

# TELECOMUNICACIONES PRINCIPIOS BÁSICOS

A raíz del avance y desarrollo de la microelectrónica, ésta se ha ido utilizando en la innovación y desarrollo de nuevas tecnologías de información y comunicación en las redes sociales. Con ello, han apareciendo nuevos productos y dispositivos que nos permiten mejorar nuestra calidad de vida, en el ocio, seguridad, comunicaciones, etc. Nos encontramos pues, envueltos, en una carrera frenética de nuevas tecnologías que difícilmente podremos pasar desapercibido.

*José Miguel  
Castillo Castillo*

## Introducción

Las telecomunicaciones tal y como las conocemos actualmente surgen, si es que se puede definir un momento puntual, a raíz de la invención del telégrafo en 1833 y el posterior despliegue de redes telegráficas por la geografía nacional, que en España se desarrolla entre los años 1850 y 1900. Habitualmente estamos acostumbrados coexistir con todo tipo de servicios de telecomunicaciones que facilitan la comunicación entre personas, pero nuestra experiencia con estos sistemas es relativamente reciente.

El origen de las telecomunicaciones lo encontramos en la necesidad de establecer comunicaciones inter-personales, entre dos puntos remotos, así que para empezar desde una base sólida sentaremos las bases de los principios elementales de las comunicaciones.

Los tres conceptos básicos que intervienen en las comunicaciones son:

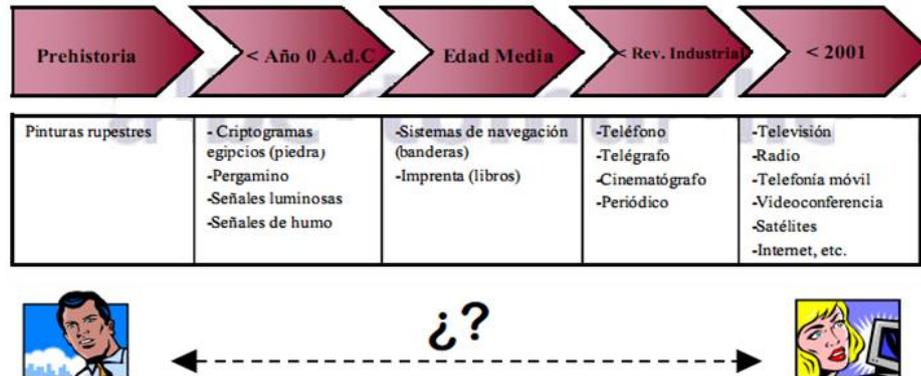
1. **El mensaje:** toda comunicación tiene un contenido que quiere hacerse llegar a otra persona, una idea, un concepto... debe transmitirse de una persona a otra sin que sufra alteraciones en su contenido o sin que se vea distorsionado por cualquier elemento que altere su significado original.  
Ejemplo: un texto, una canción, un dibujo, un sonido, etc.
2. **La señal:** es la representación, a través de un medio físico, de cualquier tipo de información contenida en un mensaje.  
Ejemplo: una señal de tráfico (alerta de una situación de peligro), la luz de un faro (avisa de la proximidad de la costa), el sonido de un silbato de fútbol (mandar parar el juego), etc.
3. **El medio físico de transmisión:** Es el soporte sobre el cual se transporta la señal desde el origen al destinatario.  
Ejemplo: el aire soporta la transmisión de la señal acústica, el espacio libre permite la transmisión de señales radioeléctricas o de radio, al igual que la fibra óptica permite la transmisión de señales luminosas por su interior.

Medio de transmisión	Señal
Aire	Acústica (música, sonidos, voz, etc.)
Espacio libre	Luminosa (colores, faros, etc.), radioeléctrica (radio FM, TV vía satélite)
Fibra óptica	Luminosa (luz de fuentes láser y led)
Cables conductores	Eléctrica (Telégrafo, teléfono)

A lo largo de la historia las señales han ido evolucionando en cuanto a su variedad y complejidad, para ajustarse mejor a las necesidades de comunicación del hombre. Desde las primeras pinturas rupestres que nos ayudan a comprender cómo se desarrollaba la vida hace miles de años, y que servían para plasmar mensajes sencillos y rudimentarios, hemos evolucionado hasta las actuales comunicaciones interactivas y multimedia, que permiten la mezcla de todo tipo de mensajes en cualquier momento y en cualquier lugar.

Esta evolución de las comunicaciones entre personas se ha beneficiado en gran medida de los avances tecnológicos experimentados en todas las épocas, que han ido suprimiendo las barreras que tradicionalmente han limitado la interactividad entre las personas: riqueza de contenido, distancia de las comunicaciones, cantidad de información transmitida, etc.

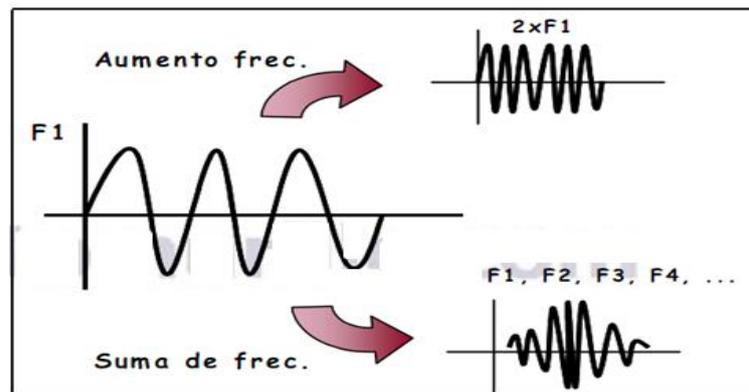
El uso de los nuevos tipos de señales y el desarrollo de nuevos medios de transmisión, adaptados a las crecientes necesidades de comunicación, han sido fenómenos paralelos al desarrollo de la historia.



## El sonido

El sonido es quizás una de las señales más utilizadas por el ser humano para comunicarse, ya que fisiológicamente estamos dotados de los medios necesarios para la generación de sonidos y para la recepción e interpretación de los mismos.

El ritmo de variación de la presión de un sonido se denomina **frecuencia** y se mide en oscilaciones por segundo o **Hertzios (Hz)**.



- **Sonido:** Toda señal transmitida a través del aire y generada como consecuencia de una variación de la presión del mismo.  
Ejemplo: el sonido de un violín, una conversación, los ultrasonidos (Frec. > 20 KHz), un pitido, etc.
- **Señal acústica:** Sonido transmitido en una banda de frecuencia susceptible de ser interpretado por el oído humano.

No todo el sonido es señal acústica, es decir, a las personas, se nos escapan gran parte de los sonidos que viajan por el aire, y sólo somos capaces de generar e interpretar una parte de estos.

El subconjunto de las señales perceptibles por el oído humano medio son aquellas cuyas frecuencias oscilan hasta los 20 KHz. Aproximadamente.

## Las señales eléctricas

Las señales eléctricas son todas las generadas y transmitidas a través de sistemas y medios eléctricos o radioeléctricos. Su uso para la transmisión de mensajes es frecuente, considerándose el telégrafo como el precursor de los sistemas de comunicaciones basados en señales eléctricas.

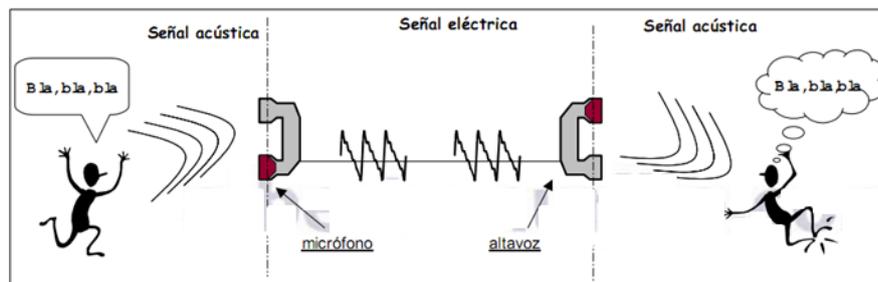
El **telégrafo** evolucionó hasta lo que hoy conocemos como teléfono, que permite la transmisión de la voz desde un punto hasta otro remoto.

- **TelÉGRAFO**: Transmisión de caracteres, del griego *grafos*
- **TelÉFONO**: Transmisión de voz, del griego *fonos*

## ¿Cómo funciona un teléfono?

Los sonidos emitidos por el interlocutor se transforman en variaciones de presión del aire, que son recibidas y transformadas en variaciones de corriente eléctrica por el terminal telefónico, más concretamente, por un dispositivo denominado micrófono.

La corriente eléctrica es transmitida directamente sobre una línea de pares de cobre (2 conductores), que conecta directamente los terminales telefónicos, y es convertida en sonido a través de un elemento denominado altavoz, que se encuentra en el auricular del terminal telefónico remoto, tal y como se muestra en la siguiente figura.

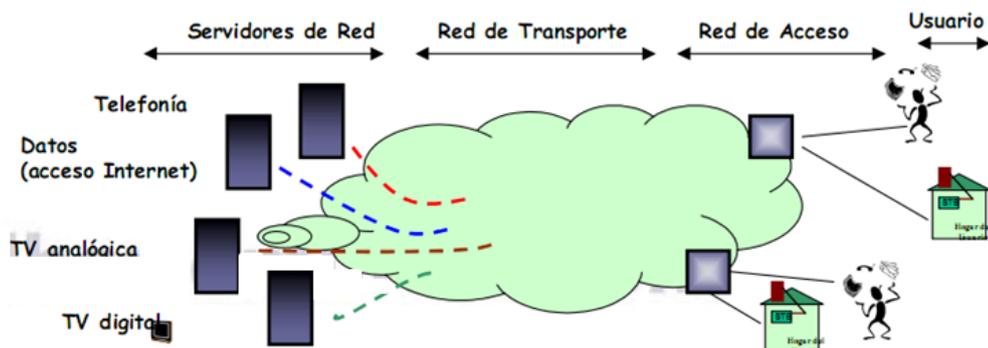


## Red de cliente, red de acceso, red de transporte y servidores de red

En general, y dependiendo de las funciones y los equipos que forman una red genérica de telecomunicaciones, podemos diseccionar una red en: *Red de cliente*, *Red de Acceso*, *Red de Transporte* y *Servidores de Red*.

- **Red de cliente** es aquella formada por el cableado y los equipos situados en casa del cliente: telefonía fija, telefonía móvil, Conexión por modem, televisión analógica terrena. Dependiendo del tipo de servicio el terminal en casa del cliente será propiedad del usuario (telefonía, TV) o bien será alquilado al operador (cable módem, decodificadores, etc.), quien paga parte de éste debido a su coste.

- **Red de acceso** es aquella parte de la red que se encuentra físicamente en las cercanías del cliente, y está formada por una amplia gama de equipos que soportan las más diversas tecnologías: telefonía fija, telefonía móvil, conexión por módem a internet, televisión analógica por cable.
- **Red de transporte** es aquella parte de la red que soporta las conexiones entre los diversos nodos internos de la red, o entre los equipos que forman la red de acceso y los equipos de red que soportan los servicios: equipos de transmisión y las fibras ópticas que forman las redes metropolitanas de cable, los equipos de radioenlaces que forman los repetidores de TV por toda la geografía nacional.
- **Servidores de red** son aquellos sistemas sobre los que se configuran y ejecutan los servicios de telecomunicaciones. Normalmente estos equipos encuentran distribuidos por la red y dan servicio a un número limitado de usuarios: telefonía fija, telefonía móvil, conexión por módem a internet, televisión analógica por cable.



## Medios físicos de transmisión

Para la transmisión de señales eléctricas es necesaria la existencia de medios físicos de transmisión, que soporten las conexiones entre dos puntos. Los medios de transmisión que han evolucionado más rápidamente son los utilizados para el transporte de señales eléctricas, ya que gracias al uso de estas señales es posible realizar transmisiones a grandes distancias.

Dentro de los medios de transmisión más utilizados destacamos:

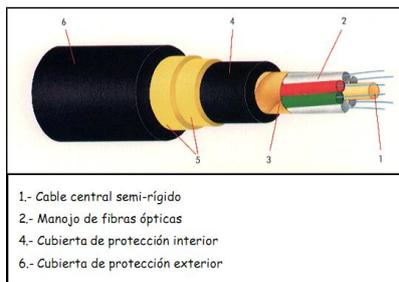
- **Cables de pares.** Cable formado por 2 hilos de un material conductor, normalmente cobre, y recubierto por un aislante, que puede ir en un cable formando 4 pares. Medio de transmisión económico, adaptado a la transmisión de la voz y datos.



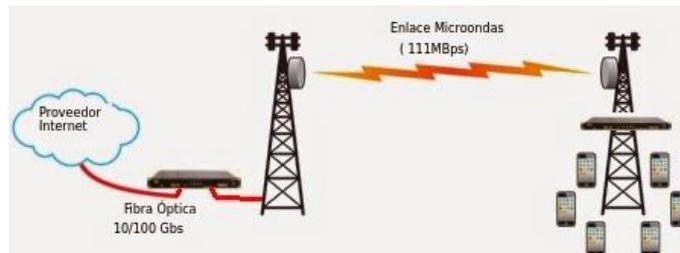
- **Cable coaxial.** Cable cilíndrico, formado por un conductor interior macizo y un conductor exterior en forma de malla y separados por un material aislante. Permite la transmisión de señales a mayor velocidad que los cables de pares.



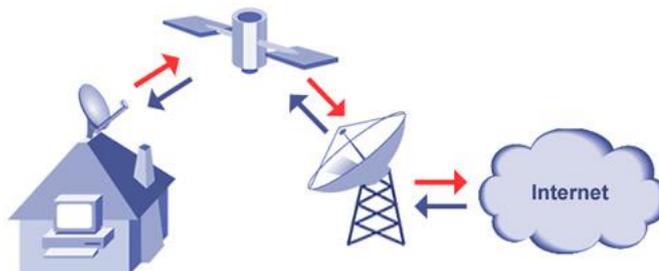
- **Fibra óptica.** Material basado en vidrio de silicio o plástico que permite la transmisión de grandes cantidades de datos mediante señales ópticas, es decir luz, a grandes distancias.



- **Enlaces de microondas.** Enlaces vía radio entre dos puntos, que mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas, permiten el intercambio de información a gran velocidad a través del aire, sin necesidad de desplegar cables.

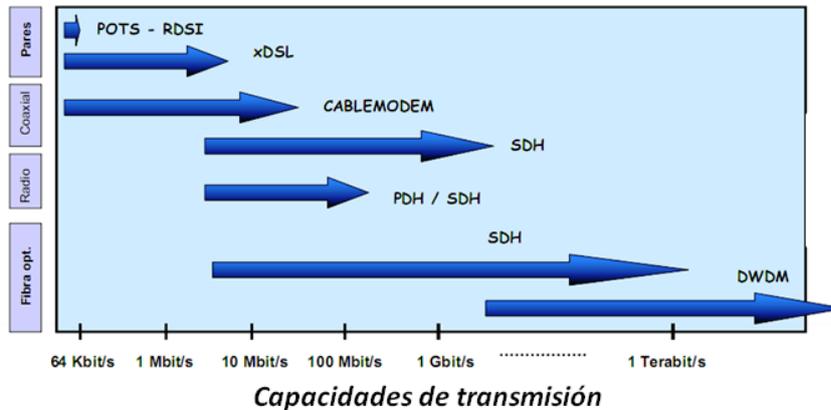


- **Enlaces vía satélite.** Enlaces radio que utilizan un satélite como punto intermedio para la retransmisión, o rebote de las señales radioeléctricas. Presenta una cobertura muy amplia y una capacidad de transmisión elevada. Se usan, por ejemplo, para la retransmisión de señales de TV o para enlaces telefónicos transatlánticos.



## Velocidades de transmisión

La capacidad de transmisión de un medio físico viene condicionada inicialmente por la propia naturaleza del medio de transmisión, y posteriormente por la tecnología en la que se basa por los equipos de transmisión utilizada.



En el caso de un medio en concreto cada una de las posibles tecnologías presenta una capacidad de transmisión máxima diferente, ligado a la manera de recibir y transmitir señales, es decir, por un mismo cable de pares podremos transmitir señales a diferentes velocidades, utilizando para ello equipos de transmisión de diferentes tecnologías.

En la figura anterior se muestra los límites de capacidad de transmisión asociados a alguno de los medios de transmisión más frecuentes, especificando las diversas opciones tecnológicas que se usan actualmente:

- La capacidad de transmisión de una **línea de pares** oscila desde los 9,6 Kbit/s (módem analógico), pasando por los 128 - 2048 Kbit/s (RDSI), hasta los 10 Mbit/s (ADSL).
- En el caso del **cable coaxial** la capacidad de transmisión oscila desde el intervalo 64 Kbit/s - 50 Mbit/s, para los módems de cable, hasta velocidades de 155 Mbit/s en caso de equipos SDH.
- Los sistemas de **comunicaciones radio** presentan capacidades de transmisión que oscilan desde los Kbit/s hasta los 155 Mbit/s. La capacidad de transmisión y la distancia de transmisión viene condicionada fuertemente por la frecuencia de trabajo del sistema.
- La **fibra óptica** presenta un salto cualitativo en la escala de capacidades de transmisión ya que soporta capacidades de hasta 10 Gbit/s (10.000 Mbit/s) mediante un único "haz de luz", o bien hasta 20-30 Tbit/s (20-30 x 1.000.000 Mbit/s) mediante varios haces de luz que se transmiten simultáneamente por una misma fibra.

Un ejemplo más claro de las diferentes capacidades de transmisión podría verse si transformamos las capacidades en llamadas telefónicas, tal y como se muestra a continuación.

POTS	RDSI	xDSL	DOCSIS	SDH	DWDM
1	2	2 - 500	2 - 10 <sup>3</sup>	1890 - ½ Millón	100.000 - 20 Millones

**Capacidad equivalente en "conversaciones telefónicas" simultáneas.**

## Emisión, propagación y recepción de las ondas

Antes de adentrarnos más en el fastuoso mundo de las telecomunicaciones conviene hacer un pequeño inciso con el fin de poder comprender mejor la naturaleza de la **emisión**, **propagación** y **recepción** de las ondas. Como todos sabemos, los cuerpos están compuestos por átomos. Estos, a su vez, se componen, a grandes rasgos, de tres tipos de partículas: los electrones, los protones y los neutrones. Los electrones poseen carga negativa, al contrario que los protones cuya carga es positiva y, por último, están los neutrones cuya carga es nula, es decir, ni positiva ni negativa. Las cargas positivas atraen a las negativas, y viceversa. Este fenómeno se puede enfocar desde otro punto de vista. Tenemos una partícula cuya carga es, por ejemplo, positiva. Por el mero hecho de estar cargada crea a su alrededor una "especie" de campo donde cualquier otra partícula que esté presente va a sufrir las consecuencias de dicho campo. Estas consecuencias consisten en que será repelida o atraída, dependiendo de si la partícula presente en el campo es del mismo signo que la que lo crea o de signo contrario.

El concepto de "**campo**" es fundamental para entender la naturaleza y propiedades no solo de las ondas sino de un gran número de fenómenos de la naturaleza. Este campo creado por una partícula con carga recibe el nombre de "**campo eléctrico**". Su principal característica para nuestros intereses, es que va desapareciendo o debilitándose según nos alejamos de la partícula que lo crea, hasta el punto de ser totalmente inapreciable a partir de una cierta distancia. Esta distancia dependerá evidentemente de la cantidad de carga que cree el campo.

Un ejemplo para entender mejor los campos eléctricos es un fenómeno que nos ocurre a diario cuando nos peinamos con un peine de plástico. Al pasar el peine entre el pelo, por rozamiento entre las partículas que componen el peine y las de nuestro pelo, se produce un traspaso de electrones de un lado a otro, con lo que el peine y el cabello quedan cargados eléctricamente. Si a continuación alejamos el peine de nuestra cabeza y lo vamos acercando lentamente podemos observar cómo los cabellos son atraídos hacia el peine. Esta atracción es producida porque el cabello está cargado eléctricamente y está en presencia del campo que crea el peine y viceversa, es decir, el peine está cargado y está en presencia del campo eléctrico creado por el cabello.

Otra característica que podemos observar es, como ya hemos mencionado, que a partir de cierta distancia los efectos mutuos entre el peine y el cabello desaparecen debido a lo débil que es el campo eléctrico a ciertas distancias.

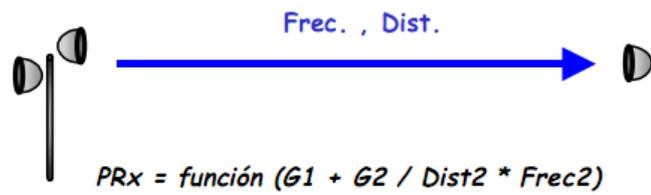
Otro concepto fundamental en el cual están basados innumerables aparatos es el "**campo magnético**". Dicho concepto es similar al del campo eléctrico, excepto en las causas que lo producen. Un campo magnético es creado siempre que un cuerpo cargado eléctricamente esté en movimiento. En el ejemplo del peine y el cabello, cada vez que movemos el peine, estamos creando un campo magnético ya que se trata de un cuerpo con carga eléctrica y está en movimiento. La característica más importante del campo magnético para nuestros intereses coincide con la del campo eléctrico, y es que se va debilitando considerablemente según nos alejamos de la carga que lo produce. Podemos imaginarnos una partícula o cualquier objeto que esté cargado y además se encuentre en movimiento produciendo, por tanto, un campo eléctrico y otro magnético. En realidad, ambos campos están relacionados y, por lo general, la presencia de uno conlleva la presencia del otro, y se suele hablar de "**campo electromagnético**".

## Propagación en espacio libre

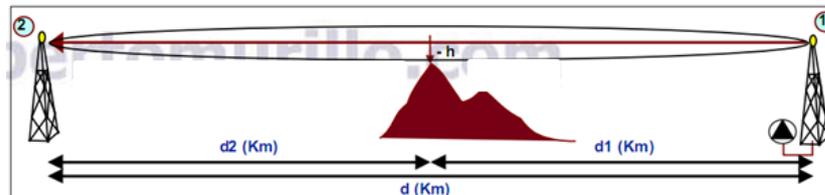
Las características y reglas de propagación de las ondas radioeléctricas son ampliamente conocidas y, sin afán de demostrar el origen, describimos las principales.

La **atenuación**, es decir, la pérdida de potencia como consecuencia de salvar la distancia entre dos puntos, que sufren las ondas radioeléctricas se puede desglosar, según su origen, en la contribución de varios factores independientes:

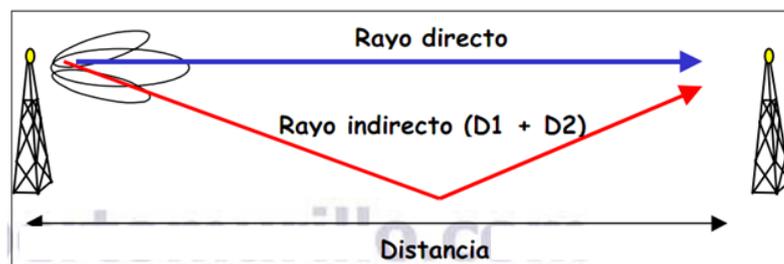
- **Las pérdidas en espacio libre.** La atenuación sufrida por la propagación de una onda es directamente proporcional al cuadrado de la frecuencia y al cuadrado de la distancia recorrida. Es decir, cuanto mayor es la distancia o mayor es la frecuencia, menor es el nivel de la señal en recepción.



- **Difracción por obstáculo.** A frecuencias altas, a partir de 1 GHz, la no existencia de visibilidad directa o **LOS** (Line Of Sight), introduce unas pérdidas suplementarias en la señal. El grado de obstrucción entre los dos puntos depende de las distancias al obstáculo, su altura y la frecuencia de la señal transmitida. En general a frecuencias bajas no es necesario la visibilidad directa con la antena emisora (sistema de radiodifusión AM y FM), pero a medida que aumentamos la frecuencia se hace condición necesaria (radioenlaces digitales, sistemas de transmisión vía satélite, etc.).



