK de 4 niveles (**QPSK**). En lugar de un desplazamiento de fase de 180° , se consideran desplazamientos múltiplos de 90° . En este caso 45° , 135° , 225° y 315° .

9.3. Datos analógicos, señales digitales.

Los datos analógicos, como la voz o el video, frecuentemente se digitalizan (**conversión A/D**) para ser transmitidos en sistemas digitales. La técnica más utilizada es la **modulación por impulsos codificados (PCM)** y se lleva a cabo en tres fases:

- **Muestreo.** Consiste en tomar muestras a intervalos de tiempo regulares, de la señal que se desea digitalizar. Según el Teorema del muestreo o teorema de **Nyquist**, para que la señal pueda ser reconstruida posteriormente, la frecuencia a la cual se deben coger las muestras (**frecuencia de muestreo**) debe ser como mínimo el **doble** de la frecuencia máxima de la señal a muestrear. En telefonía, las señales vocales se limitan a 3400Hz, por tanto es suficiente con tomar 8000 muestras por segundo.
- **Cuantificación.** Consiste en asignar un determinado valor discreto a cada uno de los niveles de tensión obtenidos en el muestreo. En este proceso se introduce un error en la señal, ya que las muestras cuya amplitud caiga entre dos niveles de cuantificación se aproximarán a cada uno de esos dos valores.
- **Codificación.** Consiste en asignar a cada nivel de cuantificación un código binario distinto, con lo cual ya tenemos la señal codificada y lista para ser transmitida. Se necesitan tantos valores binarios como escalones de cuantificación existan. En la figura se utilizan 8 niveles, por tanto se necesitan 3 bits ($2^3=8$).

Por ejemplo, para transmitir una señal telefónica, se utilizan 256 niveles de cuantificación, por tanto se necesitan 8 bits ($2^8=256$). Por tanto si se adquieren 8000 muestras/s y cada muestra se codifica con 8 bits, ¿A qué velocidad hay que transmitir? (solución 64000 bps)



10.- Utilización del ancho de banda: Multiplexación y Demultiplexación.

La **multiplexación** es el conjunto de técnicas que permiten la transmisión simultánea de **múltiples señales** a través de un **único** enlace de datos. Con ello se consigue aprovechar el gran ancho de banda disponible en medios como el **cable coaxial**, la **fibra óptica** o los **enlaces vía satélite**. Hay dos técnicas básicas: la multiplexación por división de frecuencia y la multiplexación por división de tiempo.

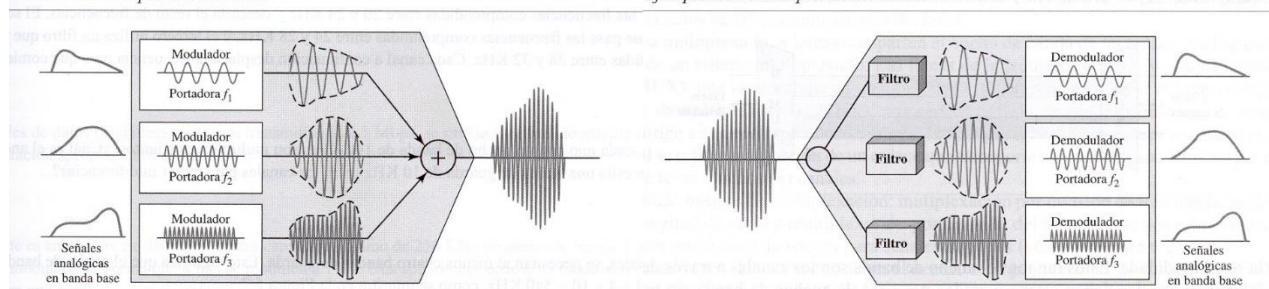
La multiplexación por división de frecuencia (FDM) es una técnica que se puede aplicar cuando el ancho de banda en Hz de un enlace es mayor que los anchos de banda combinados de las señales a transmitir. En FDM las señales generadas por cada dispositivo emisor se modulan usando distintas frecuencias portadoras. A continuación, estas señales moduladas se combinan en una señal única compuesta que será transportada por el enlace. Las frecuencias portadoras están separadas por un ancho de banda suficiente como para acomodar la señal modulada. Estos rangos del ancho de banda son los canales a través de los cuales viajan las distintas señales. Los canales deben estar separados por ancho de banda sin usar, llamados bandas de guarda.

El proceso de **demultiplexación** usa unos filtros para descomponer la señal multiplexada y un demodulador para separar las portadoras.

La multiplexación por división de tiempo (TDM) es un proceso digital que permite a varias conexiones compartir el gran ancho de banda de un canal. En lugar de compartir una porción del ancho de banda como en FDM, se **comparte el tiempo**. Cada conexión ocupa una porción de tiempo en el enlace.

Proceso de multiplexación FDM.

Ejemplo de demultiplexación FDM.



11.- Banda Base y Banda Ancha.

BANDA BASE es un tipo de transmisión de datos digitales mediante señales digitales en el que la señal se transmite sin modificar y codificada, con códigos como NRZ, Manchester, etc. Su problema es que las distancias máximas de empleo son de pocos kilómetros utilizando repetidores. Otra limitación es que al transmitir se emplea todo el ancho de banda, es decir, toda la capacidad del canal, no permitiendo multiplexación ni, por tanto, compartir el medio con varias emisiones. Tiene las ventajas del ahorro de aparatos de modulación/demodulación.

BANDA ANCHA es un tipo de transmisión de **señales analógicas moduladas y multiplexadas** en frecuencia, haciendo que cada canal (lógico, no físico) transporte información diferenciada sobre datos, sonido y video. Se permite transmitir a distintas velocidades en cada canal, con distancias elevadas de varias decenas de Km. La diferencia fundamental con el anterior consiste en que la información codificada en su banda base (es decir, sin modular) se desplaza a una banda de frecuencias portadoras distintas (y en general superior) con el objeto de adecuarla al medio y permitir la multiplexación, lo que redundará en un aumento de la banda de frecuencias original.

Las comunicaciones digitales son siempre en banda base (Ethernet, RS-232,...). **Las comunicaciones con señales analógicas, en cambio, pueden ser en banda ancha o en banda base** (los canales de TV van modulados en diferentes frecuencias por un mismo medio de transmisión).