- **Propagación multi-camino.** Las antenas radian energía hacia una zona concreta del espacio y puede que una misma señal llegue al receptor como consecuencia de múltiples rebotes. Estos rebotes se presentan como copia de la señal, de menor atenuación, y con un retardo respecto a la señal "directa", como resultado de la diferencia entre los caminos recorridos por ambas señales. La suma produce, en el receptor, la distorsión de la señal original y la atenuación de su nivel de recepción.



- **Factores atmosféricos.** La presencia de lluvia, niebla, nieve y otros elementos meteorológicos afectan a la transmisión de señales de alta frecuencia, básicamente a partir de los 10 GHz. La señal transmitida por ejemplo a través de una zona de tormenta con abundantes precipitaciones sufre una ligera atenuación debido a la pérdida de energía de las ondas radioeléctricas al atravesar las gotas de agua.

A partir de una determinada distancia los emisores de radiofrecuencia dejan de ser considerados como **interferencias** ya que el nivel de las señales emitidas es mínimo. Las distancias dependerán en cada caso de la frecuencia de trabajo, orografía del terreno, características de las antenas, etc. pero en general, gracias al conocimiento de los mecanismos de propagación, puede obtenerse analíticamente.

Este factor es muy importante ya que permite la **reutilización de las frecuencias** asignadas a un mismo sistema o servicio en zonas geográficas diferentes, minimizando las interferencias de unos sistemas sobre otros. En sistemas donde la capacidad es proporcional al número de frecuencias de trabajo (telefonía móvil, difusión de TV, etc.), este mecanismo permite optimizar la capacidad con un número de frecuencias disponibles relativamente pequeño.

## Espectro de radiofrecuencia, bandas y servicios

El medio de transmisión utilizado por las ondas de radio es el **espacio libre**. El espacio libre, a diferencia de lo que conocemos como "aire", no contiene gases como el oxígeno, nitrógeno, etc. Las **ondas electromagnéticas**, a diferencia de lo que sucede con el sonido, se pueden propagar en una cámara donde se haya realizado el "vacío", es decir, donde se haya eliminado la presencia de aire. Lo mismo sucede en el espacio, fuera de la ionosfera.

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su frecuencia de trabajo, y el conjunto de todas las frecuencias se denomina **espectro**.



Las ondas de radio trabajando a la misma frecuencia se "atropellan" entre ellas, provocando lo que se conoce como **interferencias**. Con objeto de ordenar y evitar interferencias entre los diferentes sistemas y redes de comunicaciones vía radio, los organismos internacionales de regulación y estandarización han definido unas bandas de frecuencia concretas para cada una de las aplicaciones radio, que deben ser respetadas por todos los organismos y compañías que operen redes radio.

En la siguiente tabla se muestra las diferentes frecuencias de trabajo en la que aparecen los intervalos de frecuencia, su longitud de onda y su sigla.

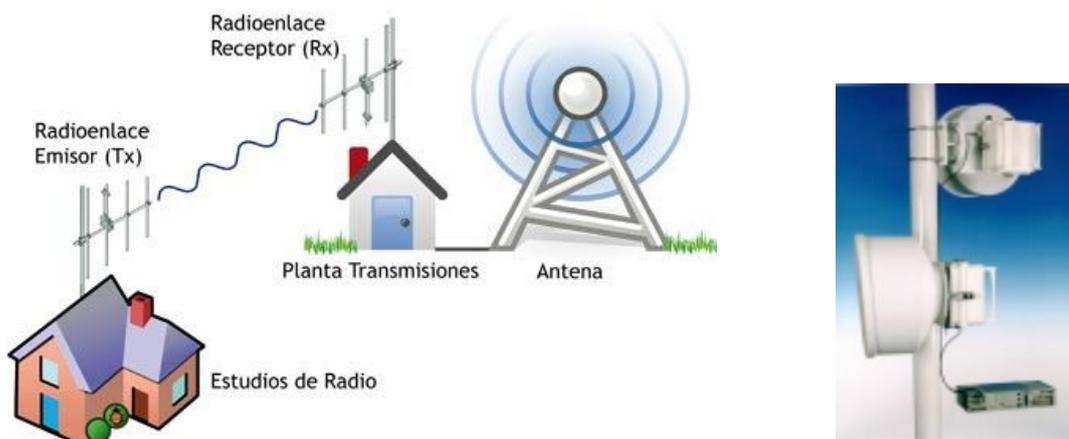
Frecuencia	Siglas	Intervalo de frecuencia	Longitud de onda
Extra baja	ELF	3 - 30 Hz	$10^5 - 10^4$ km
Súper baja	SLF	30 - 300 Hz	$10^4 - 10^3$ km
Ultra baja	ULF	300 - 3000 Hz	$10^3 - 10^2$ km
Muy baja	VLF	3 - 30 kHz	$10^2 - 10$ km
Baja	LF	30 - 300 kHz	10 - 1 km
Media	MF	300 - 3000 kHz	1 - 0.1 km
Alta	HF	3 - 30 MHz	100 - 10 m
Muy alta	VHF	30 - 300 MHz	10 - 1 m
Ultra alta	UHF	300 - 3000 MHz	1 - 0.100 m
Súper alta	SHF	3 - 30 GHz	100 - 10 mm
Extra alta	EHF	30 - 300 GHz	10 - 1 mm

## Las comunicaciones por radio

El despliegue de redes de cables presenta graves limitaciones en cuanto a tiempo e inversiones necesarias, por lo que la radio representa una alternativa interesante ya que permite abarcar distancias muy grandes, de una manera rápida, y con unas inversiones inferiores.

Las actuales aplicaciones de la radio se basan en la transmisión "punto a punto", "punto multipunto" y la transmisión vía satélite para el acceso a zonas remotas o para aplicaciones de transmisión de amplia cobertura (radiodifusión TV).

El mecanismo de funcionamiento, al igual que en el caso del teléfono, consiste en la transformación de una señal eléctrica en señal radio (transmisión), su transmisión / recepción por el aire (antenas) y su posterior conversión en señal eléctrica de nuevo (receptor).



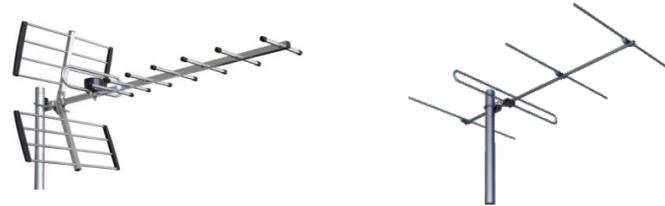
Comunicaciones por Radioenlace

## Las antenas

Otro de los medios físicos de transmisión son las antenas. Las antenas son dispositivos que realizan la conversión de las señales eléctricas a radiación electromagnética y viceversa, posibilitando así el uso del espacio libre como medio de transmisión. Los inicios de las antenas se remontan a 1850, cuando se inicia la experimentación con los fenómenos de **inducción electromagnética**.

La estructura, tamaño y características de una antena depende enormemente de la frecuencia de trabajo relativa del sistema radio. Generalmente, y como consideración de diseño, las antenas presentan un tamaño del orden de magnitud de la longitud de onda de la onda electromagnética transmitida.

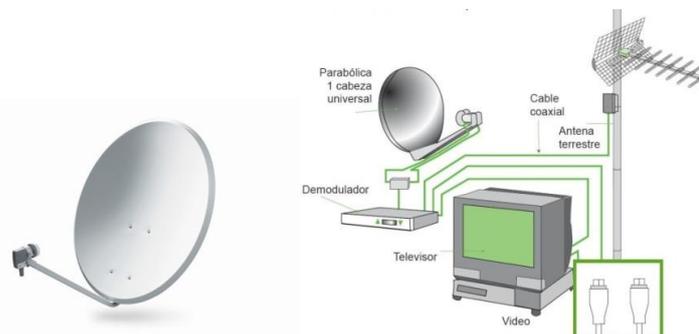
Las antenas son elementos complementos pasivos, es decir, no realizan ningún tratamiento de la señal ni tiene capacidad para amplificarla, únicamente presenta la propiedad de poder dirigir la radiación de la onda electromagnética generada hacia una determinada dirección del espacio, ligada a la forma y orientación de la antena. A esta característica de las antenas se la denomina **directividad** de la antena.



Las antenas de TV terrestre, presenta una **directividad** media a las frecuencias de transmisión de la señal de TV terrestre (300-800 MHz). A nivel práctico esto permite que podamos apuntar la antena en búsqueda de la dirección de origen de la estación emisora más cercana. La antena no amplifica la señal recibida, sino que dependiendo de la orientación y altura, discrimina la radiación electromagnética en mayor o menor medida. A este fenómeno se le denomina también **ganancia de la antena**.

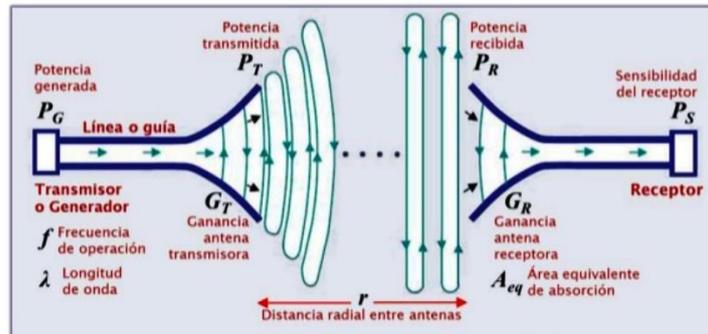
La ganancia y el tamaño de una antena son inversamente proporcionales a la frecuencia de trabajo del sistema, es decir, cuanto más superficie tiene la antena, y a más alta frecuencia trabaje, la ganancia total será mayor.

Este principio, junto con la disponibilidad de bandas de frecuencias libres de uso a altas frecuencias, es lo que origina que la mayoría de los sistemas de telecomunicaciones radio utilicen frecuencias de trabajo altas (> 1GHz). Por ejemplo, la recepción de TV procedente del satélite es posible a través de pequeñas antenas con forma de disco o parabólicas de 860, 45 y 30 cm, gracias en parte, a las elevadas prestaciones que presenta estas antenas a frecuencias altas.



## Radioenlace terrestre

Las señales de voz, video, o datos se transmiten, por lo general, a través de medios guiados. Pero, cuando las distancias son grandes, o cablear es caro, o por razones de movilidad, se utiliza la transmisión por ondas de radio → **radioenlace**.



Por lo general, el trayecto que sigue una onda de radio se encuentra lleno de obstáculos, como montañas, árboles y edificios, además de estar afectado por la curvatura de la tierra.

Para construir un enlace de radio, se debe calcular cuanta potencia se necesita para cruzar una distancia dada, y predecir cómo van a viajar las ondas a lo largo del camino.

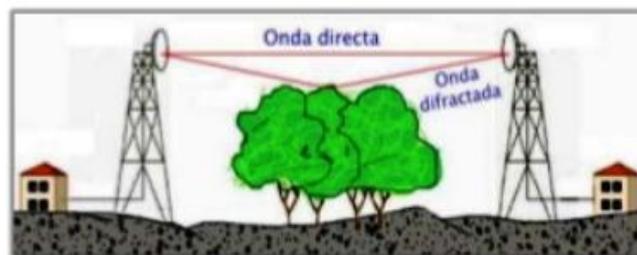
La onda de radio es idéntica a la luz, excepto por la frecuencia, y se comporta de forma similar en cuanto a sus propiedades. Su menor frecuencia se asocia con una longitud de onda más larga, y esto repercute en situaciones prácticas.

No es suficiente tener una línea de vista. Un radioenlace necesita una línea de vista y un **poco de espacio alrededor** definido por la primera zona **Fresnel**, libre de obstáculos.

Esta aseveración se fundamenta en que:

- La antena es el foco primario de un frente de onda que se expande.
- Huygens establece que cada punto del frente de onda genera una onda esférica.
- Las ondas de una misma frecuencia pueden interferirse.

Si el frente de onda en expansión incide en una montaña, un árbol o un edificio, ocurre la **difracción**, es decir, el punto incidente actúa como si fuera una segunda fuente de esa onda, generando una onda **difractada**.



Si la distancia entre la trayectoria directa y el objeto que difracta la onda se incrementa, la intensidad de la onda difractada disminuye y la interferencia se vuelve menos pronunciada.

## Propiedades ópticas básicas de una onda de radio

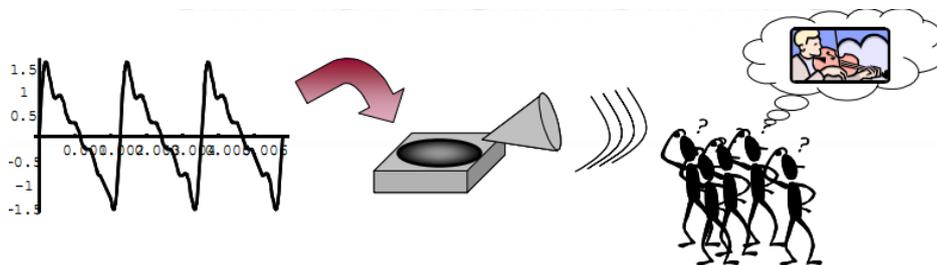
- **Absorción:** Transfiere energía al medio cuando viaja.
- **Reflexión:** Se refleja en metales, superficies del agua y desde el suelo: con el mismo ángulo con el que impacta en la superficie.
- **Refracción:** Se desvía de su trayectoria cuando pasa de un medio a otro de diferente densidad, cambiando la velocidad.
- **Difracción:** Al incidir en un objeto se espacia en todas las direcciones, rellenando la zona de sombra o penetrando por un agujero.
- **Interferencia:** Al interferirse con otra onda de la misma frecuencia, se amplifica o se anula, dependiendo de la relación de fase o posición relativa entre ellas.

## Comunicaciones analógicas

Una señal analógica es una señal cuyo valor, en cualquier intervalo de tiempo, está definido dentro de un abanico de valores continuo. Es decir, puede valer cualquier magnitud en cualquier intervalo de tiempo.

Un ejemplo básico de sistema analógico es el tocadiscos y el disco de vinilo, cuyo funcionamiento ilustra ampliamente las características de los sistemas de tratamiento de señales analógicas.

El disco de vinilo presenta una serie de pistas concéntricas cuya profundidad varía a lo largo del disco. La aguja del tocadiscos va siguiendo cada una de las pistas, y la variación del movimiento vertical de esta es traducida por el tocadiscos en forma de corriente eléctrica, que luego se hace pasar a través de un altavoz y se convierte en sonido... música.



**Interpretación de una señal analógica, el tocadiscos.**

La orografía de las pistas de un disco no presenta escalones, sino que varía lentamente entre un máximo y un mínimo, pudiendo en cualquier momento, presentar cualquier valor intermedio. Pues bien, se trata de un ejemplo de señal analógica.

El tocadiscos presenta uno de los problemas propios a las señales analógicas:

Cualquier deformación en la profundidad de las pistas, mota de polvo o movimientos del plato, provoca una lectura errónea y por tanto un sonido erróneo, que no se puede detectar ni corregir a posteriori. *Una vez la señal original se ha alterado no existe ninguna posibilidad de recuperación.*

## Valor de una señal en un punto

Siempre que es necesario determinar en un instante de tiempo el valor de una señal analógica acudimos a medir dos conceptos:

- La potencia de la señal, que se mide en Vatios (W)
- La diferencia de tensión, en caso de señales eléctricas, que se mide en Voltios (V).

Los valores de las señales pueden variar ampliamente, por lo que el rango de valores, diferencia entre el más pequeño y el más grande de los posibles, puede ser tranquilamente del orden de 1.000.000 para muchas señales. Por esto se ha definido una unidad de medida, el **decibelio**, que resulta muy útil a la hora de realizar medidas y obtener cifras manejables, ya que trabaja en escala logarítmica y no lineal.

- Medidas de potencia, el dBm  $\times 10 \log (P)$  P en mW.
- Medidas de tensión, el dBV  $\times 10 \log (V)$  V en mV.

Los valores obtenidos con estos indicadores no son valores absolutos (W o V), sino valores relativos (al mW y al mV), a los cuales se les aplica una escala logarítmica para que resulten números más manejables.

A continuación se muestra una tabla con la relación de valores de potencia en las dos escalas.

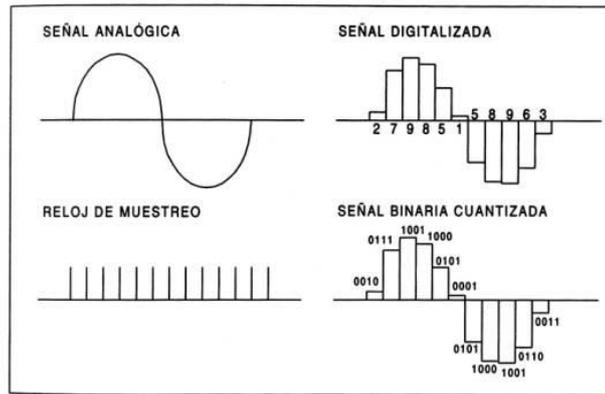
Potencia en vatios	Nivel en dBm
1W	+30
100 mW	+20
10 mW	+10
1 mW	0
100 $\mu$ m	-10
10 $\mu$ m	-20
1 $\mu$ m	-30

**Correspondencia niveles de potencia.**

## Comunicaciones digitales

La digitalización de una señal es un proceso que tiene como objetivo el traducir una señal analógica a una serie de "**dígitos**" o "**letras**". Este proceso es aplicable a todo tipo de señales analógicas (audio y vídeo) y facilita enormemente la transmisión y tratamiento automático de las señales.

Los dígitos de referencia utilizados para digitalizar una señal son "el **uno**" y "el **cero**", que se asocian en los dispositivos electrónicos a los estados de "paso de corriente" o "falta de corriente", es decir, a la presencia o ausencia de señal eléctrica sobre el conductor.



*Interpretación de una señal analógica en una señal digitalizada.*

El desarrollo de los transistores y su posterior evolución hacia lo que hoy conocemos como "chips", es decir, agrupaciones complejas de millones de estos transistores en pequeños dispositivos electrónicos, han hecho posible la espectacular revolución tecnológica experimentada por los equipos de telecomunicaciones en los últimos años.

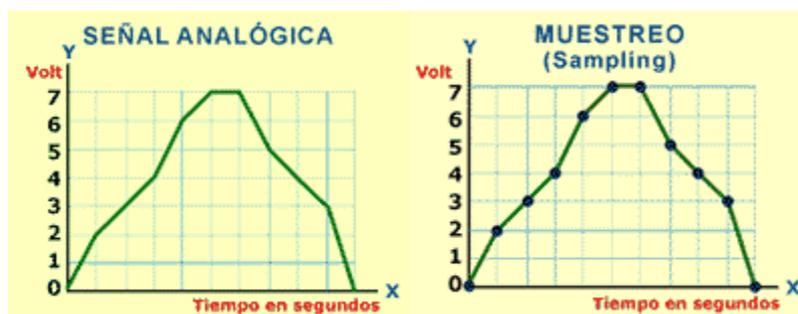
## Muestreo, cuantificación y codificación

Por digitalización se entiende el proceso de conversión de una señal analógica en digital. Dicho proceso se compone de tres fases diferenciadas: el **muestreo** de la señal, la **cuantificación** de las muestras y la **codificación**.

### El muestreo

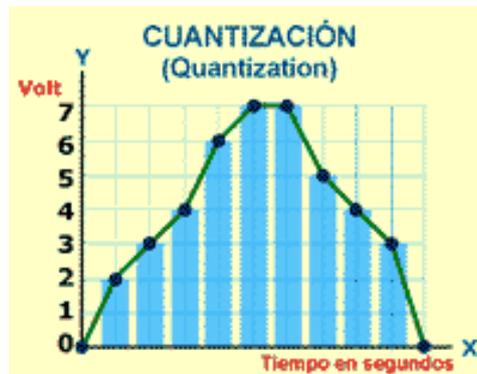
La fase inicial de la digitalización de una señal se denomina muestreo, y consiste en tomar valores de la señal a unos intervalos de tiempo siempre constante. Si una señal presenta variaciones "lentas" a lo largo del tiempo, unos pocos valores servirán posteriormente para reconstruir fielmente la forma de la señal.

En caso de señales que presenten variaciones "rápidas", será necesario tomar las muestras más juntas, es decir, en el mismo intervalo de tiempo será necesario tomar un número de muestra mayor.



## La cuantificación

En paralelo al muestreo se debe realizar la cuantificación de la señal, es decir, medir el valor de la señal y asignarle un determinado valor en una escala de valores posibles. La escala de valores que se usa para medir la señal puede ser uniforme (0,1,2,3,4,5, etc.) o no (0,2,4,6, etc.).



## La codificación

Una vez hemos obtenido una lista de valores de señal, en unos intervalos de tiempo fijos, la información obtenida se codifica, es decir, para cada valor se le asigna una representación mediante un conjunto de "1" y "0". Un conjunto de "N" dígitos representa una abanico de 2 elevado a N valores diferentes, (con grupos de 8 dígitos se puede representar 2 elevado a 8 = 256 valores de señal diferente), por lo que dependiendo del tipo de señal digitalizada se escogerá el valor de N más conveniente para que se puedan representar todos los valores de ésta.



Una vez llegados a este punto hemos logrado transformar la señal analógica en "grupos de bits", que son obtenida en una serie de "intervalos de tiempo". Multiplicando estos dos valores obtendremos la capacidad de transmisión necesaria para transmitir esta información... y ¡se acabaron las señales analógicas!

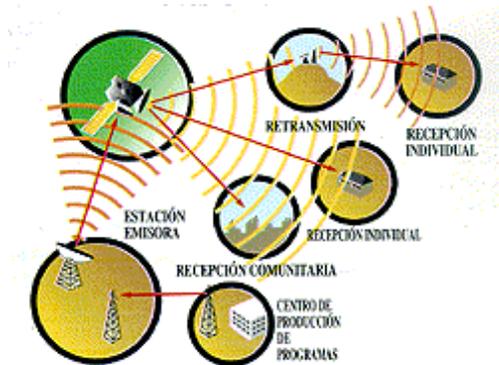
Un ejemplo, la señal de telefonía:

- Velocidad de muestreo      8.000 muestras/segundo
  - Esquema de cuantificación    No lineal (Ley A)
  - Codificación                    8 bits/muestra
- Velocidad total =  $8.000 \times 8 = 64.000$  bits/s. = 64 Kbit/s.

## La Televisión por Satélite

Con la colocación en los últimos años de los diferentes satélites en órbita, se ha producido un espectacular avance de la televisión por satélite. Cada día es más común la imagen de las antenas parabólicas en los tejados de las casas, siendo su misión recoger la señal que les envían los satélites desde el espacio.

La televisión directa por satélite (**TDS**) ha experimentado un gran avance en la última década. Cada sistema nacional de televisión por satélite llega a telespectadores que viven fuera de las fronteras del país emisor. Para producir una emisión por **satélite** tenemos que situar la estación de tierra de emisión en un lugar accesible para la señal procedente del centro de producción de programas. Dicha estación está equipada con una antena de grandes dimensiones y que establece el enlace ascendente con el satélite. Después, la señal que recibe el satélite se retransmite hacia el país por una antena adecuada y con unas características, frecuencia y potencia, que han sido previamente planificadas. Esta es la señal que después van a recibir los receptores situados en tierra, bien sea un usuario individual o una comunidad.



Un sistema de televisión vía satélite está formado básicamente por tres partes: la **estación emisora**, el **satélite** y la **estación receptora**.

### Estación emisora

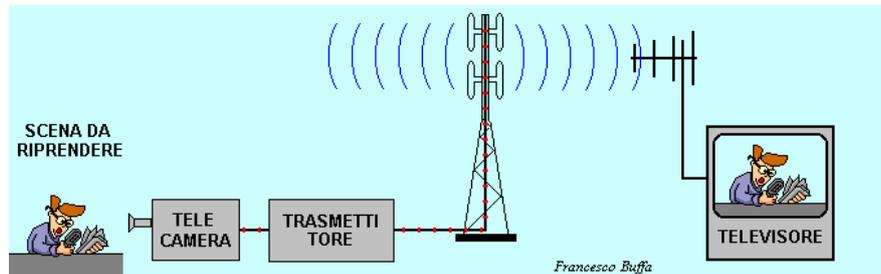
En esta estación se encuentra la antena de **emisión** y el **transmisor**. La potencia que se emite desde la estación de tierra es alta, del orden de los **kW**; así, la señal captada por la parábola del satélite, será lo suficientemente buena como para que no se introduzca ni distorsión ni ruido en esta parte del trayecto donde la señal es ascendente. La antena de emisión es una parabólica cuyas dimensiones dependen de la potencia que queramos emitir. Esta antena también tiene que recibir las señales que le envía el satélite para su posicionamiento y seguimiento, que son señales bastante débiles. Estas señales sólo son captadas por la estación emisora y no por la estación receptora. Con ellas, la antena parabólica de emisión se puede orientar hacia el satélite con una mayor precisión.

Estación Base



Antenas parabólicas de emisión y recepción

Las señales que vamos a emitir se generan en un estudio de **televisión**. La estación emisora puede encontrarse junto al estudio de televisión o no. Si se encuentran juntos, van a estar conectados por cable ya que las distancias son muy cortas. La señal compuesta por vídeo y audio va a pasar directamente al modulador y después al transmisor para, posteriormente, ser radiada por la antena hacia el satélite.

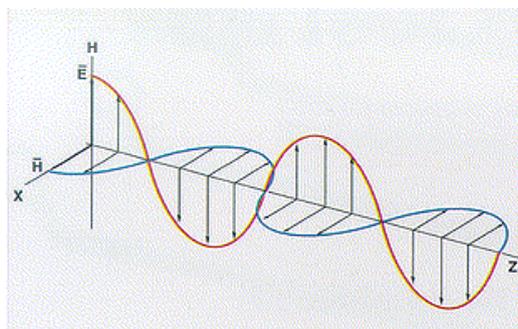


### **Estudio de televisión, emisión y recepción de la señal TV.**

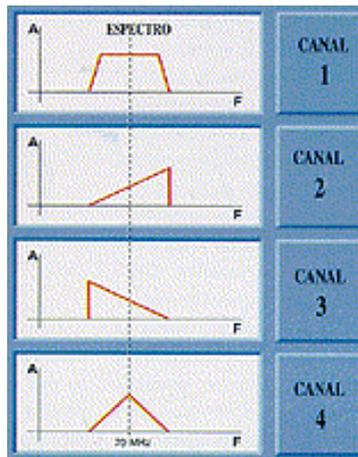
Pero, normalmente, no se encuentran en el mismo sitio, ya que los estudios de televisión suelen estar en las grandes ciudades mientras que las estaciones emisoras se suelen situar en sitios tranquilos donde no puedan perturbarse las emisiones y recepciones con ruidos exteriores. En este caso, al estar a una distancia de incluso kilómetros, ya no se pueden conectar por cable por lo que se utiliza un enlace **radioeléctrico** entre la estación emisora y los estudios. Suelen emplearse las frecuencias de **microondas** para este tipo de enlaces ya que usando las frecuencias de microondas a estas distancias, vamos a obtener una calidad alta debido al gran ancho de banda de transmisión.

En la estación emisora se necesitan instalaciones complementarias, como estaciones de **telemando** y **telemida**, para poder enviar comandos desde la Tierra y situar al satélite en su órbita adecuada.

Cuando realizamos una comunicación por satélite, normalmente, se pueden enviar hasta cuatro canales de vídeo con un ancho aproximado por canal de **27 MHz**. Una forma que tenemos para enviar un mayor número de canales sin salirnos de la banda permitida es **polarizando** las señales, es decir, podemos darles una orientación adecuada a las ondas. Para que no se mezclen las ondas, las direcciones que les demos al polarizarlas deben ser lo más opuestas posibles, siendo lo mejor una diferencia entre los ángulos de ambas ondas de 90 grados. Lo que supone que una de las ondas va a tener una polarización horizontal (90°) y la otra una polarización vertical (0°). Al haber polarizado de esta forma las ondas, vamos a poder emitir dos canales en un mismo ancho de banda, sin que haya ningún tipo de problema a la hora de demodular las señales. Por lo tanto, hemos conseguido pasar de cuatro canales a ocho sin mucho esfuerzo, la única condición es que el receptor sea capaz de discriminar la polarización vertical de la horizontal.

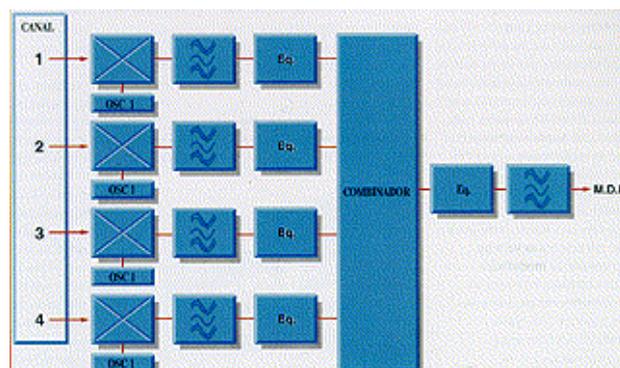


Como hemos dicho, la estación emisora está unida a los estudios de televisión que proporcionan la información que deseamos transmitir, bien físicamente con un **cable** o, si la distancia no lo permite, a través de un enlace radioeléctrico usando la frecuencia de las microondas. La información llega a la estación emisora por uno de los dos medios antes citados, y a la salida del enlace vamos a tener la información de vídeo y audio ya moduladas y preparadas para formar la señal que deseamos transmitir. Vamos a tener dos tipos de cadena de modulación, ya que, como hemos dicho antes, los tipos de polarización van a ser dos. En el satélite se van a transmitir diferentes emisoras, y cada una de ellas va a entrar en un modulador independiente. En estos moduladores, la señal que les llega va a ser utilizada para modular en frecuencia a una portadora cuyo valor suele estar alrededor de 70 MHz. Las señales moduladas sobre estas portadoras son las que luego se van a mandar. Todas las señales moduladas van a pasar por un "limitador" para eliminar las variaciones en amplitud que se hayan podido producir.

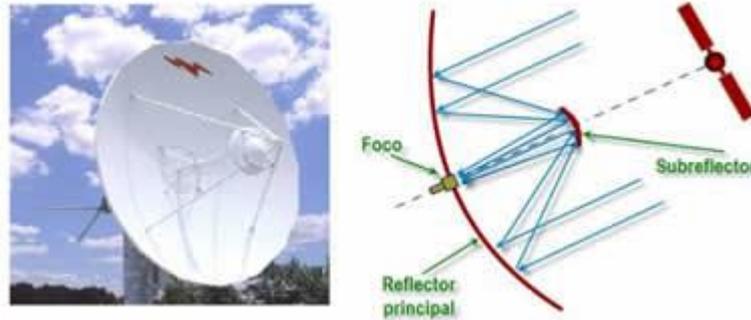


Como nos podemos imaginar, si mezclásemos todos estos canales antes de enviarlos sería casi imposible su demodulación y la obtención correcta de la información que queremos transmitir, por eso es necesario **multiplexarlos en frecuencia (MDF)** antes de que salgan de la estación emisora.

**Multiplexar en frecuencia** consiste en separar cada canal en el espectro de frecuencias de forma que luego, al demultiplexarlo, sea fácil separar y recuperar cada uno de los canales independientes. La multiplexación por frecuencia es la más usada, debido a la facilidad en la desmultiplicación que ofrece. Consiste en dar a cada canal una banda determinada, que se caracteriza por la frecuencia central y el ancho de banda que tiene. Cada canal va a estar separado del siguiente, dejando una banda libre para que no puedan solaparse los espectros de los diferentes canales. A la hora de demultiplexarlo, es suficiente con poner un filtro pasa-banda para poder separar cada canal.



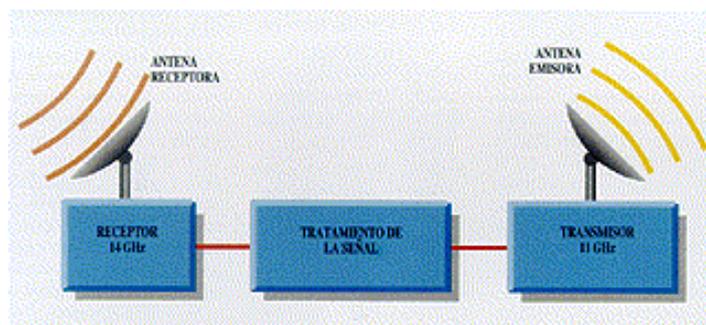
Cuando la señal sale del multiplexador tiene una frecuencia inferior a 3GHz. Para poder emitirla al satélite hay que mezclar esta señal con una generada por un **oscilador**. Al sumar estas dos señales, todo el espectro se va a trasladar a una banda de frecuencias mucho más alta y que ya puede ser transmitida hasta el satélite. Después de mezclar, las ondas van a ir sobre "guía-ondas". Nos vamos a encontrar con equalizadores preparados para corregir las señales. Después se encuentran dos amplificadores cuya salida está conectada al control de polarización de la antena que es **parabólica**.



Dentro de las antenas que van a emitir la señal podemos hacer una diferenciación según el número de reflectores parabólicos que tengan. Pueden tener uno o dos. En el primer tipo tenemos un **reflector parabólico**, en cuyo foco se sitúa una antena de bocina enfocada hacia el reflector. En este tipo de antenas se pueden producir atenuaciones debido a que la señal tiene que llegar a la bocina por medio de una guía, y, si las dimensiones de ésta son muy grandes, va a perderse parte de la señal produciendo las citadas atenuaciones. En el segundo tipo, formado por **dos reflectores**, se soluciona el problema de las atenuaciones sustituyendo la guía por un segundo reflector.

## El satélite

El satélite puede considerarse como un **repetidor** que recibe una señal y la vuelve a enviar con la misma o distinta frecuencia de la onda portadora. Se diferencia en varias cosas de los repetidores convencionales y, sobre todo, en su posición, ya que no está en un lugar fijo sino que se encuentra en una órbita **geoestacionaria en el espacio**. Para encontrar dicha órbita se busca un punto en el espacio en el que la fuerza de atracción de la tierra y la fuerza centrífuga del satélite sean iguales.



La órbita del satélite debe ser circular y, además, debe conseguir que el satélite sea visto en una posición fija desde la tierra para poder mantener la recepción de los programas y poder establecer el enlace constantemente con un ángulo fijo. Por todo esto se utilizan ondas geoestacionarias, ya que son órbitas **circulares y ecuatoriales**.

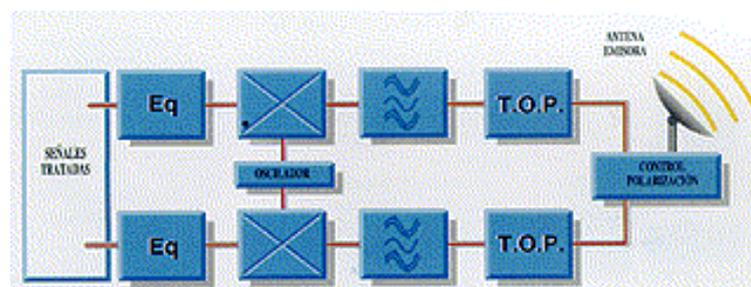
Los satélites se encuentran en una órbita a **36.000 kilómetros** de la Tierra. Las pequeñas variaciones en la posición del satélite pueden ser corregidas desde la estación emisora, asegurando así que el satélite va a tener una posición estable en el espacio.



Para colocar un satélite en órbita se suelen utilizar vehículos de lanzamiento. Dependiendo del vehículo que se vaya a utilizar se realizará un método u otro de colocación. Normalmente se coloca el satélite en una órbita auxiliar que es elíptica y está muy inclinada. Se la denomina órbita de **transferencia**. Otro método para colocar un satélite en órbita es utilizar un lanzadera espacial que está tripulada y puede recuperarse, siendo capaz de colocar grandes cargas en órbitas terrestres de baja altura. El satélite está dotado de una etapa propulsora que lo va a colocar en órbita.

Debido a todas las operaciones asociadas con la colocación de un satélite en órbita, como son la fase de lanzamiento, el posicionamiento y mantenimiento en una órbita, los satélites deben llevar incorporados unos sistemas de apoyo que se encuentran en el denominado **módulo de servicio**. Este módulo también sirve de apoyo al módulo de comunicaciones, que es el encargado de gestionar las señales.

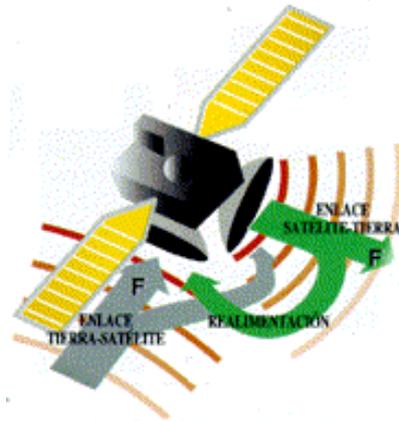
Dentro del satélite se encuentran los equipos necesarios para que este pueda actuar como repetidor. En el exterior vamos a encontrar las antenas y los paneles solares. Con las antenas vamos a cubrir la recepción y emisión de las distintas señales y con los paneles solares vamos a proporcionar alimentación a todas las partes del satélite, así como a las baterías auxiliares que funcionan cuando no se recibe energía del sol.



Los satélites tienen incluidos varios subsistemas que desempeñan diferentes funciones. Uno de estos subsistemas es el de **telemando**. Parte de las maniobras que realiza un satélite están dirigidas automáticamente por las órdenes que lleva en la memoria del ordenador de a bordo, pero otras muchas son mandadas desde tierra por medio del sistema de telemando. Por ejemplo, se puede modificar la órbita del satélite, poner en funcionamiento algunos equipos de medida, etc.

Otro subsistema importante es el de teledeteción, gracias al cual es posible saber en tierra todo lo que está ocurriendo a bordo. Se puede saber el estado de funcionamiento de los distintos equipos y sistemas, recibir la información que va recogiendo el satélite como, por ejemplo fotografías, etc.

El subsistema o módulo de comunicaciones realiza las mismas funciones que un repetidor terrestre, ya que regenera la señal y la cambia, modulándola en otra portadora de frecuencia diferente a la modulación con la que entra en el satélite. Cuando hablamos de regenerar la onda que llega al satélite, nos referimos a que aquí se trata de eliminar las distorsiones que se han producido en el camino ascendente desde que salió la señal de la estación emisora; así, cuando llegue a la estación receptora, sólo tendrá la distorsión producida en el camino descendente desde el satélite.



La frecuencia de las ondas que llegan al satélite y la de las que salen no son iguales. Dentro del satélite hay que realizar una conversión de frecuencias. Si las antenas transmisoras y receptoras tuvieran una directividad muy grande, es decir, se pudieran girar **180°**, no sería necesario realizar la conversión de frecuencias. Pero esto no es posible ya que si las antenas están colocadas de forma opuesta, es decir, formando **180°** entre ellas, se produce un fenómeno de realimentación, que consiste en que parte de la señal emitida por la antena transmisora sería captada por la receptora, que puede producir un eco indeseado e incluso una autooscilación del satélite. Otro problema que hay que controlar es la potencia de las ondas emitidas por el satélite que es bastante pequeña. Esto trae consigo que el rayo ascendente deba tener una frecuencia que se atenúe más que la del rayo descendente porque, la segunda, parte con menos potencia.

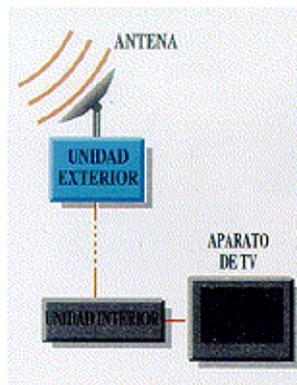
## La estación receptora

Es la parte que más conocemos ya que se trata de los receptores que puede tener cualquier usuario en su casa. Las estaciones receptoras están formadas por tres partes: **la antena**, la **unidad de sintonía** y el **aparato de televisión**.



La función del televisor es traducir las señales **radioeléctricas** que llegan a su toma de antena en imágenes y sonido. La **antena** está formada por un reflector parabólico y un cabezal de microondas, y es conocida por todos como "*antena parabólica*". Las débiles señales que llegan a la antena desde el satélite son concentradas por el reflector en el foco de la parábola, donde se encuentra el cabezal de microondas. Así, se produce un mayor aprovechamiento de la energía recibida siendo ésta mayor cuanto mayor es el tamaño de la parábola, aunque, por otro lado, la parábola no debe ser muy grande por problemas con los grandes vientos y la tecnología de fabricación.

El **cabezal de microondas** tiene dos funciones: la primera consiste en **amplificar** la señal que le llega para que luego pueda ser tratada en los circuitos posteriores. La otra función es la de **mezcla**. El primer motivo por el que es necesaria la mezcla es por la bajada de la antena a la unidad de sintonía ya que, si no mezclamos, tendríamos la señal recibida por el satélite y se producirían atenuaciones en la línea. El otro motivo por el que es necesario mezclar es porque el televisor no puede recibir señales de microondas. Con la unidad de sintonía podemos recibir diferentes señales de distintas unidades emisoras.



El servicio de **radiodifusión** de televisión por satélite tiene asignada una banda de frecuencias comprendida entre 11.700 y 12.500 MHz, estando modulada en frecuencia la portadora de RF.

Para poder recibir una señal de satélite en un televisor, el usuario necesita un equipo auxiliar que convierta las señales de vídeo y audio separadas. Este equipo, que es la **estación receptora**, consta de una antena, de un equipo exterior, situado junto a la antena parabólica, y de otro equipo que debe colocarse junto al televisor (equipo interior). El equipo exterior consta de un amplificador de bajo ruido, un oscilador, un mezclador y otro amplificador de frecuencia intermedia. Este equipo tiene como función el adaptar las frecuencias, es decir, trasladar la banda de frecuencias recibida a otra más baja pero que siga manteniendo las mismas características de modulación. Estas características son que la modulación sea en frecuencia y que tenga un ancho de banda de 27 MHz. Otra de las funciones del equipo exterior es la amplificación de la señal. Cuando se realiza el proceso de conversión de la señal de satélite a los estándares de la televisión, es necesario **amplificar, filtrar, corregir distorsiones**, etc.

En el equipo interior se encuentra un segundo amplificador de frecuencia intermedia, un segundo oscilador que es variable y un amplificador para la segunda frecuencia intermedia. Actuando sobre el oscilador variable podemos conseguir sintonizar el canal deseado.

Existen diferentes tipos de receptores, basándose sus diferencias en su comportamiento frente a las siguientes características: el número de conversiones de frecuencia que haya que realizar, el procedimiento que se utilice para la demodulación, el número de canales que pueda recibir simultáneamente, la anchura de banda de la recepción, etc.

La banda total de RF asignada a la radiodifusión directa de televisión por satélite es de 800 MHz, aproximadamente va desde los 11,7 a los 12,5 GHz. Un receptor universal que pudiera recibir la señal procedente desde cualquier país debe ser capaz de recibir toda la banda. Aunque realmente, con la mitad de la banda, 400 MHz, sería suficiente al cubrir una de las dos semibandas o bien la de 11,7 a 12,1 ó bien de 12,1 a 12,5 GHz.

## **Conceptos técnicos sobre los servicios básicos**

En la actualidad todos somos usuarios directos o indirectos de medios de telecomunicaciones, los cuales han modificado los hábitos sociales de las personas. No hay más que evaluar el abanico de posibilidades que servicios como la telefonía fija y móvil, la televisión, Internet y otros servicios de telecomunicaciones ofrecen en la realización de tareas diarias y la comunicación entre personas en todos los lugares y en cualquier momento.

La liberación de los mercados y las continuas alianzas entre operadores, y fabricantes para aumentar la competitividad, se traducen en una continua evolución e innovación que repercute en un mejor servicio para el usuario, y en la oferta continua de nuevos servicios.

Las redes telefónicas, y no digamos ya las telegráficas, tienen más de 100 años y, desde su origen, no han parado de evolucionar y crecer vertiginosamente. La introducción de nuevos servicios también ha sido una nota dominante durante los últimos años, los 90, donde gracias al desarrollo tecnológico se han introducido dentro de los hábitos de consumo del gran público, servicios como la telefonía móvil, la videoconferencia, la televisión digital, Internet, etc.

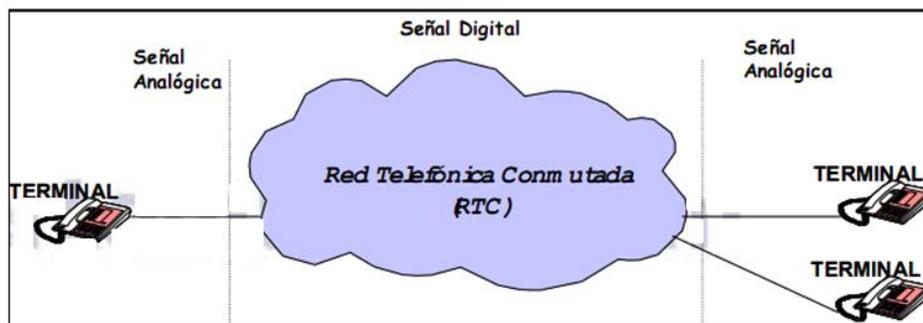
Con objeto de analizar los fundamentos técnicos básicos de estos servicios realizaremos una clasificación de los servicios según su naturaleza técnica, tal y como se muestra a continuación.

- **Telefonía fija.** Servicio transmisión de voz entre dos usuarios fijos geográficamente.
- **Telefonía móvil.** Servicio de transmisión de voz entre dos usuarios con movilidad geográfica.
- **Televisión.** Servicio de difusión de señal de vídeo y audio.
- **Transmisión de la información.** Servicio de transmisión de datos entre terminales o máquinas remotas.
- **Otros servicios.** La radiodifusión, los radioaficionados.

## Telefonía fija

El servicio de telefonía fija surge como respuesta a la necesidad de interconectar los diversos usuarios que deseaban establecer una comunicación vocal, y aunque al principio era una iniciativa privada, pronto se convirtió en un servicio público. En la mayoría de los países se realizó la concesión de la explotación de estas redes a una única empresa, de carácter estatal o fuerte presencia gubernamental, a modo de monopolio.

Mediante el servicio de telefonía fija lo que se ofrece es la posibilidad de establecer comunicaciones vocales entre dos puntos cualesquiera de la red.



Como hemos visto anteriormente la señal vocal es transformada en una señal eléctrica a través del auricular del teléfono. Pues bien, estudios realizados señalan que la mayor parte de la información "útil" de una conversación vocal oscila entre los 300 y los 3.400 Hz, es decir, únicamente transmitiendo las partes de la señal eléctrica comprendida entre esas frecuencias, la conversación es capaz de ser interpretada por los interlocutores.

Las redes de telefonía fija están diseñadas para permitir la transmisión punto a punto de señales eléctricas, sin distorsiones ni pérdidas, dentro del intervalo de los 300 a los 3.400 Hz.

El servicio de telefonía fija se caracteriza por una serie de parámetros de calidad de servicio (**QoS**), que deben ser garantizados por los operadores que explotan las redes de telefonía.

Esos parámetros son, entre otros:

**La probabilidad de bloqueo**, es decir, la probabilidad de que no se pueda establecer una llamada en la red debido a averías, congestión de las líneas, etc.

- Ejemplo: ¿Quién no ha probado a llamar desde una cabina en un lugar costero a la hora de la cena... sin éxito?

**La atenuación de la señal**, es decir, la suma de las pérdidas que afecten al nivel de potencia de la señal ("se oye... pero muy bajo"). Que pueden incluso ser excesivas para la inteligibilidad de la conversación.

- Ejemplo: Teléfonos que se encuentran muy alejados de las centrales, y cuyo tendido de cable sea excesivamente largo.

**El eco**, es decir, el hecho de que simultáneamente pueda oírse la conversación principal y una copia de esta retardada y de menor potencia. Este efecto es especialmente molesto bajo determinados niveles de retardo y potencia del eco, ya que produce una pérdida de control sobre la conversación por parte de los interlocutores.

- Ejemplo: Suele presentarse en redes de telefonías antiguas, por ejemplo, en conferencias a países en vías de desarrollo.

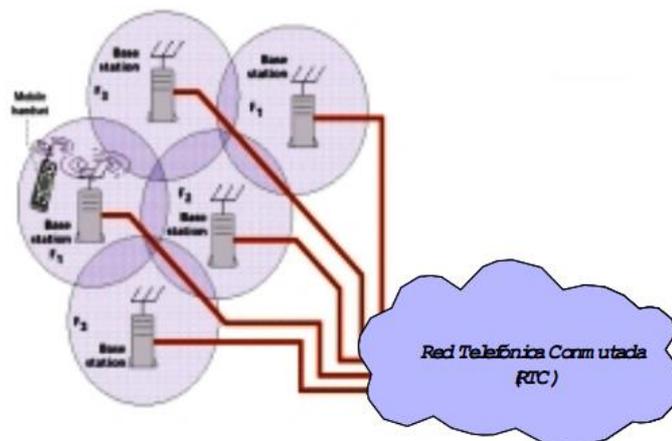
**Retardo**, es decir, la existencia de un intervalo de tiempo elevado, de  $>100$  ms, entre la generación de la señal y la recepción de la misma por el interlocutor, lo que dificulta la fluidez de la conversación, ya que hay que esperar a que otro escuche las palabras, las interprete y llegue la respuesta.

-Ejemplo: Conversaciones a muy larga distancia o en general, aquellas en las que la señal viaja, dentro de la red telefónica, a través de satélite.

## Telefonía móvil

El servicio de telefonía pública está concebido como una extensión del servicio de telefonía fija, haciendo posible el establecimiento de comunicaciones entre terminales que no tienen por qué estar asociados a un lugar concreto.

Actualmente coexisten dos sistemas de telefonía móvil, uno analógico (**TACS**), en vías de desaparición, y otro digital (**GSM**) ampliamente dominante. En sus inicios (1982) los sistemas de telefonía móvil eran de naturaleza analógica pero la gran demanda de estos servicios y la poca eficiencia del uso del espectro asignado (número de frecuencias asignadas a este servicio por la *Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones*). Los sistemas de telefonía móvil digital se introducen en el mercado a partir del año 1995, aumentando la capacidad de usuarios y ofreciendo una mejor calidad a la vez que servicios de valor añadido.



Los sistemas de telefonía móvil se basan en los siguientes conceptos:

- El bucle de abonado se realiza mediante ondas radioeléctrica
- División del área sobre la que se ofrece el servicio en "celdas", a las que da servicio una "estación base". Nace el concepto de "cobertura".
- Gestión de movilidad de los usuarios dentro de la red, hand-over entre estaciones base, entre redes de distintos operadores o países, roaming.

### GSM, un sistema paneuropeo

El sistema **GSM**, que deriva del comité *Groupe Speciale Mobile* del **CEPT**, es el intento europeo de unificar los distintos sistemas móviles digitales existentes en el mercado y estandarizar la tecnología con objeto de ampliar la competencia en estos nuevos mercados.

Los servicios básicos ofrecidos por el sistema GSM son:

- Comunicaciones de voz
- Buzón de voz
- Desvío, restricción y retención de llamadas
- Identificación de llamadas
- Envío de mensajes cortos (SMS)
- Agenda electrónica (integrada en la SIM)
- Indicación coste de la llamada
- Limitación de consumo
- Multi-conferencia

En España existen varios operadores con licencia



## Interfaz radio GSM

El uso de las frecuencias está regulado en el ámbito internacional por un organismo, la **ITU**, *International Communications Union*, que ordena las frecuencias y asigna bandas de frecuencias a cada uno de los diferentes usos posibles. En paralelo, cada país tiene la potestad de distribuir frecuencias definidas por la ITU en las distintas sub-bandas a aquellos operadores que considere.

- Frecuencia de trabajo: 935-960 MHz (*downlink*)  
890-915 MHz (*uplink*)
- Canales por frecuencia: 7+1 de control (8)
- N° de frecuencias max. 124

- **Uplink:** frecuencias utilizadas para las comunicaciones entre los terminales y las estaciones móviles.
- **Downlink:** frecuencias utilizadas para las comunicaciones entre las estaciones bases y los terminales móviles.
- **Canales por frecuencia:** número de conversaciones que pueden ser transportadas por una misma frecuencia. El sistema GSM permite que una misma frecuencia sea utilizada por varios usuarios a la vez.
- **Número de frecuencias máxima:** número de frecuencias de trabajo total definidas dentro del sistema GSM. Estas frecuencias son distribuidas entre los diferentes operadores GSM, o pueden quedar "libres", para una asignación posterior.

## Televisión analógica

El inicio de los sistemas de televisión, tal y como los conocemos actualmente, se remonta a los años anteriores a las 2ª Guerra Mundial. El primer estándar de difusión pública de señales de televisión, en blanco y negro, es adoptado en Inglaterra por la BBC, en el año 1936. Sucesivamente se inicia el servicio de difusión pública de televisión en países como Francia (1936), Alemania (1937), Estados Unidos (1941) y Japón (1953). En España tuvimos que esperar un poco más y la primera emisión en abierto para el público no tuvo lugar hasta el 28 de Octubre de 1956. Se retransmitió un documental y el espacio NO-DO.

Uno de los principales inconvenientes de estos sistemas es que no eran compatibles entre sí ya que las señales de TV transmitidas presentaban formatos diferentes, y cada receptor de televisión estaba adaptado únicamente al formato específico de cada país. La introducción masiva de los servicios de difusión de TV obligó a países y fabricantes a la definición de dos estándares en el mundo.

- **El estándar de TV americano**, con 525 líneas por imagen y una repetición de 30 imágenes por segundo, usado en Norte América, Sur América y Japón.
- **El estándar de TV europeo**, con 625 líneas por imagen y una repetición de 25 imágenes por segundo, usado en Europa, Australia, África y Eurasia.

La televisión en color siguió su desarrollo en paralelo a la TV en blanco y negro, y su principio se basa en la transmisión simultánea de cada una de las señales resultado de la descomposición de una imagen en los tres colores básicos: **Verde, Rojo y Azul**.

El primer servicio de difusión de TV en color tiene su origen en Estados Unidos, en 1951, pero no hasta 1953 que el *National Television Systems Committee (NTSC)* define un estándar para la difusión de estas señales. Las primeras emisiones en NTSC se realizaron en Estados Unidos, en 1954, y luego seguiría Japón, en 1960.

Durante el mismo periodo histórico, en Europa, y más concretamente en Francia, se desarrolló otro sistema de difusión de TV en color, el *Systeme Electronique Couleur Avec Memoire (SECAM)*, que mejora alguno de las distorsiones producidas durante la transmisión de las señales **NTSC**. Las primeras emisiones se realizaron en Francia y la Unión Soviética, en 1967.

Con unos resultados similares, en Alemania, se modificaba el sistema **NTSC** y en 1961 se creaba el sistema *Phase Alternation Line (PAL)*. Las primeras emisiones se realizaron en Alemania y el Reino Unido, en 1967.

Actualmente el sistema **SECAM** es usado en Francia, Grecia y Europa del Este. Mientras que el sistema **PAL** es usado en el resto de Europa y otra serie de países como Brasil, Argentina y China. Aunque ambos sistemas son incompatibles, en el mercado existen receptores de TV duales, que permiten representar las señales de TV emitidas en modos **SECAM-PAL**.

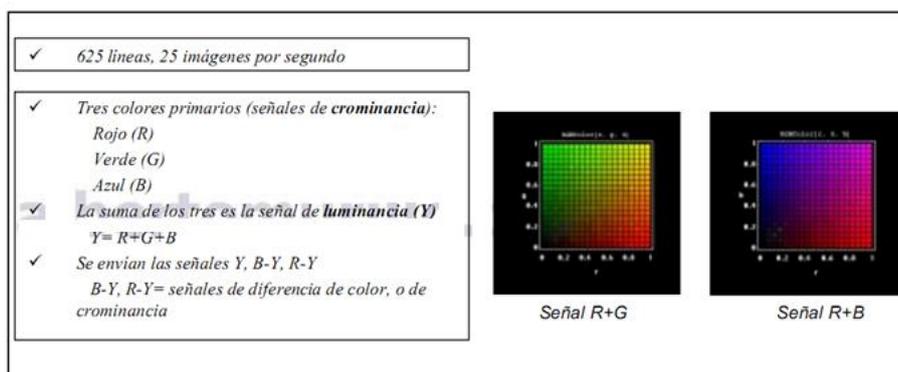
## El sistema PAL

El sistema PAL de difusión de señales de TV en color se basa en la transmisión de una señal formada por 625 líneas, una relación: alto de 4:3 y una cadencia de 25 imágenes por segundo.

Las cámaras descomponen el color de las imágenes captadas en sus tres componentes fundamentales: **Rojo, Azul y Verde**. Estas señales básicas se denominan **chrominancia**, palabra cuyo significado deriva de la palabra griega "cromos", que significa color.

La señal resultado de la suma de los tres componentes básicos de la imagen se denomina **luminancia**, y contiene la información relativa a la intensidad luminosa de la imagen.

En el siguiente cuadro resumen se detalla las diferentes señales formadas a partir de las combinaciones de las señales básicas.



## La televisión de alta definición - HDTV

El concepto de TV de altas prestaciones o alta definición es tan antiguo como el televisor convencional, pero la historia de su desarrollo ha sido más tortuosa.

En 1960 se presentan los primeros desarrollos de un sistema de TV que debería servir para la difusión de señales de TV de alta calidad, originalmente pensado para el mundo profesional (estudios de producción, cine, etc.). Estos desarrollos técnicos se concretan en un sistema basado en 1.125 líneas y una frecuencia de barrido de 60 Hz, que es adoptado por los Estados Unidos como referencia.

Señal	Aspecto	Nº de líneas	Imágenes por segundo	Ancho de Banda
PAL <sub>(1960)</sub>	4:3	625	25	5 MHz
HDTV <sub>(1980)</sub>	4:3	1.250	50	20 MHz

Este sistema presentaba una serie de inconvenientes de cara a la construcción de los receptores y en 1985 la CEE decide desarrollar otro estándar para los sistemas HDTV, de ámbito europeo, basándose en las siguientes características fundamentales:

- Número de líneas: **1250**
- Relación ancho-alto: **16:9**
- Frecuencia de barrido: **50 Hz**

Las investigaciones y los desarrollos enmarcados dentro de este proyecto no dieron a tiempo los frutos deseados, y actualmente, pese a disponer de la tecnología y los conocimientos necesarios para la fabricación y uso de estos sistemas de HDTV, no se han llegado a comercializar nunca.

Uno de los principales logros fue la explotación de un sistema piloto de HDTV para la cobertura de los eventos deportivos de las Olimpiadas de Barcelona en 1992.

Los últimos desarrollos del estándar de HDTV enfocaban los desarrollos hacia a la digitalización de la señal, es decir, la TV digital de altas prestaciones, aunque otros estándares de TV digital han acabado imponiéndose y haciendo de la HDTV uno de los grandes sueños tecnológicos... que nunca se hicieron realidad.



## Televisión digital

La transmisión y posterior tratamientos de señales analógicas presentan grandes barreras para el aumento del número de canales de TV y la mejora de la oferta (TV interactiva, sonido de calidad, etc.). La digitalización de la señal de TV elimina estas barreras y permite el inicio de una nueva era en el concepto de la TV, TV digital.

Como consecuencia de los desarrollos y las investigaciones efectuadas en el marco de la HDTV, tanto los organismos gubernamentales como la industria electrónica se unen para la definición de un estándar único que haga realidad la difusión de TV en formato digital.

Al igual que en el caso de la **HDTV**, el desarrollo y los pilotos de HDTV se inician en Estados Unidos y en Europa en épocas diferentes, tomando como punto de partida los estándares de TV analógicos ya existentes. En 1992, Estados Unidos adopta como estándar de codificación y transmisión de señales de vídeo el estándar **MPEG-2**, *Moving Pictures Expert Group*.

Dos años más tarde, en 1994, en Europa se crea el consorcio **DVB**, con objeto de definir las normas de codificación, transmisión y tratamiento de señales de vídeo y audio. El consorcio DVB adopta como estándar para la codificación de la señal de vídeo, el estándar MPEG-2.

La introducción del concepto de TV digital viene ligada al concepto de **decodificador**, ya que los receptores de TV actuales no interpretan directamente la señal digital, y necesitan un dispositivo externo que realice la conversión MPEG-PAL ó MPEG-SECAM.

El estándar MPEG-2 define el método de codificación, compresión y transmisión y formato de las señales de vídeo y audio que forman la TV digital. La codificación de la señal de vídeo se produce en tres fases:

### Fase 1. Codificación temporal

En esta primera etapa se digitalizan cada una de las imágenes, que forman las secuencias de los programas.

La imagen se divide en bloques de píxeles, es decir, en pequeños cuadrados, y se codifica el color en cada píxel mediante un número de bits determinado, realizándose la codificación de la totalidad de los píxeles que forman una imagen. El formato de la imagen es de 864x625 píxeles elevado a la potencia 4.

### Fase 2. Codificación espacial.

En esta segunda etapa se aprovecha la redundancia temporal que existe entre fotogramas contiguos para codificar las imágenes "a intervalos".

La cadencia de las imágenes sigue siendo de 25 imágenes por segundo, pero muchas veces entre imagen e imagen no se produce un cambio significativo del contenido. Imaginemos por un momento una escena de puesta de sol, que dure unos 30 segundos. Pues bien, las 750 imágenes que componen la escena son todas diferentes entre sí, si bien los cambios entre la primera (el sol se esconde por el horizonte) y la última (el sol desaparece en el horizonte) son mínimas.

La redundancia entre imágenes sucesivas evita la necesidad de codificar todas las imágenes, ya que es posible reconstruir una secuencia de imágenes anteriores únicamente codificando y transmitiendo "la diferencia" entre ellas.

La secuencia de imágenes codificadas es posteriormente comprimida utilizando técnicas de tratamiento digital, ya que de lo contrario la gran cantidad de información contenida no haría técnicamente factible su transmisión por los sistemas y redes de telecomunicaciones actuales.

### Fase 3. Codificación estadística

La secuencia de "1" y "0" resultante de los dos procesos anteriores presenta ciertas características que permiten el uso eficaz de algoritmo de compresión estadística para reducir el tamaño de las cadenas de bits transmitidas.

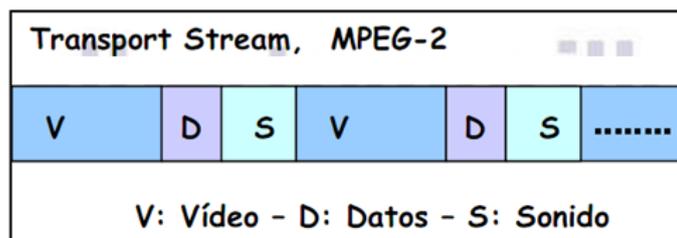
Los resultados en cuanto a compresión de la imagen original son espectaculares, una vez realizados los tres procesos de codificación, tal y como podemos apreciar en el siguiente cuadro:

Tipo de señal	Digitalización directa	MPEG-2
TV-PAL	199 Mbit/s	4-9 Mbit/s
TV-NTSC	168 Mbit/s	4-8 Mbit/s
TV-HDTV	1493 Mbit/s	18-30 Mbit/s



La compresión de la señal es un factor fundamental ya que el ahorro en la cantidad de información a transmitir por cada canal permite aumentar el número de canales de señal digital transmitidos por un mismo sistema.

Pero las ventajas no se acaban aquí. La digitalización de la señal permite mezclar señales de vídeo, audio y datos y transmitir las por el mismo sistema de transmisión. El sistema MPEG-2 define las diversas reglas de aplicación para la mezcla o multiplexación de señales de vídeo, audio y datos, definiendo en función de la calidad de imagen deseada, a capacidad de transmisión necesaria. Las señales digitales formadas por la combinación de señales de vídeo, sonido y datos, se denominan *Transport Streams*.



En el decodificador del abonado se separan las señales y se integran, lo que hace posible la interactividad de la televisión digital, es decir, ir variando el contenido de la programación según las indicaciones de los usuarios.

La multiplexación de señales de audio permite, entre otros, la transmisión del sonido asociado a un programa en varios idiomas, o la transmisión de sonido con calidad HI-FI, o la transmisión del sonido en formato *Dolby-Surround*.

Además, simultáneamente a los programas se puede incluir información relativa al contenido de los mismos en tiempo real, estadísticas, etc.

El receptor de TV pasa de ser un elemento pasivo, una "caja tonta", a un elemento interactivo a través del cual no sólo accedemos a una programación de canales de TV clásicos, sino a una serie de servicios multimedia, lo que da lugar a la aparición de nuevos servicios específicos tales como:



La interactividad de las futuras aplicaciones diseñadas específicamente para la TV digital se basa en la existencia de una comunicación bidireccional entre el espectador y la red de TV. La comunicación entre el espectador y la red de TV se realiza a través del canal de retorno, es decir, de un medio de transmisión que permite recibir los mensajes o comandos ejecutado por el espectador, por parte de los sistemas de red.

Actualmente la mayoría de los canales de retorno se realizan a través de la red de telefonía pública y los decodificadores de abonado vienen equipados de módems convencionales. En general, cualquier tecnología de acceso (xDSL, MODEM de cable, radio, etc.) es válida para soportar el canal de retorno, pero no todas presentan la misma capacidad de transmisión.

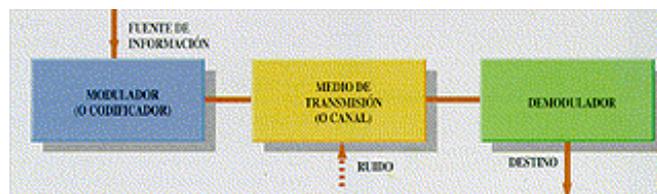
La televisión digital presenta un salto en cuanto a la capacidad de canales de transmisión simultáneos que pueden realizarse mediante un medio de transmisión, ya que las técnicas de compresión permiten, allí donde se transmitía un único canal de TV analógico, transmitir hasta 6 u 8 canales de TV digitales.

## Transmisión de la información

Con la invención del transistor se aceleró el desarrollo de los componentes electrónicos de las máquinas y aparatos, así como las necesidades de comunicaciones de datos, con objeto de compartir información.

La transmisión de información se basa en la transmisión de "**paquetes de información**" entre diferentes máquinas que están conectadas mediante medios físicos de transmisión. Las reglas que se aplican para la transmisión de datos son las definidas en los protocolos de comunicaciones.

La señal de corriente alterna, señal analógica, se puede utilizar para transportar información de un sitio a otro. Los circuitos que tratan las señales alternas, las amplifican y varían su forma y tamaño. A partir de ahora vamos a ver cómo podemos grabar información en las señales alternas para luego poder transportar dicha información a pequeñas y a grandes distancias.



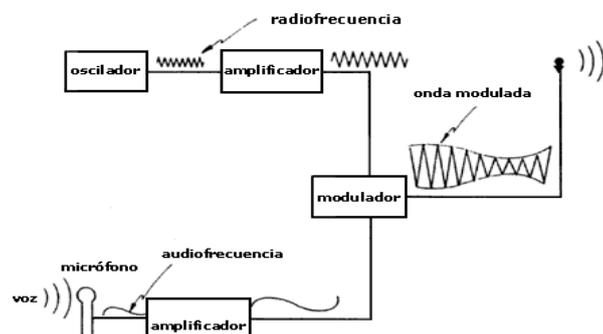
Elementos básicos de una transmisión de señal

Uno de los métodos más antiguos de transmitir señales es el *telégrafo*. Se basa en interrumpir un nivel de tensión de continua en espacios sucesivos de tiempo. Dependiendo del tiempo que se mantenga sin interrumpir la señal se producirá un "punto" o una "raya" pudiendo así transmitir, codificados según el código morse, todo tipo de mensajes.

El principal problema de este sistema consistía en que necesitaba dos hilos para unir la estación de telégrafo que mandaba el mensaje con la que lo recibía.

Cuando Marconi inventó la radio se solucionó el problema de necesitar cables conectados entre el emisor y el receptor de los mensajes. La radio consistía en emitir una señal de corriente alterna al aire, lo que se conseguía haciendo circular por una antena una corriente alterna adecuada para generar una radiación de campos, uno eléctrico y otro electromagnético. Este es un método muy simple que actualmente no se usa.

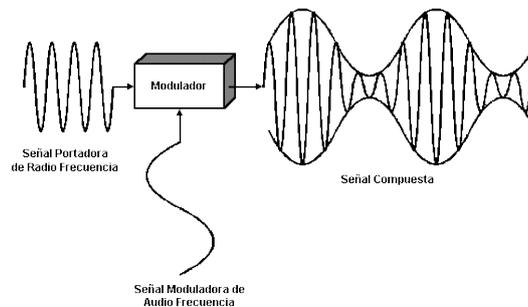
Hoy en día usamos la modulación para imprimir la información que deseamos a las señales alternas. La modulación puede ser de tres tipos: en **amplitud (AM)**, en **frecuencia (FM)** y en **fase (FaM)**.



## La modulación

Por modulación se entiende el proceso de añadir información a una señal tanto analógica como digital. El proceso básico consiste en modificar alguna de las características de la señal básica, mediante la señal que contiene la información útil, transmitir la señal y luego recuperar las variaciones de la señal original en el otro extremo.

La modulación modifica una magnitud física a través de una información. La magnitud física que vamos a modificar es la señal de corriente alterna, que está representada por una onda que se denomina "**portadora**".

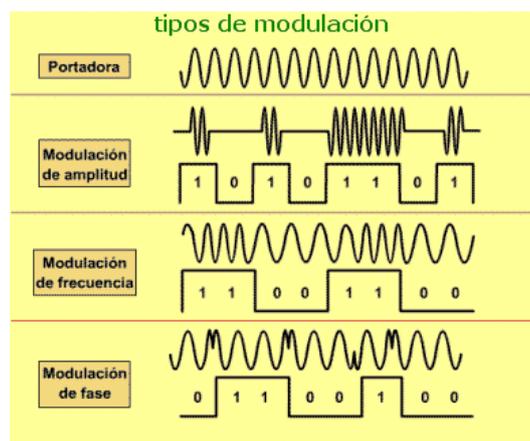


En el mundo de la electrónica, al hablar de una onda portadora, nos estamos refiriendo a cualquier señal de corriente, ya sea continua o alterna, que circula por un conductor y que une dos puntos, el emisor y el receptor que están unidos físicamente. Si esta unión física no existe debemos emplear ondas electromagnéticas para enviar la información, en cuyo caso la onda portadora es una señal de alta frecuencia.

La señal que vamos a mandar está formada por la suma de dos ondas. La primera de ellas es la onda portadora y la segunda la moduladora. La portadora es la señal eléctrica y la moduladora es la señal que va a variar su forma según la información que le vayamos a escribir.

Una onda electromagnética puede transmitir información de un punto a otro sin que entre el emisor y el receptor exista una unión física. La forma de imprimir la información en una onda es modulándola en amplitud, frecuencia o fase.

Entonces en una señal eléctrica tenemos tres magnitudes características: la **amplitud**, la **frecuencia** y la **fase**. Según la magnitud que modulemos, vamos a tener uno de los tres tipos de modulación que veremos a continuación.

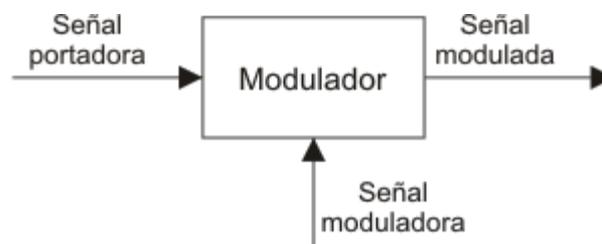


## Modulación en amplitud (A.M.)

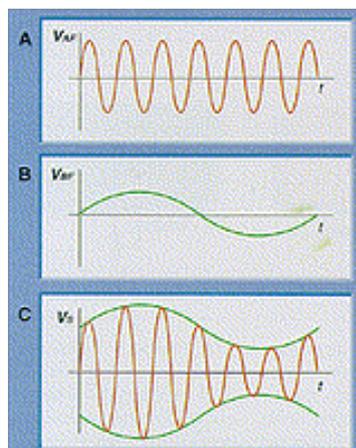
Al modular en amplitud estamos imprimiendo la información que deseamos que se transporte en la amplitud de la onda portadora. Según lo que variemos dicha amplitud vamos a mandar una información u otra.

La modulación en amplitud consiste exactamente en modular la amplitud de la onda portadora con la amplitud de la onda moduladora. La señal que obtenemos después de una modulación en amplitud recibe el nombre de señal modulada. La frecuencia de las oscilaciones de la onda portadora debe ser más elevada que la frecuencia de las oscilaciones de la moduladora.

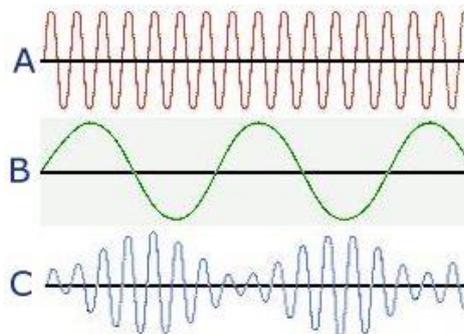
Para obtener una señal modulada con lo visto hasta ahora necesitamos dos circuitos oscilantes: uno de baja frecuencia, que nos va a proporcionar la onda moduladora, otro de alta frecuencia para producir la portadora y, además, un tercero denominado modulador que va a realizar la modulación de la onda portadora de acuerdo con la señal moduladora.



A la tensión que tiene la onda portadora, onda de alta frecuencia, la vamos a denominar  $V_{af}$ , y a la tensión de la moduladora, onda de baja frecuencia, la llamaremos  $V_{bf}$ . Denominaremos grado de modulación al cociente entre la tensión de la onda moduladora,  $V_{bf}$ , y la tensión de la onda portadora  $V_{af}$ ; si a este cociente lo multiplicamos por 100 obtenemos el grado de modulación en tanto por ciento. Cuando el grado de modulación se hace superior al 100% es porque la tensión de baja frecuencia es superior a la de alta frecuencia. Si se da este caso, la onda portadora va a desaparecer y, mientras no varíen las tensiones, no va a poder llevar ninguna modulación.



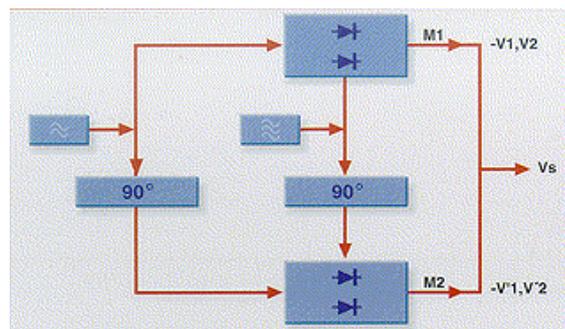
A) señal portadora. B) señal moduladora. C) señal modulada en amplitud.



La onda moduladora está formada por la mezcla de tres oscilaciones de distinta frecuencia y amplitud constante. La primera de ellas es la portadora,  $f_p$ , la segunda es la "suma" de la portadora y la modulación,  $f_p+f_m$ , y la tercera la "diferencia" entre la portadora y la modulación,  $f_p-f_m$ . El espectro de una oscilación modulada en amplitud, AM, consta de la oscilación portadora,  $f_p$ , cuya tensión máxima será  $V_p$ , de las dos frecuencias laterales,  $f_p-f_m$  y  $f_p+f_m$ , de tensiones  $V_1=V_2= 0,5 V_m$ . La oscilación portadora  $f_m$  cuya tensión es  $V_m$  no pertenece al espectro de la oscilación modulada.

Normalmente, la modulación consta de una mezcla de frecuencias y no de una sola frecuencia, ya que la música y la voz humana, que son las señales que más se suelen transmitir a través de una portadora, constan de una gama de frecuencias muy amplias. En el caso de la música la gama de frecuencias oscila desde los 16 a los 16.000Hz y, en el caso de la voz humana, la banda está situada entre los 300 y los 3.500Hz. Por esta razón en el espectro de frecuencias aparecen dos bandas laterales, en lugar de dos oscilaciones laterales. El espectro de una señal de baja frecuencia viene dado por dos mitades situadas simétricamente a cada uno de los lados de una onda portadora. Como tenemos dos bandas laterales simétricas la información se va a transmitir dos veces, ya que la portadora no lleva ninguna información. Por lo tanto, podíamos transmitir sólo una de las bandas y conseguiríamos el mismo resultado, para hacer esto previamente tendríamos que filtrar la otra banda y la onda portadora.

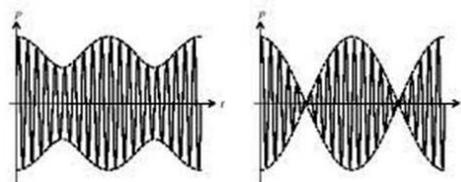
Este proceso no siempre se realiza, sólo se hace en algunas emisoras con la llamada modulación a una sola banda lateral o a banda lateral única (BLU). La gran ventaja de este sistema es el gran ahorro de energía que se produce. Otra de las ventajas es que podemos ampliar el número de canales de información ya que con la banda lateral única ocupamos menos de la mitad del espacio, así que el número de emisoras puede duplicarse siempre que las frecuencias no se interfieran unas con otras.



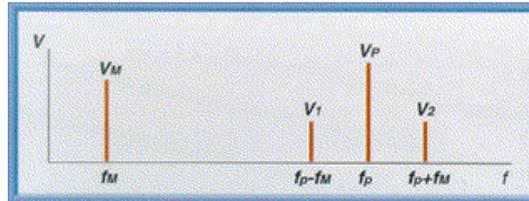
Esquema de bloques de un modulador de banda lateral única (BLU)

## Distintos tipos de A.M.

Existen diferentes tipos de modulación en amplitud. El primero que vamos a tratar es la modulación en amplitud en doble banda lateral (MA-DBL). Este tipo de modulación es el que hemos estado viendo hasta ahora, la amplitud de la portadora va a variar al ser modulada por una onda que lleva la información que queremos transmitir.



Como ya hemos visto el espectro de amplitudes de la señal modulada consta de tres componentes  $f_p$ ,  $f_p - f_m$  y  $f_p + f_m$ . El espectro de amplitudes va a contener normalmente dos bandas de frecuencias que se denominarán **bandas laterales**, y se encuentran por encima y por debajo de la portadora.



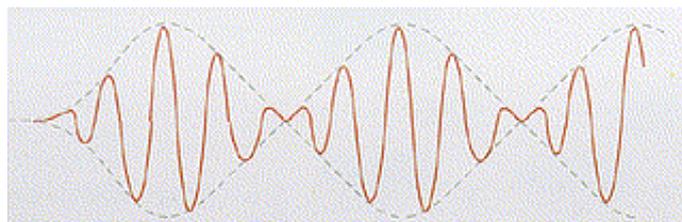
**Espectro en frecuencia de una señal modulada en amplitud**

Otro tipo es la modulación en doble banda lateral con portadora suprimida. (MA-DBL-PS). La potencia transmitida en este tipo de modulación es la suma de la potencia de la señal portadora y de las bandas laterales. Si elimináramos a la señal portadora, toda la señal transmitida sería útil, ya que la portadora no contiene información. Pero habría muchos inconvenientes ya que al eliminar la portadora aumentaría mucho la complejidad del detector.

El espectro de amplitudes de este tipo de modulación se deduce al saber que la onda modulada va a ser el producto de la señal portadora y la señal moduladora. De ahí que en vez de tener dos bandas laterales podamos quedarnos solo con una. Este tipo de modulación se denomina *modulación de amplitud en banda lateral única* (MA-BLU).

La banda lateral inferior transmite la misma información que la superior por lo que podemos suprimir una de las bandas sin que se pierda nada de información y reduciendo el ancho de banda a la mitad, pudiéndose así transmitir el doble de señales independientes por un canal de ancho de banda fijo. Como ya vimos, al reducir el ancho de banda aumenta la complejidad del demodulador.

El último tipo de modulación en amplitud que vamos a ver se denomina modulación de amplitud en banda lateral residual (MA-BLR). Este tipo de modulación se emplea para señales moduladas de banda ancha, como las de la televisión, en las que el ancho de banda puede ser superior a los 5,5 MHz. Si usáramos una modulación MA-DBL, el ancho de banda requerido sería 11MHz ya que al tener dos bandas iguales se tiene que multiplicar por dos. Esto sería muy caro puesto que cuanto mayor sea el ancho de banda mayor es el coste. Por otro lado, si usáramos una modulación MA-BLU, con una única banda, sería muy difícil reproducir una señal de televisión ya que el espectro de amplitudes de una señal de vídeo tiene un componente de continua. La solución a este problema consiste en transmitir parte de una de las bandas laterales, es decir, sólo lo que se considera parte residual, y transmitir la otra banda lateral completa.



**Onda modulada en doble banda lateral sin portadora**

## Demodulador para A.M.

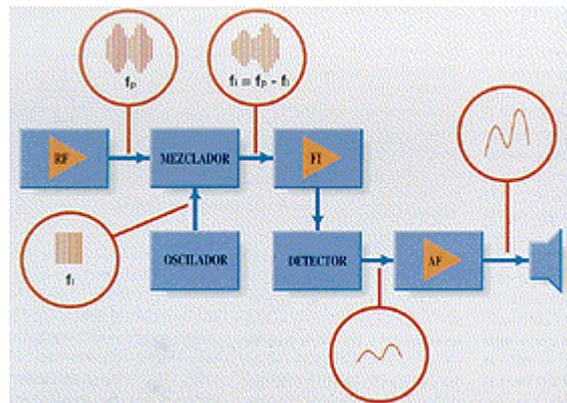
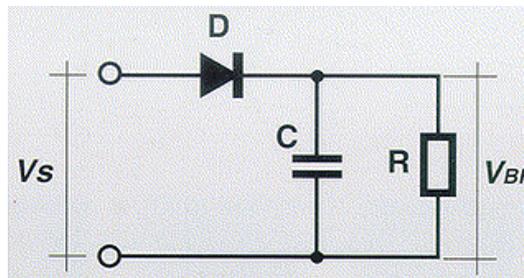


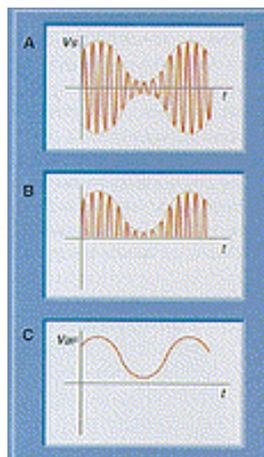
Diagrama de un receptor de AM

Cuando una señal es enviada por un emisor va a ser recibida por un receptor. Lo primero que tiene que hacer un receptor es demodular la señal modulada que le llega para obtener la información que ésta trae impresa.



Circuito demodulador de AM (detector de envoltente)

El proceso de demodular consiste en recuperar la onda moduladora (que es la que tiene baja frecuencia) y separar la de portadora (que es la que tiene alta frecuencia). Podemos demodular la señal modulada en amplitud o en frecuencia. Nos vamos a centrar sólo en la señal modulada en amplitud y ya veremos después cómo funcionan los demoduladores de FM. Un demodulador de AM sencillo puede ser el formado por un diodo, un condensador y una resistencia. El proceso de demodulación consiste en un proceso de rectificación de la señal.



Proceso de demodulación de una onda modulada en amplitud

Para que este circuito funcione aplicamos la tensión de la señal de alta frecuencia en los bornes de entrada. La tensión de salida va a depender del nivel de la tensión de entrada. Al llegar la señal al circuito y pasar por el diodo queda reducida solo a la parte positiva, ya que el diodo no deja pasar a la parte negativa de la señal. El circuito también tiene un condensador amortiguador. Con cada semionda positiva el condensador se va a cargar y con las semiondas negativas se descarga a través de la resistencia R. El condensador no puede descargarse a través del diodo ya que éste se encuentra en estado de bloqueo. La capacidad del condensador no debe ser muy grande pues, de lo contrario, el tiempo de descarga sería superior a la duración de una oscilación de baja frecuencia y obtendríamos a la salida una corriente continua.

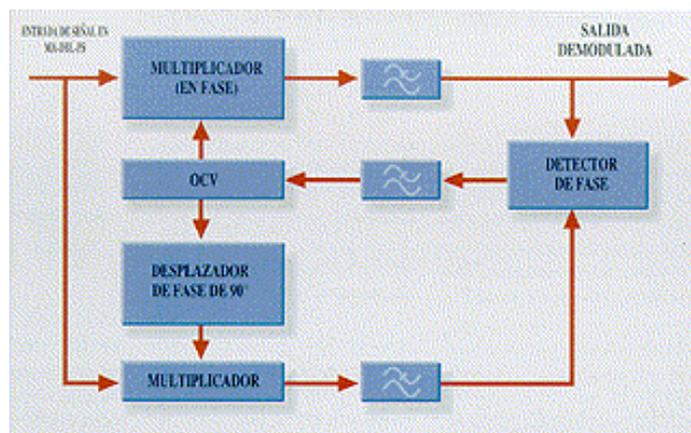
También podemos utilizar como demodulador de AM un circuito rectificador de onda completa, constituido por dos diodos y por un transformador con toma central. Cada uno de los diodos va a permitir el paso de la corriente en un sentido.



A) espectro de una señal MA-DBL. B) espectro de una señal MA-BLR.

Hemos visto como demodular una señal modulada en amplitud en doble banda lateral (MA-DBL). Para demodular una señal modulada en MA-DBL-PS, es decir, como la anterior pero con la portadora suprimida, necesitamos un oscilador local para que genere el componente de corriente requerida.

Si el oscilador local tiene la misma fase que la portadora suprimida, el canal va a tener la salida correcta, si no coinciden ambas fases la salida del canal va a disminuir. El circuito que desmodula este tipo de señales recibe el nombre de "circuito o bucle de Costas".

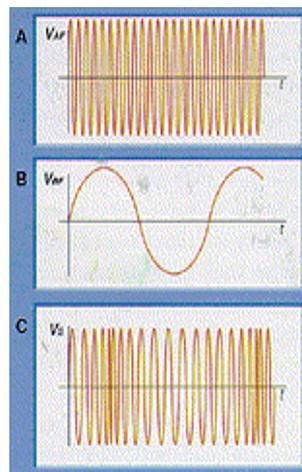


Circuito de Costas

Para las señales de banda lateral única también es necesario un oscilador local en el demodulador al no transmitirse señal portadora. En este tipo de circuitos, además de estar en fase, la señal producida por el oscilador y la portadora, aunque en algunos casos se puede eliminar este requisito, también deben tener coherencia en frecuencia. Se suelen usar osciladores controlados por cristal y sintetizadores de frecuencia para conseguir la estabilidad necesaria de la frecuencia. Como vemos, estos circuitos son mucho más complejos que los simples rectificadores de media onda que se pueden usar para demodular señales de doble banda.

## Modulación en Frecuencia (F.M.)

Podemos transmitir información modulando la amplitud de una onda portadora con una onda moduladora que contenga dicha información. Otra forma muy utilizada es modular la frecuencia de la onda portadora, a este proceso se le denomina modulación en frecuencia (F.M.).



A) onda portadora. B) onda moduladora. C) onda modulada.

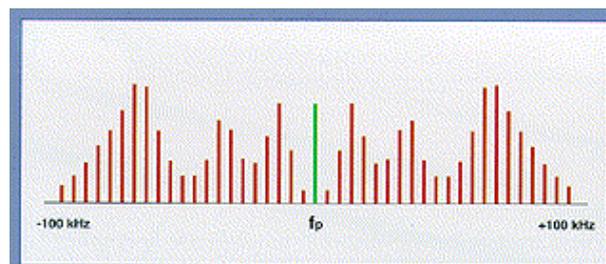
La modulación de amplitud o A.M. tiene varios inconvenientes. El primero de ellos es que la banda útil de la que disponemos para mandar información es bastante pequeña. El segundo es que son ondas muy sensibles al ruido exterior, que se va adicionando a la onda modulada y cuando es recogida por el receptor la información puede estar distorsionada por los ruidos.

Otro de los tipos de modulación que podemos usar para mandar una información de un sitio a otro es la modulación en frecuencia o F.M. Al modular en frecuencia vamos a tener una onda portadora como en el caso de la modulación A.M. en la cual vamos a imprimir la información que queremos enviar. En este caso lo que varía es que la información se imprime en la frecuencia de la señal portadora. La frecuencia de la señal portadora  $f_p$  va a ser variada al ritmo de la tensión de baja frecuencia,  $V_{bf}$ , de la onda moduladora. Si aumenta la tensión de baja frecuencia va a aumentar el valor de la frecuencia de la portadora y al disminuir la tensión de baja frecuencia la frecuencia de la portadora va a disminuir. La amplitud de las ondas va a ser constante en este proceso de modulación de baja frecuencia.

Las ventajas de la modulación en frecuencia sobre la modulación en amplitud son bastantes. Las modulaciones en frecuencia necesitan una potencia de modulación mucho menor que las de amplitud. Su mayor ventaja consiste en que las señales moduladas en frecuencia son mucho menos afectadas por los ruidos y señales externas. El motivo por el que las perturbaciones afectan mucho menos a una modulación en frecuencia es porque dichas perturbaciones afectan a la amplitud de la onda produciendo una modulación adicional en amplitud, en el caso de las modulaciones en frecuencia como la amplitud debe ser constante es bastante fácil de filtrar en el receptor la modificación de la amplitud; sin embargo, en la modulación en amplitud se confunde con la modulación de la propia onda y puede dificultar en gran medida a la hora de demodular la información ya que se puede confundir la modulación producida por la información y la producida por el ruido. Otra de las ventajas es el aumento en el ancho de banda de las señales moduladas en frecuencia como luego veremos.

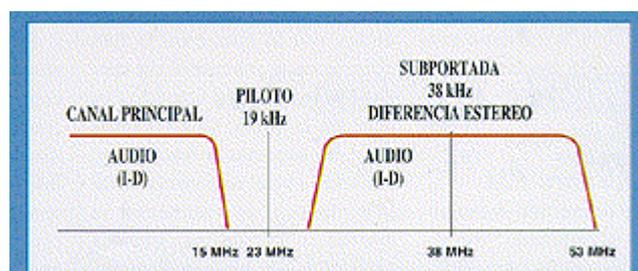
## Espectro de F.M.

En una modulación en frecuencia podemos observar cómo, la frecuencia de la portadora, aumenta o disminuye según el valor de la tensión de modulación  $V_{bf}$ . En este tipo de modulación tenemos, como en la modulación en amplitud, las frecuencias  $f_p$ , de la portadora,  $f_p + f_m$  y  $f_p - f_m$  pero ahora además se van a unir otras frecuencias laterales como, por ejemplo,  $f_p + 2f_m$  y  $f_p - 2f_m$ ,  $f_p + 3f_m$  y  $f_p - 3f_m$  y así hasta  $f_p + n f_m$  y  $f_p - n f_m$ , es decir, cualquier múltiplo de las frecuencias de modulación. Por lo tanto, el número de frecuencias laterales es muy grande, existiendo la suma y diferencia de todos los armónicos posibles. Al igual que en A.M. también podemos definir un índice de modulación. En este caso se denomina índice de modulación a la relación que existe entre las desviaciones máxima y mínima con respecto a la frecuencia de la portadora.



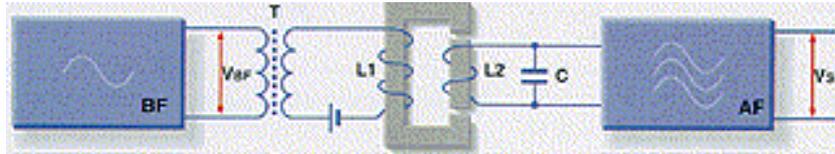
Espectro en frecuencia de la FM

Cuando modulamos una onda portadora con la voz humana o con música, que son ambas señales de baja frecuencia, además de aparecer los múltiplos de las frecuencias de modulación también surgen combinaciones de estos múltiplos, por lo que, si sólo con los múltiplos el número de frecuencias era muy alto, ahora va a ser altísimo.



Espectro en frecuencia de una señal de FM estéreo

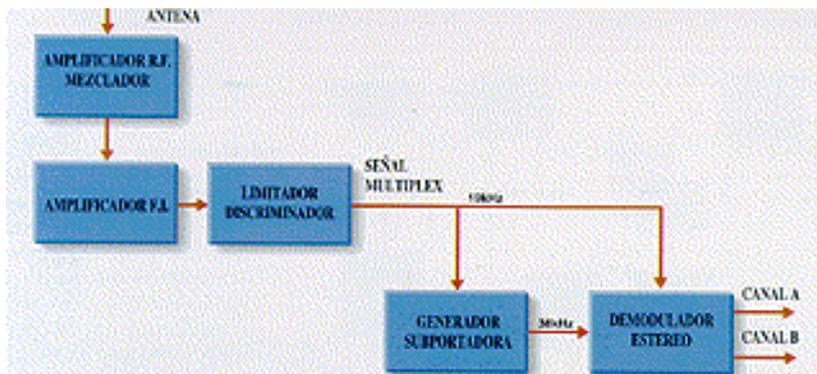
## Modulador de frecuencia de F.M.



Un circuito modulador de frecuencia está compuesto por un oscilador de baja frecuencia aplicado al bobinado primario de un transformador, T. En serie con el bobinado secundario del transformador T se encuentra una batería y un bobinado L1 con un núcleo de chapa de hierro. En el entrehierro de la bobina se incorpora otro bobinado L2 con núcleo de ferrita. El bobinado L2 forma, junto con un condensador C, un circuito oscilante, LC, que va a determinar la frecuencia del oscilador final de alta frecuencia. La batería produce una tensión continua que va a generar un campo magnético en el núcleo de la bobina L1 que va a depender de la tensión de baja frecuencia,  $V_{bf}$ . La inductividad de la bobina L2 también va a variar con la tensión de baja frecuencia,  $V_{bf}$ , modulándose así la frecuencia de oscilación del circuito oscilador de alta frecuencia, esto es, de la onda portadora. La tensión de salida ya modulada se va a aplicar a diferentes etapas de amplificación.

## F.M. estéreo

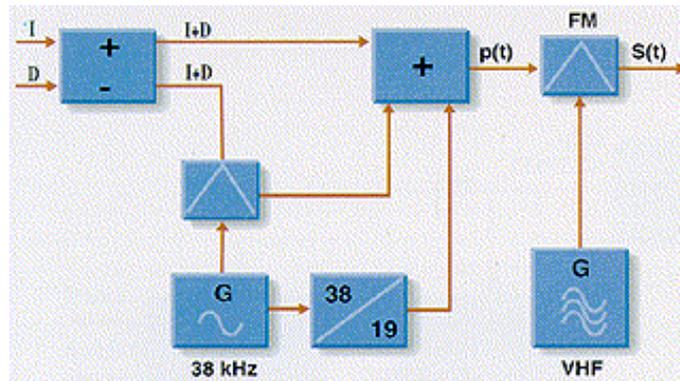
Vimos que para que un sonido fuera estereofónico tenía que grabarse y luego transmitirse usando dos canales separados. Los micrófonos que recogían el sonido debían estar bien separados.



Esquema de bloques de un receptor FM estéreo

Al reproducir el sonido estéreo debemos tener un amplificador por canal y separados los altavoces. El sistema de transmisión de modulación estereofónica se denomina de frecuencia piloto. Es un sistema compatible con los monofónicos, es decir, si tenemos un receptor que no es estéreo y le llega una señal estereofónica la recibe perfectamente y la trata como si fuera monofónica.

Para conseguir una transmisión estereofónica tenemos que difundir dos señales diferentes mediante un transmisor único. De esas dos señales hay una que tiene toda la información monofónica, la denominaremos I+D siendo I el sonido correspondiente al lado izquierdo y D al derecho. La otra señal se denomina suplementaria, siendo I-D.



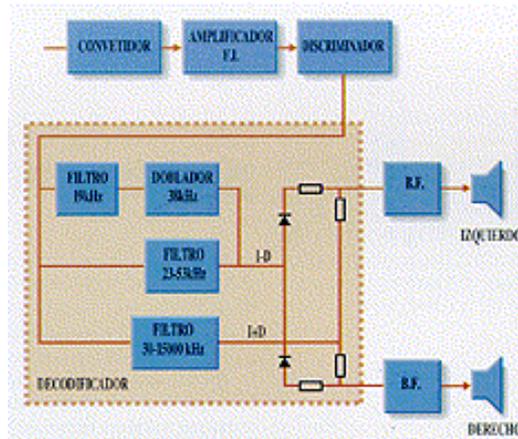
**Para conseguir una transmisión tenemos que enviar dos señales diferentes**

Estas dos señales bien combinadas permiten diferenciar los sonidos de la grabación y mandar cada uno a su altavoz correspondiente. La señal suplementaria antes de su difusión por radio modula en amplitud a una subportadora de 38 KHz.

Esta subportadora va a ser suprimida. Las bandas laterales residuales junto a una frecuencia piloto de sincronización de 19kHz están unidas a la señal I+D y todas estas señales juntas van a modular a la portadora principal. Si queremos reproducir esta señal monofónica no tenemos ningún problema, ya que la señal I+D no tiene ninguna perturbación al encontrarse fuera de las máximas frecuencias audibles. Pero si recibimos esta señal tan compleja, llamada multiplex, con un aparato FM estéreo tenemos que recibir todas las señales, la I+D mediante la frecuencia piloto nos permite regenerar la portadora auxiliar y reconstruir la señal I-D. El receptor de FM estéreo debe tener un decodificador y dos canales de amplificación de baja frecuencia.

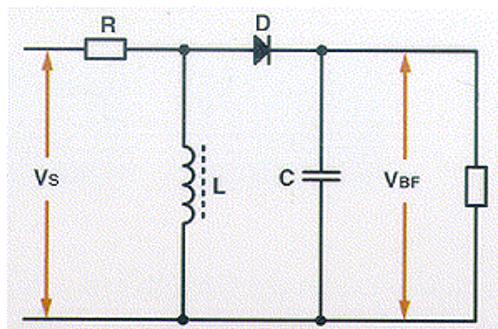
La señal que recibe el receptor es demodulada por el discriminador al igual que cualquier señal modulada en frecuencia. Cuando pasamos la demodulación del discriminador vamos a tener una señal múltiplex. En este momento, la señal se va a dividir en dos partes: una primera parte va a contener la frecuencia piloto a 19kHz a partir de la cual vamos a reconstruir la subportadora de 38kHz y en la segunda parte se encuentra toda la señal múltiplex que demodulada en el demodulador estereofónico nos va a dar las señales correspondientes a los canales derecho, D, e izquierdo, I.

## Demodulador de F.M.



**Demodulador de FM estereofónico**

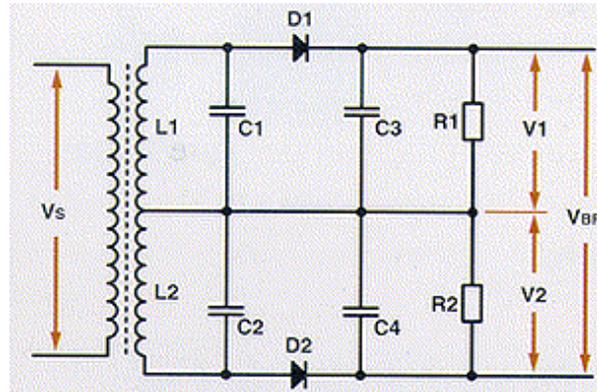
Una de las formas para demodular las señales que le llegan a un receptor moduladas en frecuencia es convertirlas primero en señales moduladas en amplitud y luego usar uno de los demoduladores ya conocidos para las modulaciones en amplitud.



**Demodulador de frecuencias para FM**

Para adaptar el demodulador que vimos para modulaciones AM, es decir, el circuito formado por un diodo, una resistencia y un condensador tenemos que añadirle a la entrada una resistencia más y una bobina. Estos dos nuevos componentes del circuito forman un divisor de tensión para la tensión que les llega a la entrada. La frecuencia de la señal que va a llegar al circuito es variable. Al aumentar la frecuencia de la tensión de la señal de alta frecuencia, la reactancia inductiva de la bobina va a incrementarse y con ella aumenta la tensión entre sus bornes. Por el contrario, si disminuye la frecuencia va a disminuir la reactancia inductiva de la bobina y con ella la tensión en sus bornes. La señal de la entrada es de amplitud constante al estar modulada en frecuencia y no en amplitud. Por lo tanto, si aumenta la tensión en bornes de la bobina, por variar la frecuencia, va a disminuir la tensión en bornes de la resistencia, y si disminuye en la bobina va a aumentar en la resistencia. Este método de demodular no es nada bueno ya que perdemos la principal ventaja de la modulación en frecuencia porque, con este sistema, se vuelve muy sensible a las perturbaciones externas al igual que la modulación en amplitud. Y, por otro lado, la resistencia de la entrada pierde mucha tensión útil.

## Discriminador diferencial para F.M.



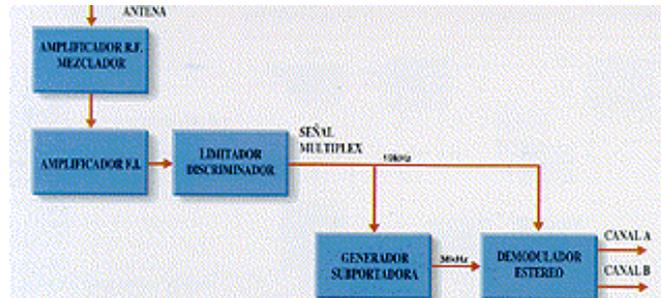
Otro tipo de circuito demodulador es el denominado "**discriminador diferencial para FM**". Su rendimiento es mucho mejor que el anterior. Está formado por dos demoduladores de FM, conectados en oposición. La tensión que vamos a obtener a la salida es igual a la diferencia de las dos tensiones de los circuitos oscilantes. Como se muestra en la ilustración correspondiente, tenemos dos bobinados que, junto con los dos condensadores C1 y C2, forman dos circuitos oscilantes.

Las frecuencias de resonancia de los dos circuitos deben ser una menor y otra mayor que la frecuencia de la portadora. Las tensiones de los dos circuitos van a ser rectificadas por los dos diodos. Con la frecuencia de la portadora,  $f_p$ , las tensiones de los dos circuitos oscilantes van a ser iguales. La tensión  $V_{bf}$  va a ser igual a la diferencia de ambas tensiones, como ya hemos dicho, por lo que, para la frecuencia de la portadora sin modular la tensión que vamos a obtener en la salida, va a ser igual a 0V. Si aumenta la frecuencia, tomando como referencia la de la portadora, va a aumentar la tensión en uno de los circuitos oscilantes, a la vez que disminuye en el otro. Después de pasar por los rectificadores vamos a obtener a la salida una  $V_{bf}$  positiva, ya que la diferencia de ambas tensiones va a ser positiva. Por el contrario, si la frecuencia disminuye su valor respecto a la portadora van a invertirse todos los resultados y obtendremos a la salida una  $V_{bf}$  negativa. Por lo tanto, según como varíe el ritmo de la frecuencia que llega al circuito discriminador, así va a variar la tensión que vamos a obtener a la salida.

Este tipo de circuitos es mucho menos sensible a las perturbaciones externas que se hayan podido acoplar en la onda portadora. El inconveniente que puede surgir es conseguir el ajuste correcto de los dos circuitos oscilantes.

## Detector de relación para F.M.

Este tipo de circuito es el más empleado hoy día en todos los receptores de radio para onda ultracorta y frecuencia modulada.

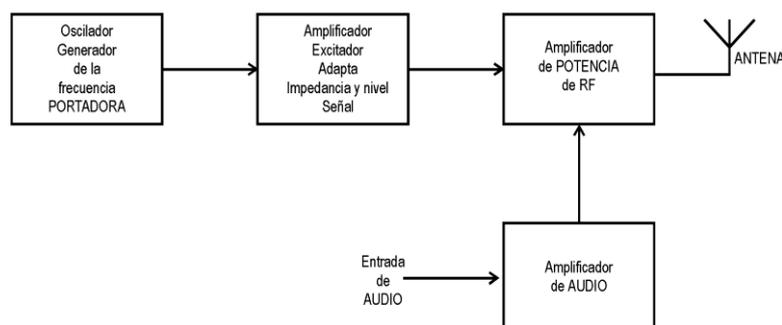


Esquema de bloque de un receptor de FM estéreo

La diferencia con el discriminador diferencial para FM es que lleva una red añadida formada por dos resistencias y un condensador que compensan las variaciones en amplitud, también se invierte uno de los diodos. Al igual que en el discriminador, en estos circuitos, cuando la frecuencia portadora varía al ritmo de la modulación provoca una variación de la tensión de salida,  $V_{bf}$ . Este circuito es muy poco sensible a las rápidas fluctuaciones de amplitud de la onda portadora que se producen por las perturbaciones externas. Debido a que cuando la amplitud del portador aumenta rápidamente por los diodos circula más corriente continua y su resistencia diferencial va a disminuir, esto implica que el circuito oscilante LoCo disminuya su tensión. El condensador  $C_3$  también va a colaborar al no seguir su tensión variaciones rápidas. Con este tipo de circuitos hemos conseguido un demodulador muy poco sensible a las perturbaciones externas y que, además, no depende mucho del ajuste de los dos circuitos oscilantes, como le ocurría al discriminador diferencial.

## Emisoras de F.M.

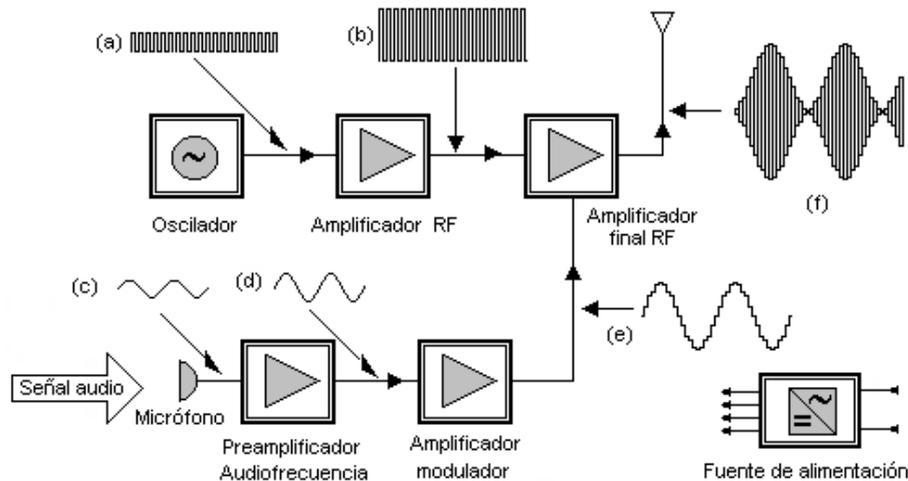
Las emisoras comerciales de F.M. tienen una gran importancia debido a sus mejoras frente a las de A.M. También influye el bajo coste y el tamaño reducido de una de estas emisoras. Una emisora F.M. emite señales moduladas en frecuencia que después pueden ser recogidas por un receptor de F.M. Todas las emisoras tienen que cumplir una serie de requisitos mínimos establecidos por un comité internacional para que entre otras cosas no se produzcan interferencias entre las diferentes emisiones.



Podemos considerar una emisora formada por un conjunto de bloques. Hay tres bloques fundamentales que tienen que tener todas las emisoras: **cadena de baja frecuencia**, **cadena de radiofrecuencia** y la **fuentes de alimentación**.

Empezaremos viendo el bloque que contiene la **fente de alimentación** que, como en casi todos los circuitos, es una parte fundamental, ya que, sin ella, no funcionaría el resto al no llegarles una señal. Una fuente de alimentación debe ser capaz de proporcionar la corriente y tensión necesarias de forma constante y durante un tiempo muy prolongado sin que varíe ninguna de las características básicas.

Otro de los bloques de la emisora es el denominado de **baja frecuencia**. Dentro de este bloque podemos separar varias partes: un preamplificador, un filtro y un medidor de modulación.

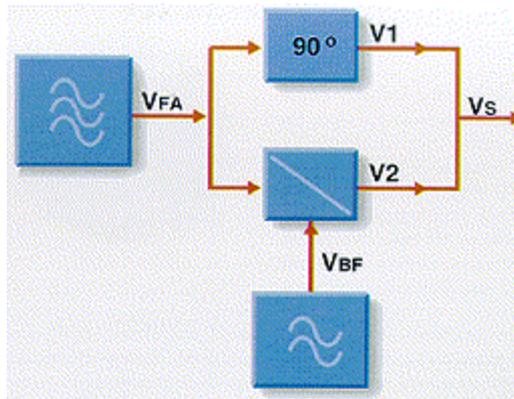


El preamplificador o previo realiza la adaptación de la señal de baja frecuencia a unos niveles adecuados que nos permitan obtener la desviación correcta, que es de 75kHz como máximo pues, de lo contrario, no podría provocar distorsión en la recepción. La misión del filtro es, como su propio nombre indica, filtrar la señal de baja frecuencia limitando la frecuencia máxima. Se utiliza un filtro pasa - bajo siendo 15kHz la frecuencia máxima en el caso de señal monofónica y de 53 kHz en el caso de señal estereofónica. Por último, el medidor de modulación es el encargado de medir la desviación de frecuencia con que se está transmitiendo. Conociendo este valor se puede ajustar el valor máximo permitido en la entrada de la emisora para que la desviación máxima permitida no sea sobrepasada.

El tercer bloque al que hemos denominado de **radiofrecuencia** está formado, a su vez, por un montón de componentes. Entre estos componentes podemos destacar: un oscilador, un amplificador separador, un amplificador regulador de potencia, adaptadores, etapas de potencia, etc. El denominado oscilador maestro es el encargado de generar la señal de radiofrecuencia que después será modulada en frecuencia siendo, por tanto, esta onda generada la portadora. El amplificador separador tiene como función amplificar la señal generada por el oscilador maestro y también separar al oscilador del amplificador de potencia. Con el amplificador regulador de potencia podemos variar la potencia de salida según sean las necesidades de cobertura. Hay varias etapas de potencia con el fin de amplificar la señal producida por el oscilador maestro. También tenemos varios adaptadores para adaptar la impedancia entre las diferentes etapas y conseguir que la transferencia de potencia sea máxima. La última parte de una emisora es la antena. Una antena es un transductor que convierte la señal eléctrica en una onda electromagnética preparada para emitirse a través del espacio.

## Modulación de Fase (FaM)

Este tipo de modulación está muy ligado a la modulación en frecuencia, tanto que mucha gente lo considera un caso específico de ésta. El modulador de fase está formado por un oscilador de alta frecuencia que genera la tensión  $V_{FA}$  de la frecuencia portadora. Esta tensión es enviada por una parte a un desfasador que la gira  $90^\circ$  obteniéndose a su salida una tensión que vamos a denominar  $V_1$  y, por otro lado, a un modulador donde es modulada en amplitud por un oscilador de baja frecuencia, obteniéndose otra tensión a la salida a la que llamaremos  $V_2$ . Después estas dos tensiones,  $V_1$  y  $V_2$ , van a ser compuestas en una sola. El resultado final va a ser una señal cuya magnitud y fase van a depender de  $V_{bf}$ . A la salida del modulador se ha producido una modulación de fase y una modulación de amplitud, aunque esta última puede eliminarse.



Esquema de bloque de un modulador de fase

Siempre que se produce una variación de fase se va a producir también una variación de frecuencia. Pero hay una diferencia muy grande entre la modulación en fase y la modulación en frecuencia y es que, en ésta, la intensidad de la modulación es proporcional a la variación que se produce en la frecuencia, mientras que en la modulación de fase la intensidad de modulación va a ser proporcional a la variación de la fase.

## Modulaciones digitales: FSK y QAM

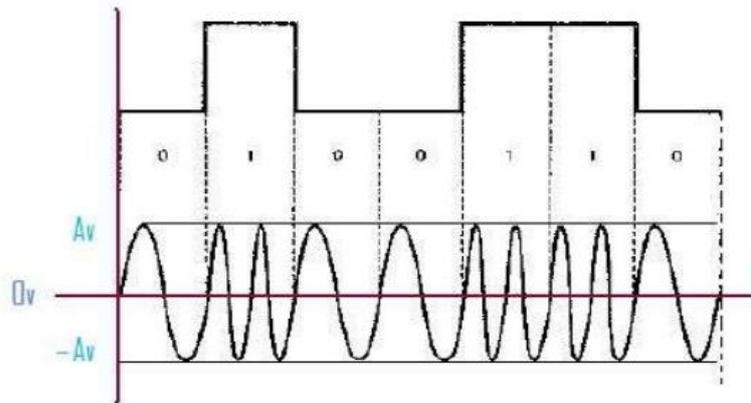
Si la señal utilizada para la modulación de una señal es analógica se habla de modulación analógica, si la señal "útil" es de naturaleza digital estamos hablando de modulaciones digitales.

La representación de las señales digitales en "1" y "0" permite generar múltiples esquemas de modulación, como por ejemplo: **FSK** (*Frequency Shift Keying*) y **QAM** (*Quaternary Amplitude Modulation*).

En el caso de la modulación **FSK** lo que se utilizan son portadoras diferentes, una trabajando a frecuencia  $F_1$  y la otra a frecuencia  $F_2$ , a la que se asocia la presencia de un "1" o un "0". En el demodulador se muestrea periódicamente la secuencia binaria y se asocia una frecuencia determinada en función del valor de la señal digital.

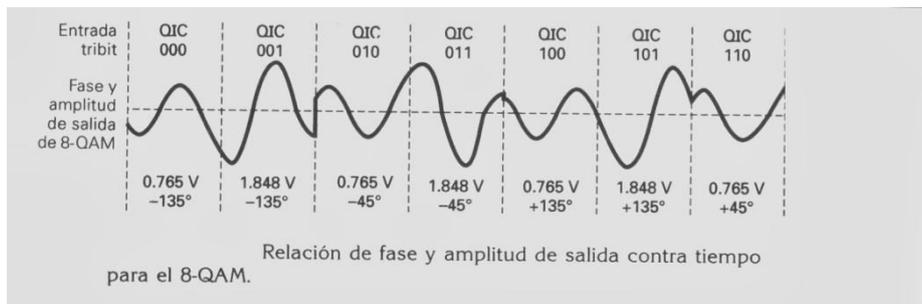
En recepción, en el demodulador, se realiza el proceso inverso, es decir, se detecta la frecuencia de la portadora a intervalos periódicos y se genera una señal binaria de valor "1" o "0" dependiendo de esta. De esta manera se consigue transmitir la secuencia binaria desde un punto hasta otro.

Las modulaciones **FSK** no se utilizan ya que en la práctica son excesivamente simples y la señal modulada se ve afectada por las eventuales atenuaciones y distorsiones sufridas por la portadora durante la transmisión, lo que introduce errores en el demodulador, que en un momento determinado puede no saber interpretar la señal en recepción... y por tanto generar un "1" cuando en realidad se esperaba un "0" o viceversa.



**Modulación por cambio de frecuencia FSK**

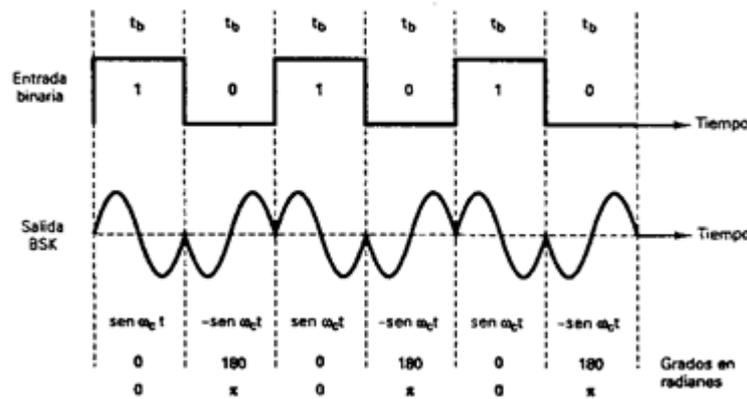
La modulación **QAM** se puede enviar dos señales diferentes simultáneamente sobre una misma portadora. Para ello, se utiliza dos réplicas de la portadora, una de ella desfasada 90° respecto de la otra (en cuadratura). Cada una de las portadoras se modula usando ASK por fase y amplitud. Las dos señales independientes se transmiten por el mismo medio.



La modulación **PSK** presenta un esquema de modulación que se basa en modificar la fase de la portadora en función del valor de la secuencia binaria. Así, en el caso de la modulación PSK se realizará usando una tabla de conversión que permite asignar amplitudes diferentes a la señal portadora, tomando como muestra un dígito de la secuencia binaria.

Si como unidad de codificación no se toma el bit, sino grupos de bits, se obtienen modulaciones de nivel superior. Las combinaciones de "N" dígitos presentan 2 elevado a N valores diferentes, de ahí el nombre de **N-PSK**.

La modulación **PSK** y en general las modulaciones de fase presentan muchas mejoras respecto a las anteriores ya que la información va codificada en la "fase" de la señal, no en la amplitud o en la frecuencia, donde puede ser afectada en mayor medida durante la transmisión de la portadora.



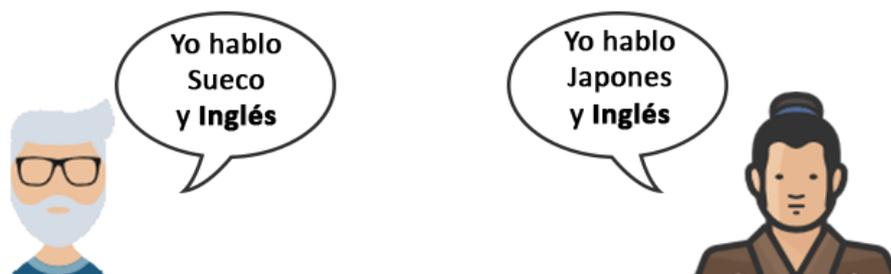
*Modulación por cambio de fase en PSK*

## Protocolos de comunicaciones

La transmisión de mensajes entre dos fuentes requiere no sólo de un medio físico de transmisión (soporte) y unas señales transmitidas (contenido), sino además, unas reglas que regulen en todo momento el intercambio de información, esto es:

- Quién empieza a transmitir, durante cuánto tiempo
- Qué pasa cuando no se entiende un mensaje
- En qué idioma se habla
- Quien tiene derecho a participar en la comunicación
- Etc.

Si no se establecen reglas claras y conocidas por todos los interlocutores el resultado puede ser desastroso.



En el mundo de los equipos de transmisión de datos esto se traduce en la definición y uso de unas reglas de comunicación comunes, los **protocolos**, que incluyen las plantillas con los tipos y formatos de los datos que pueden ser intercambiados entre los interlocutores.

Un ejemplo lo tenemos en el correo electrónico.

Los equipos de transmisión de datos transmiten series de "1" y "0" que son interpretados posteriormente según un determinado protocolo.

El objetivo de nuestra comunicación es el de enviar un mensaje, una noticia, a un amigo. El sistema utilizado es el correo electrónico, que simplificadaamente consta de 3 partes fundamentales: la dirección del destinatario, la dirección del remitente y el texto en sí.

El programa de correo electrónico instalado en el PC se encarga de transformar el texto y las direcciones introducidas por nosotros en la pantalla en una serie de códigos binarios que luego son transmitidos al ordenador remoto, tal y como se muestra en la figura.



Ahora bien, ¿cómo sabe el destinatario que la información que se está enviando es un correo electrónico y que es él destinatario y no otro?. Pues bien, es necesario que ambos sistemas usen el mismo protocolo de transmisión de correo. Supongamos que usa el siguiente:

Protocolo				
-Campo:	Destino	Remitente	Asunto	texto
- Estructura:	2 bytes	2 bytes	3 bytes	..... ..
- Datos:	00110110110001001	10101001011100011	110110001001..	
-Mensaje:	Juan	Pedro	"noticia"	.... ..

El protocolo define el tipo y número de campos que forman los mensajes, la estructura o tamaño en bytes de los campos y los distintos valores válidos, así como las reglas de envío.

La interpretación, por parte del destinatario, de este mensaje sería el siguiente:

1. Se trata de un mensaje tipo e-mail
2. El destinatario es él (juan)
3. El remitente es Pedro
4. El título del campo "Asunto" es "noticia"
5. El texto del e-mail es.... ..

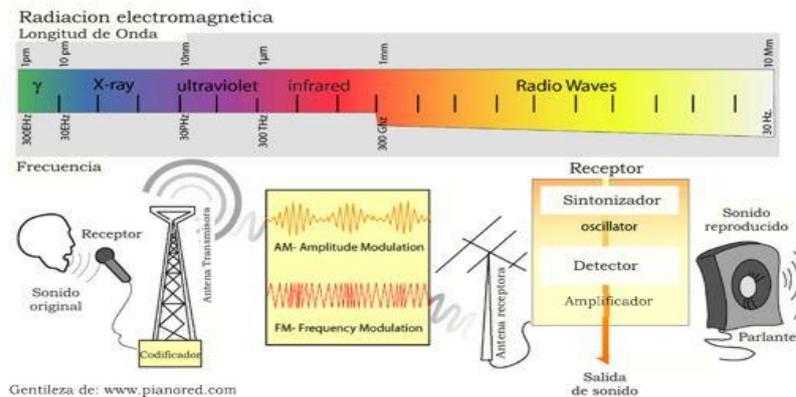
La necesidad de interconexión de equipos obliga a estandarizar y a reducir el número de protocolos posibles a unos pocos, ampliamente utilizados por todos. Como ejemplo de protocolos de comunicaciones podemos citar, entre otros:

- **TCP/IP:** estos dos protocolos que forman la base de Internet
- **ATM** protocolo para la transmisión de aplicaciones multimedia
- **FR:** protocolo para la transmisión de datos entre equipos
- **FTP:** protocolo para la transferencia de ficheros por la red de internet
- **X.25:** protocolo para la transmisión de datos entre equipos
- **POP3/SMTP:** protocolo para la transmisión de e-mail

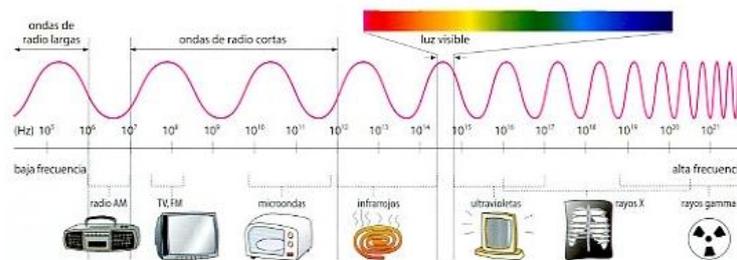
## La radiocomunicación

Una vez introducidos en este apasionante, y no menos complicado, mundo de la transmisión/recepción, vamos a ver algunos aspectos técnicos de los sistemas de radiocomunicación y mostraremos gráficamente la modulación A.M. que hemos visto anteriormente.

La radiocomunicación puede definirse como la Telecomunicación realizada por medio de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin guía artificial.

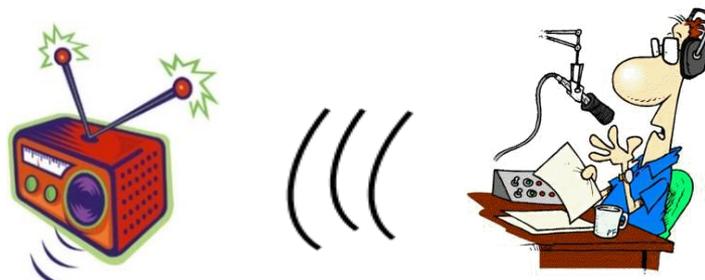


Esencialmente, la técnica de radiocomunicación consiste, como ya sabemos, en superponer la información que se desea transmitir a una onda electromagnética que se propaga en el espacio, sin requerir un soporte físico.



La onda **"soporte"** y la inserción de la información en la misma se producen en el transmisor, a través de la modulación. La información se extrae de la onda en el receptor, que recoge una fracción de la energía electromagnética transmitida. Junto a estos elementos básicos se requieren órganos de acoplamiento entre los equipos y el medio de propagación, siendo estos órganos las antenas transmisora y receptora.

La potencia disponible a la entrada del receptor de la señal deseada y del ruido e interferencias establecen un límite por debajo del cual el nivel de la señal deseada no puede reducirse sino con el riesgo de no poder extraerse la información útil.



Por lo tanto, para cada servicio y clase de emisión debe fijarse un valor mínimo de la señal que debe estar disponible a la entrada del receptor, por lo que habrá de existir una relación mínima entre la señal útil y el ruido o interferencia. La potencia de señal útil y la potencia de ruido de la interferencia en el receptor son parámetros que dependen de numerosos factores, que varían en función de la frecuencia, anchura de banda, localidad de recepción, horas del día, estación del año... El conocimiento de los fenómenos que producen estas variaciones permite fijar los valores de la relación mínima requerida entre la señal útil y el ruido o la interferencia para obtener comunicaciones satisfactorias.

## Aspectos técnicos de los sistemas de radiocomunicación

Todos los estudios técnicos relativos a los sistemas de radiocomunicación deberán contemplar una serie de aspectos entre los que podemos destacar:

1. "**Banda de frecuencias**" que deben utilizarse, según las atribuciones a los distintos servicios de radiocomunicación efectuadas por la **UIT** (Unión Internacional de Telecomunicación). La banda de frecuencias asignada a una estación es aquella en el interior de la cual se autoriza la emisión. La frecuencia asignada a una estación es el centro de la banda de frecuencias asignada a dicha estación.
2. "**Clase de emisión**". Es el conjunto de características de una emisión (tipo de modulación de la portadora, naturaleza de la señal moduladora, tipo de información que se transmite...).
3. "**Anchura de la banda necesaria**". Se define, para una clase de emisión considerada, como la anchura de la banda de frecuencias suficiente para asegurar la transmisión de la información.
4. "**Tolerancia de frecuencia**". Es la desviación máxima admisible entre la frecuencia asignada y la situada en el centro de la banda de frecuencias ocupada por la emisión.
5. "**Potencia**". La potencia de un transmisor radioeléctrico se especifica según la clase de emisión, en una de las formas siguientes: potencia en la cresta de la envolvente (PEP), potencia media (Pm) o potencia de la portadora (Pc).
6. "**Emisiones no deseadas**". Son emisiones que un equipo produce fuera de la banda necesaria como consecuencia de imperfecciones del mismo. Éstas pueden controlarse, pero difícilmente suprimirse. Por supuesto, aquí la calidad del equipo nos establecerá el mayor o menor nivel de imperfección.
7. "**Modalidades de propagación**". Dependen de la banda de frecuencias de trabajo. Aquí se estudian las pérdidas que sufre la onda en su recorrido del emisor al receptor.
8. "**Interferencias**". Se define interferencia en radiocomunicación como el efecto de la energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la energía de la señal recibida, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.

Se denomina **interferencia perjudicial** a la que compromete un servicio de radionavegación o de otros servicios de seguridad.

9. "**Relación de protección**". Es el valor mínimo de la relación entre la señal deseada y la no deseada a la entrada del receptor, que permite obtener una calidad de recepción especificada de la señal deseada a la salida del receptor.

10. "**Nomenclatura de las bandas de frecuencias**". El espectro de frecuencias se subdivide en nueve tal y como se indica a continuación en la siguiente tabla:

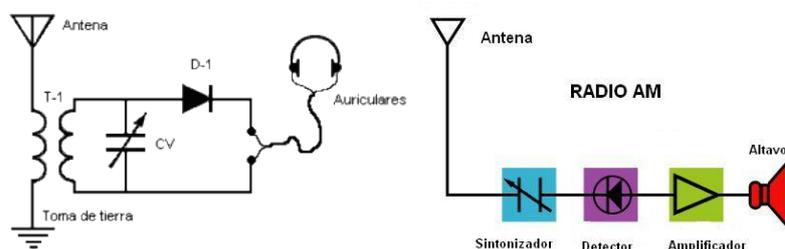
Abreviatura	Significado	Frecuencias	Longitud de onda	Designación
ELF	Extra-low freq.	0.3 a 3 KHz.	1000 a 100 Km	Megamétricas
VLF	Very-low freq.	3 a 30 KHz	100 Km a 10 Km	Miriamétricas
LF	Low frequency	30 a 300 KHz	10 Km a 1 Km	Kilométricas
MF	Medium freq.	300 a 3000 KHz	1000 m a 100m	Hectométricas
HF	High frequency	3 a 30 MHz	100 m a 10 m	Decamétricas
VHF	Very-high freq.	30 a 300 MHz	10 m a 1 m	Métricas
UHF	Ultra-high freq.	300 a 3000 MHz	1 m a 10 cm	Decimétricas
SHF	Super-high freq.	3 a 30 GHz	10 cm a 1 cm	Centimétricas
EHF	Extra-high freq.	30 a 300 GHz	10 mm a 1 mm	Milimétricas

## Estudio simple de un sistema emisor/receptor de A.M.

El fundamento de la modulación en A.M. consiste en multiplicar la señal que contiene la información (voz, datos)  $X(t)$  por un coseno; de esta forma, la portadora  $p(t)$  variará en función de la amplitud de la moduladora  $X(t)$ .

Si nos fijamos, la señal portadora es de mucha mayor frecuencia que la moduladora, esto se debe a que se traslada la señal  $X(t)$ , a frecuencias superiores para necesitar así una antena mucho más pequeña (la longitud de las antenas es inversamente proporcional a la frecuencia).

Para realizar el proceso inverso, es decir, recuperación de la señal se hace la detección de envolvente. Este proceso consta de tres partes. En primer lugar se rectifica la señal  $X_r(t)$ , a continuación se filtra por un filtro de paso bajo  $X_f(t)$  y, por último, se le elimina el componente de continua haciendo pasar la señal a través de un condensador, obteniendo la señal de entrada del transmisor.



## La radiodifusión

Para centrar algo más el tema de la radiodifusión vamos a comentar ahora algunos aspectos que pueden resultar de interés y algún tipo "especial" de radiodifusión.

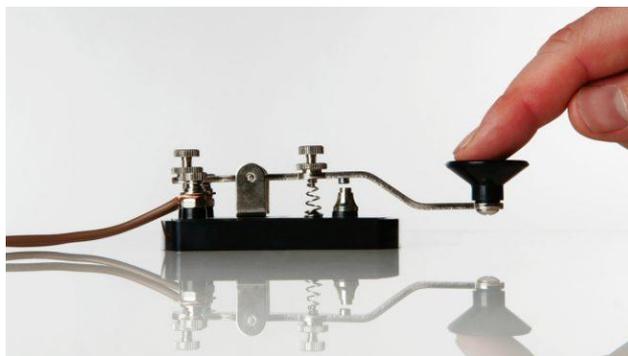


Entre los temas que abordaremos a continuación podemos mencionar los siguientes: el modo de trabajo en banda lateral comparado con la modulación estándar y la transmisión de datos en A.M. así como la radiodifusión vía cable, más conocida por el gran público como "hilo musical".

## Sistema de transmisión de datos por radio

El sistema más antiguo de los conocidos para utilizar las ondas de radio como transmisión de datos sonido consiste en utilizar la modulación todo/nada o, dicho de otra forma, la detección de la presencia o ausencia de portadora. Para llevar a cabo dicha transmisión se interrumpe una portadora existente de forma periódica y a intervalos de tiempo variables. La duración de los espacios vacíos (ausencia de portadora) detectados conformará la información a transmitir.

Para la "**codificación**" de esta información se deben utilizar ciertos dispositivos que nos permitan convertir las pulsaciones de un teclado en impulsos radioeléctricos y viceversa. Dentro de estos sistemas se sitúa uno de los más conocidos, el que se denomina **código Morse**, y que no es otra cosa que la codificación del conjunto de letras, números y ciertos símbolos en forma de impulsos de duración conocida.



Dispositivo de transmisión del código Morse.

Como casi todos sabemos, la **codificación Morse** asigna a cada letra o número un conjunto de impulsos que responden a dos lapsos de tiempo diferentes, y que se conocen popularmente como "raya" y "punto". A la hora de implementar este tipo de transmisión de una manera práctica no nos encontramos con excesivos problemas. Toda la complejidad del asunto consiste en intercalar un "manipulador" no es otra cosa que un interruptor en la alimentación del amplificador de RF de un emisor.

Morse Code			
A	•—	M	—•—
B	—•••	N	—•
C	—•—•	O	—•—
D	—••	P	—•—•
E	•	Q	—•—•—
F	••—•	R	•—•
G	—•—•	S	•••
H	••••	T	—•
I	••	U	••—
J	•—•—	V	•••—
K	—••—	W	—•—•
L	••••	X	—•••
Y	—••—•	Z	—•—••
6	—••••	Ä	•—•—
7	—••••	Ö	—•—••
8	—•—•••	Ü	••—•—
9	—•—•—••	Ch	—•—•—
.	•••••	0	—•—•—•—
,	—••••—	1	•—•—•—•
?	••—•••	2	••—•—•—
!	••—•—•	3	•••—•—
:	—•—•••	4	••••—
"	••—•—•	5	•••••
'	—•—•—••	=	—••••

Para poder "**decodificar**" la portadora así modulada, también se le denomina modulación y utiliza un método bastante sencillo. Éste consiste en un circuito oscilador que genera un batido que se mezcla con la señal recibida en la antena; a partir de éste se origina un tono de gama audible cada vez que el receptor recibe una señal Morse en su antena.

El equipo de recepción para este tipo de emisión, y a una potencia de trabajo similar, es mucho más económico que su homólogo de A.M. También incorpora otra ventaja evidente este modo de transmisión y es el mayor alcance a similar potencia que un equipo emisor en A.M.

Como queda claro, la transmisión de datos en esta forma ofrece unas ventajas y una simplicidad evidentes frente a cualquier tipo de modulación ya comentado.

Por último, hemos de mencionar que este modo de modulación de onda portadora recibe también el nombre de **C.W.**

Como quiera que la transmisión y modulación ya haya sido comentada en otro apartado de estas mismas páginas vamos, seguidamente, a centrarnos en otra "especialidad" dentro de la radiotransmisión.

## La BLU (Banda Lateral Unica)

La comunicación en lo que se ha dado en denominar **BLU** constituye un método más, y con algunas ventajas más que evidentes, para la transmisión de información vía radio. La forma en que la BLU abandonó los tediosos cálculos teóricos de los primeros investigadores en el tema radio para pasar a jugar un papel fundamental en la vida real fue de la mano de los radioaficionados. Entre las ventajas de su utilización destacamos el que resulta bastante económico, utiliza menos espacio dentro del espectro de ondas y garantiza unos resultados mejores, incluso en condiciones de propagación mínimos.

En los primeros tiempos de la era radio se asignó a la transmisión por emisión convencional todo el protagonismo, y el oscilador de RF seguido de un modulador y un amplificador de salida a antena (RF) se consagró como sistema de transmisión válido y universal. Pero, allá por el año 1921, se estableció el concepto de banda lateral merced a una serie de experimentos.

La forma en que esto ocurrió fue gracias a la necesidad de las industrias telefónicas de transmitir señales a grandes distancias por métodos diferentes al cable tradicional y, como quiera que ésta se degrada muy rápidamente con el aumento de longitud y frecuencia, se pensó en modular una frecuencia fija de 15 KHz. y superponer los impulsos de la voz humana a la citada señal. La señal continua se denominó portadora, queriendo expresar así la acción de transportar sobre ella otra señal diferente. Luego, era un dispositivo en el punto receptor el que se encargaba de recibir la señal, eliminar la parte portadora y "extraer" la información de voz contenida en ella.

El **análisis matemático** de este hecho vino a demostrar que dicha portadora permanecía inalterable y que, además, se habían generado otras frecuencias situadas a ambos lados de la portadora y separadas de ella por una frecuencia que era proporcional a la de la modulación empleada para la transmisión. Dichas frecuencias recibieron la denominación de **bandas laterales**.

De todas formas, la teoría de las bandas laterales no interesó mucho a los ingenieros versados en el tema radio hasta que en 1927 se comenzó a explotar la transmisión que las utilizaba y que, a partir de entonces, se denominó: transmisión en banda lateral.

La emisión en BLU consiste en un emisor "típico" de A.M. donde, por ejemplo, modulamos una señal de 9.000 KHz con una señal de audio de 1 KHz. Al hacer esto se originan en el oscilador de batido dos frecuencias de 9.001 KHz y 8.999 KHz, que constituyen las bandas laterales superior e inferior, respectivamente. Enviar toda esta información vía antena es posible (de hecho es lo que hace un emisor A.M. estándar) pero, si en lugar de ello, se suprime la portadora propiamente dicha vez cumplida su labor dentro del transmisor y, normalmente, también una de las bandas laterales (de ahí la posibilidad de encontrar equipos que trabajan con **Banda Lateral Unica**, **Banda Lateral Superior** o **Banda Lateral Inferior**) obtendremos un claro ahorro en el envío de información además de las otras ventajas mencionada anteriormente.

La recepción en un equipo **BLU** consiste en restaurar la portadora suprimida en el equipo emisor por medio de un oscilador de batido de valor adecuado, en nuestro caso de 9.000 KHz. Una vez restaurada dicha portadora, el proceso de detección es idéntico al de un receptor A.M. normal.

## Radiodifusión por cable

La emisión ideal, en cuanto a fidelidad se refiere, sería la que conecta directamente la señal recogida por micrófonos o cualquier tipo de fonocaptor al equipo amplificador, y esto sólo puede hacerse de una forma: vía cable. Esta forma de transmisión existe y se realiza utilizando los "cables" de la red telefónica. La transmisión trabaja en la gama de **OL** (Onda Larga). La utilización de la señal A.M. de radio limita la modulación de la frecuencia central (portadora) utilizada en 4.500 Hz por encima y debajo de la misma. Esto se debe a que los canales disponibles deben ceñirse a 9 KHz, según normas internacionales.

En la red "**cable**" mencionada no se da estas limitaciones y, por tanto, se puede modular la frecuencia central con la gama completa de audio, esto es: 15 KHz.

Un esquema típico de distribución para 6 canales de "hilo musical" puede responder a la siguiente organización:

- Canal 1: 178 KHz.
- Canal 2: 211 KHz.
- Canal 3: 244 KHz.
- Canal 4: 277 KHz.
- Canal 5: 310 KHz.
- Canal 6: 343 KHz.

Como podemos ver, el espaciado entre **canales** (33 KHz) posibilita de sobra la modulación deseada.

## Los radioaficionados

Dentro del mundo de las radiocomunicaciones hay un mundo aparte, el reservado a los radioaficionados. A continuación le damos un breve repaso.

El mundo de los radioaficionados está constituido por una serie de personajes con un afán tecnológico de características inimitables: la emisión recepción por vía herciana.

Para dar rienda suelta a tamaña afición los radioaficionados comparten un "pequeño-gran mundo" de ilusiones y conocimientos que les permitan siempre estar al cabo de la calle en cuanto a nuevas tecnologías y equipos se refiere.



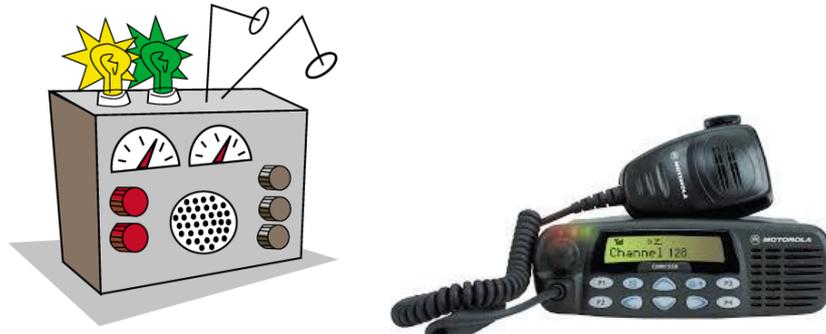
Dentro de este grupo ha germinado un argot o jerga particular que se convierte en otro elemento diferenciador más con respecto a cualquier otro tipo de grupo de características similares. Este último aspecto no debe sorprendernos ya que responde a características históricas, tales como la posibilidad de transmitir señales en forma codificada -véase el caso del Morse, por ejemplo- mucho antes que la transmisión de la palabra hablada.

El hecho de que, además, esta afición esté tan íntimamente ligada al desarrollo de otra ciencia moderna como es la electrónica ha hecho que se deba prestar también por parte de sus acólitos una especial atención al "state of art" de esta disciplina.

De todo lo anterior se deduce que el conjunto de seres que responde al nombre de radioaficionados casi siempre responde al tipo de persona mitad "loco" mitad "genio" que gusta de estar al día en lo a que innovación tecnológica se refiere, con unas grandes dotes de corporativismo y con una más que demostrada capacidad de ayuda al prójimo y solidaridad; sólo hay que recordar que los radioaficionados son ampliamente utilizados, tanto en una catástrofe natural como en cualquier tipo de situación caótica creada por el hombre (guerras, incendios, etc.).

## Clases de aparatos de radioaficionado

Como todo en esta vida, también dentro del mundillo de los radioaficionados hay clases. Y éstas suelen estar delimitadas de una manera más o menos clara por el tipo, calidad, potencia y, sobre todo, precio de los equipos utilizados por unos y otros. La barrera más clara que puede darse a nivel usuario estriba en el tipo de equipo. Una forma de diferenciar estos en función de sus características puede subdividir la radioafición en dos ramas bastante populares (además de otras ramas asociadas). Estas son: las de los equipos de transceptores destinados a trabajar en la banda conocida como 2 m (dos metros) y los que trabajan en la banda denominada 11 m.



Dicha clasificación obedece a la longitud de onda asociada a cada una de las frecuencias bases de ambas bandas. En efecto, la banda cuya frecuencia central se corresponde con 144 MHz se puede relacionar con la longitud de onda asociada a dicha frecuencia, esto es, dos metros, mientras que la frecuencia central utilizada por la banda de los once metros es de 27 MHz.

La popularidad de los equipos se ha visto más beneficiada en la banda de los 11 m, debidos principalmente a que es más asequible y al menor precio de los equipos, sin mencionar que, normalmente, el manejo de estos suele ser también más sencillo. La banda de los once metros recibe también la denominación **C.B.**, del inglés Citizen Band (Banda Ciudadana).

## Licencias, móviles, bases, etc.

Sin entrar a discutir pequeños detalles relativos a la jerga particular de cada una de las bandas existentes para radioaficionados podemos descubrir en una primera incursión una serie de términos seudotécnicos que debemos apresurarnos a aclarar.

Entre ellos destacamos los siguientes:

- **BASE:** Entendemos por equipo "base" aquel que radica en una posición fija y permanente.
- **CÓDIGO FONÉTICO:** Es un conjunto de palabras "universales" asociadas a cada una de las letras del alfabeto de forma que nos resulte fácil deletrear una palabra haciendo mención al código asociado a cada letra.

Por ejemplo, la palabra "casa" se deletrearía según este código como: charly-alfa-sierra-alfa.

Los códigos de cada letra son:

A - ALFA  
B - BRAVO  
C - CHARLY  
D - DELTA  
E - ECO  
F - FOX  
G - GOLF  
H - HOTEL  
I - INDIA  
J - JULIET  
K - KILO  
L - LIMA  
M - MIKE  
N - NOVEMBER  
O - OSCAR  
P - PAPA  
Q - QUEBEC  
R - ROMEO  
S - SIERRA  
T - TANGO  
U - UNIFORM  
V - VICTOR  
W - WHISKEY  
X - X  
Y - YANKEE  
Z - ZULU

- **CÓDIGO Q:** Es un código de tres letras que engloba toda una serie de preguntas y respuestas dependiendo de que éstas terminen o no en un signo de interrogación. Aquí podemos ver algunos ejemplos:
  - QTR: La hora es ...
  - QTR?: ¿Qué hora es?
  - QRL: Estoy ocupado
  - QRL?: ¿Está usted ocupado?
- **IDENTIFICADOR:** Los identificadores o prefijos de nacionalidad son a los radioaficionados lo que la matrícula es a los coches. Para que nos hagamos una idea veremos ahora unos ejemplos de identificadores para el espacio de Europa Occidental:
  - España: EA, EB y EC
  - Francia: F
  - Gran Bretaña: G
  - Portugal: CP
- **LICENCIA:** En cada país existe una reglamentación -que casi siempre compete al órgano o ministerio que gestiona las comunicaciones- el cual se encarga de extender las correspondientes licencias a los usuarios de equipos de radio. Las pruebas y condiciones para la obtención de la licencia o licencias (en algunos países existen de varios tipos) también suele ser competencia del órgano arriba mencionado.

- **MÓVIL:** Se entiende por equipo de radioaficionado de tipo "móvil" aquel que no está radicado en una situación fija y que puede ser de tipo portátil o, incluso, para instalar dentro de un coche.
- **QSL:** Dentro del código Q ya comentado existe un mensaje que ha terminado por independizarse del resto como ente propio. En concreto, la expresión QSL se suele asociar a las misivas de confirmación de recepción por parte del radioaficionado que recibe la emisión.
- **RADIOESCUCHA:** Éste es un tipo especial de radioaficionado. Su principal "afición" es la recepción de señales de radio y, por lo tanto, su escucha. Este hobby puede resultar algo más sencillo y barato que el de los radioaficionados emisores. La reglamentación para la radioescucha también suele ser algo más permisiva que la que afecta a una estación emisora.
- **REGIÓN:** La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el ente encargado de la regulación de las mismas a nivel mundial por medio del organismo asesor IARU (International Amateur Radio Union) y trata de delimitar las frecuencias a utilizar para un mejor aprovechamiento del espectro disponible. Dicho organismo ha subdividido el globo en tres REGIONES principales:

Región 1: Europa, África y Asia septentrional.

Región 2: América (norte y sur)

Región 3: Oceanía y Asia meridional.

- **R.S.T.:** Bajo estas siglas se engloba un código internacional de verificación de señal recibida por parte de un radioaficionado, esto es, lo que se denomina dar "un control" al otro. Las tres letras significan:

R: Readability (Legibilidad) entre 1 y 5.

S: Strength (Fuerza) entre 1 y 9.

T: Tone (Tono) entre 1 y 9.

## La Televisión

La televisión han avanzado mucho en los últimos años, al principio sólo existían en blanco y negro y después se introdujo la televisión en color. Hoy en día se sigue mejorando la calidad de la imagen y del sonido aplicando todos los avances de la microelectrónica, como los circuitos integrados, microprocesadores en los aparatos de televisión.

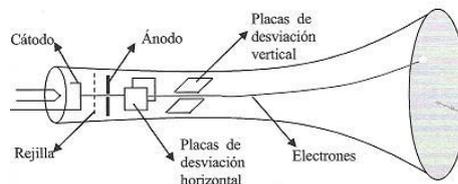


El interior de un aparato de televisión se puede dividir básicamente en dos grandes partes. Un primer grupo lo constituirían los elementos dedicados a la **recepción de la señal** y un segundo bloque estaría compuesto por aquellos elementos que se ocupan de **producir la imagen**. Realmente, el aparato de televisión, denominado vulgarmente televisión, debería llamarse receptor de televisión, ya que se trata de un dispositivo capaz de recibir una señal cuyo contenido es el de una imagen producida a distancia.

En primer lugar, vamos a ver cómo se produce la imagen para, a continuación, pasar a la recepción de dicha imagen a través de señales de radio.

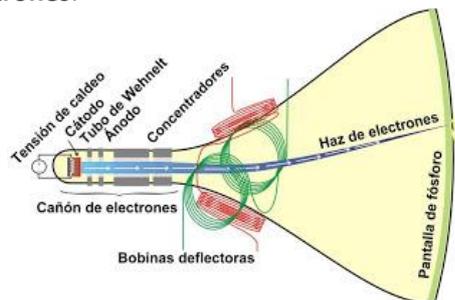
## Producción de la imagen

La imagen en un televisor se producía al principio por medio de lo que llamábamos "tubo de rayos catódicos" (T.R.C). Este elemento fue creado mucho antes de la invención del televisor y, sin duda, es una pieza fundamental de la televisión, además de constituir uno de los elementos principales del aparato, ya que influye de manera primordial en su tamaño, forma y precio.



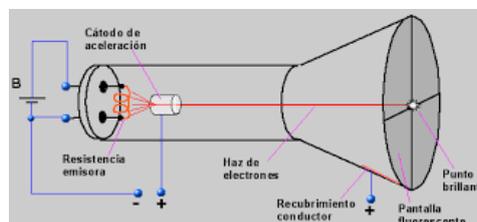
El tubo de rayos catódicos está formado básicamente por cuatro elementos. En primer lugar se encuentra un "emisor de electrones". Este elemento está constituido, por lo general, por un cilindro hueco de níquel recubierto en uno de sus extremos por sustancias emisoras de electrones, tales como óxido de bario y estroncio. Una sustancia emisora de electrones es una sustancia que, al calentarse suficientemente, es capaz de expulsar electrones, algo así como una "diminuta bomba" que estuviera constantemente explotando y lanzando electrones en todas direcciones mientras se mantiene caliente.

Al tener el tubo de rayos catódico la forma cilíndrica, se consigue una especie de efecto cañón, ya que solo salen hacia fuera aquellos electrones que van en la dirección a la que apunta el emisor de electrones. De ahí que este aparato también sea conocido con el nombre de **cañón de electrones**.

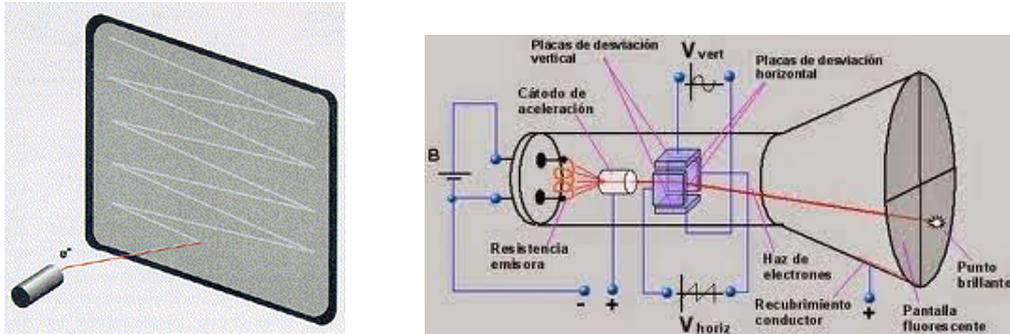


Una vez que los electrones han salido despedidos de su emisor, se encuentran con un "acelerador de electrones", el cual les imprime una velocidad aún mayor de la que tenían al ser emitidos. El acelerador de electrones consiste simplemente en dos placas suficientemente distanciadas, entre las cuales existe una diferencia de potencial de aproximadamente 400V.

Esta diferencia de potencial, consecuentemente, crea un campo eléctrico que, como vimos, produce una atracción de las partículas cargadas. Por lo tanto, los electrones, al estar cargados negativamente, son atraídos por las placas y acelerados en la misma dirección que llevaban.



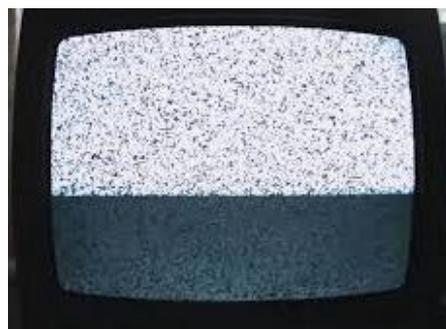
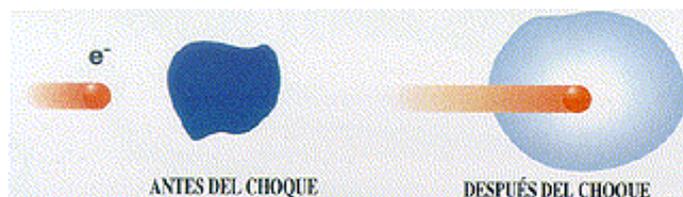
En cuanto los electrones tienen suficiente velocidad, prosiguen su camino en dirección a la pantalla y es entonces cuando actúan las "unidades de desviación", también llamadas yugos, bobinas deflectoras, etc. La función de estas unidades, como su propio nombre indica, es desviar la trayectoria del electrón enfocándolo a un punto de la pantalla determinado. Quizá este sea el elemento del tubo donde se requiera mayor precisión, ya que depende de la precisión de esta unidad que el chorro de electrones incida en una parte u otra de la pantalla.



Esta desviación de la trayectoria del electrón se consigue creando dos campos magnéticos perpendiculares entre sí, con lo que uno de ellos será responsable de la desviación del electrón en sentido horizontal, mientras que el otro lo será en el sentido vertical.

La creación del campo magnético se lleva a cabo, como ya vimos en el caso de los altavoces o de los micrófonos, mediante unas bobinas que van enrolladas sobre un núcleo cilíndrico de un material magnético especial denominado **ferroxcube**. Este conjunto, a su vez, suele ir recubierto sobre una envoltura protectora. Al hacer pasar una corriente eléctrica por esas bobinas, se crea el campo magnético. Variando la intensidad de esa corriente se consigue que el campo sea más o menos intenso y que, por tanto, el electrón se desvíe en un mayor o menor grado.

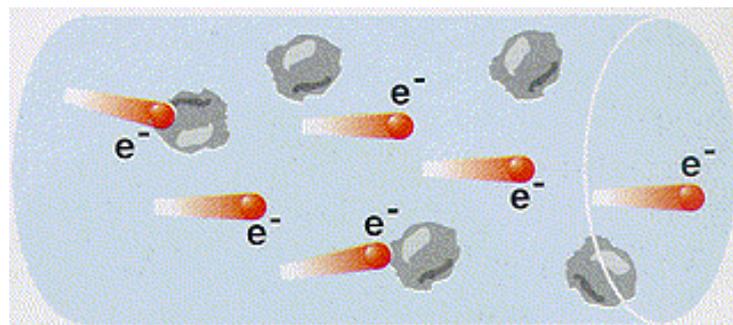
Por último está la "pantalla", cuyo interior se encuentra recubierto de una sustancia fluorescente. Dicha sustancia, cuando recibe el impacto del electrón, produce un desprendimiento de luz prácticamente instantáneo, algo parecido al flash de una cámara fotográfica, aunque con una intensidad mucho menor.



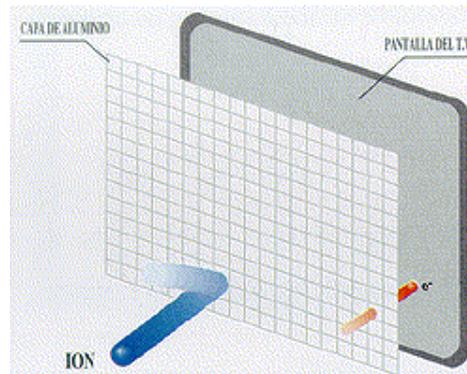
Hemos visto cómo se puede producir un punto luminoso esporádico en un determinado lugar de la pantalla. Imaginemos ahora que el emisor de un electrón, en lugar de emitir un electrón, como hemos descrito, emitiese un "chorro" constante de electrones. En este caso, no veríamos un punto luminoso esporádico sino que sería un punto luminoso fijo en la pantalla. Si, a continuación, hacemos variar uno de los dos campos magnéticos que componen la unidad de desviación y lo hacemos de tal forma que vaya cambiando de sentido, podríamos observar cómo, en la pantalla, el punto luminoso comenzaría a subir y a bajar a lo largo de la pantalla. La variación del campo magnético puede hacerse a tal velocidad que el punto luminoso comenzaría a subir y a bajar tan rápidamente que a nuestros ojos ya no parecería un punto moviéndose sino una línea recta. Si hubiésemos variado el otro campo, lo que habría ocurrido es que en lugar de aparecer una línea vertical se mostraría una línea horizontal. En realidad, un televisor, al funcionar, está constantemente variando los dos campos magnéticos. Si se hacen variar ambos campos magnéticos podremos conseguir cualquier figura. Esto es lo que ocurre, en líneas generales, en un aparato de televisión.

El "chorro" de electrones va "barriendo" la pantalla de arriba a abajo y de un lado a otro, y vuelta a empezar. Para comprender mejor este barrido efectuado por los electrones, recurriremos a un símil como el siguiente: supongamos que queremos pintar una pared con un aerosol o pulverizador de pintura, enseguida comprobaremos que existen infinidad de formas de hacerlo; entre ellas, por ejemplo, vemos que podríamos colocarnos en la esquina superior izquierda e ir trazando líneas horizontales con el aerosol, de izquierda a derecha y de arriba a abajo. Bien, pues esto es lo que se hace con el chorro de electrones dentro del tubo de rayos catódicos, sólo que a unas velocidades mucho mayores que las de nuestro ejemplo.

Todos los elementos que hemos visto hasta ahora se encuentran dentro del tubo de rayos catódicos. Este, a su vez, se encuentra herméticamente cerrado y con el vacío hecho en su interior. La razón de que tenga hecho el vacío es lógica, ya que en el aire, como todos sabemos, se encuentra un gran número de moléculas (oxígeno, nitrógeno, vapor de agua, dióxido de carbono...), además de partículas mayores, como pudieran ser el polvo, el polen, etc. Si el tubo no tuviese hecho el vacío, los electrones emitidos dentro del tubo, en su camino hasta la pantalla, prácticamente seguro, chocarían con alguna de estas partículas, con lo que su trayectoria quedaría frustrada, ya que estas partículas son mucho mayores que el electrón y, por tanto, serían capaces de absorber el golpe sin apenas inmutarse. No obstante, es prácticamente imposible conseguir un vacío perfecto en el interior del tubo de rayos catódicos y, por tanto, siempre va a haber partículas presentes en él. Sin embargo, al ser mucho menor el número de partículas, al estar hecho el vacío, el problema de que no lleguen los electrones desde el emisor a la pantalla queda resuelto, ya que lo consiguen la gran mayoría.



A pesar de todo, surge un nuevo problema con los electrones que no consiguen llegar a la pantalla. Al chocar los electrones con los átomos se forman iones, que son partículas mucho más pesadas que los electrones y que también están cargadas. Estos iones también chocan con la pantalla y, debido a su gran peso, la deterioran, dando lugar a la aparición de manchas negras en la pantalla.

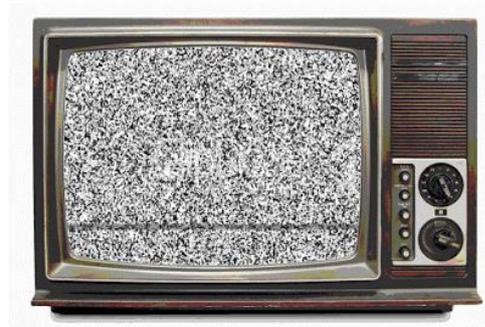


Para evitar esto, se coloca sobre la capa fluorescente de la pantalla una finísima capa de aluminio. Esta capa es lo suficientemente fina como para no afectar en absoluto el paso de los electrones. Sin embargo, dado que el tamaño de los iones producidos por el choque de los electrones con las partículas del aire es mucho mayor, aquéllos no pueden atravesar la capa de aluminio y por tanto quedan atrapados en su estructura. Un ejemplo que aclara este efecto es pensar que los iones son como un balón de fútbol mientras que los electrones, en proporción, serían del tamaño de una canica o incluso más pequeños. La capa de aluminio podría ser como la red de una portería de fútbol. Vemos claramente como la red impide el paso del balón de fútbol mientras que prácticamente todas las canicas que lanzásemos la atravesarían, salvo una pequeñísima proporción que chocarían en la red.

## Transmisión de la imagen

Para comprender bien el mecanismo por el cual aparece una imagen en movimiento en la pantalla, tenemos que hacer unas pequeñas consideraciones sobre la visión del ojo humano. Está más que probado que si se proyectan fotogramas ligeramente distintos de un ente en movimiento, y se realiza a una velocidad igual o superior a 16 fotogramas por segundo, el ojo humano no es capaz de apreciar las interrupciones e integra todas esas imágenes dando la sensación de movimiento. Por debajo de esa frecuencia de proyección de fotogramas, el ojo comienza a distinguir esas interrupciones, dando una sensación de movimiento discontinuo, algo parecido a cuando comienzan a encender y apagar los focos de una discoteca, que parece que la gente baila con movimientos "salteados". Este efecto se puede apreciar con una linterna en una habitación a oscuras.

Si proyectamos la luz sobre una pared y comenzamos a moverla de un lado hacia otro a una velocidad considerable, llegará un momento en que comenzaremos a ver, en lugar del punto de luz producido por la linterna, una línea. Para obtener esta sensación de movimiento en una pantalla de televisión se hace un barrido de imágenes con una frecuencia de 50Hz, frecuencia que coincide con la de la red. Por tanto, se consiguen formar 50 imágenes cada segundo lo cual es más que suficiente para producir la sensación de movimiento. Como habremos oído alguna vez, en cada barrido, el chorro de electrones tiene que pasar por "625 líneas" una a una para ir trazando la imagen deseada.



Este sistema, tan difundido en la actualidad, está empezando a decaer, ya que en Japón, principalmente, y en Estados Unidos se han fabricado ya los primeros televisores de alta definición, los cuales tienen 1.250 líneas en lugar de las 625. Con esto se consigue una mayor calidad de imagen debido a que tienen el doble de definición. Se calcula que para antes de 1998 ya estarán comercializados, tanto en América como en Europa, este tipo de televisores.

## El televisor en color

Hasta ahora hemos visto cómo se puede producir una imagen en movimiento en la pantalla de un tubo de rayos catódicos. Sin embargo, la imagen producida por dicho tubo se trataba de una imagen en blanco y negro, ya que la luz producida por la pantalla, al incidir el chorro de electrones sobre ella, era luz blanca más o menos intensa. En realidad no tiene por qué ser blanca, depende del material del que esté hecha la pantalla. Son muy comunes, por ejemplo, las pantallas de color verde en los osciloscopios.

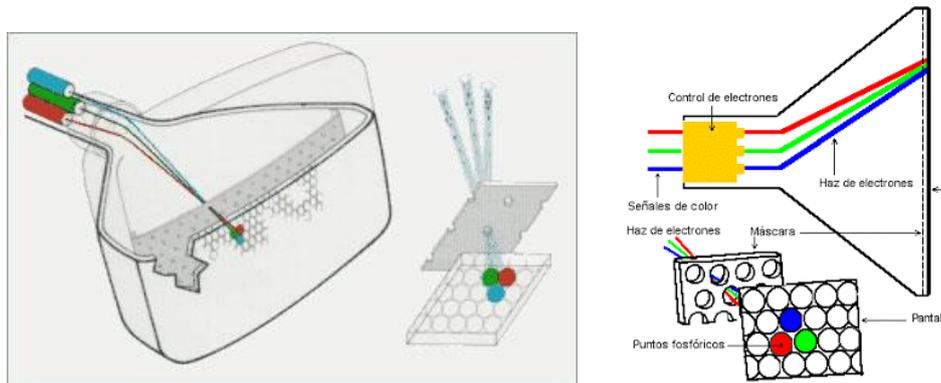


Vamos pues a ver cómo es posible obtener una imagen a color en un tubo de rayos catódicos.

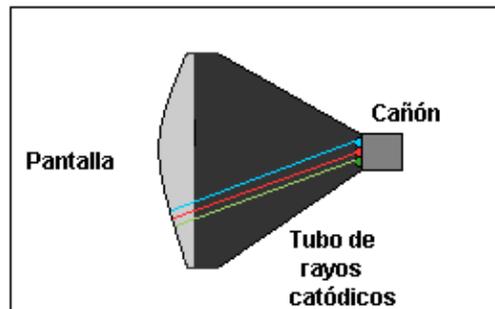
Antes de entrar a ver cómo se produce el color en la pantalla del televisor, conviene explicar brevemente "qué es el color".

La luz es una onda electromagnética igual que la utilizada en la radiodifusión. Las ondas de radio tienen una determinada frecuencia de, aproximadamente, unos pocos MHz, que es capaz de excitar los circuitos electrónicos diseñados para ello, siendo totalmente invisibles e inapreciables para nosotros. Sin embargo, las ondas electromagnéticas cuyas frecuencias son de unos 500 millones de MHz no son en absoluto invisibles al ser humano, ya que constituyen lo que conocemos como luz.

Estas ondas son capaces de estimular al ojo humano, el cual, a su vez, mediante reacciones biológicas, manda la señal al cerebro obteniendo la sensación de luminosidad. Este fenómeno es similar al que se produce cuando las ondas electromagnéticas de una frecuencia del orden de los MHz excitan a los osciladores de los aparatos de radio.



Dependiendo de que la frecuencia sea un poco mayor o menor, el ojo recibe la sensación de un color o de otro. Así, por ejemplo, la luz roja corresponde a una frecuencia de la onda de unos 380 millones de MHz mientras que la luz violeta tiene una frecuencia de 791 millones de MHz. Entre estas dos se encuentra toda la gama visible de colores. El paso progresivo de un color a otro se puede apreciar en un fenómeno tan conocido como es el "arco iris". La luz blanca, es decir, luz exenta de color, es una mezcla de todos los colores. En realidad, no es necesaria la presencia de todos los colores para la obtención de la luz blanca, ya que esta se puede obtener mediante la mezcla de colores complementarios y de alguna otra forma más.



De manera similar, cualquier color se puede obtener como mezcla de otros. Por ejemplo, el color verde se puede obtener de la mezcla de azul y amarillo. Además, con tres colores base, como pueden ser el rojo, el azul y el verde, se puede conseguir el resto de los colores a base de mezclarlos en distintas proporciones. Esta característica es la que se va a utilizar en las pantallas de televisión a color, como veremos.

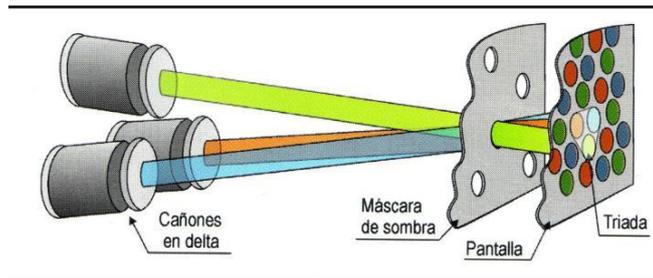
## El tubo en delta

En la actualidad existen diversos tipos de pantalla a color. La diferencia entre ellos radica en la técnica que utilicen. Nosotros vamos a ver el primer tipo de pantalla que se fabricó allá por los años 50 y que fue la pionera en este tipo de técnicas: nos referimos al tubo en delta.

La primera característica de la pantalla de un televisor a color es que el interior está recubierto por tres tipos distintos de sustancias luminiscentes. Cada una de ellas produce un color distinto al ser bombardeada por el chorro de electrones.

Estos tres colores son: el **rojo**, el **azul** y el **verde**. Estas sustancias se encuentran distribuidas homogéneamente a lo largo de toda la pantalla.

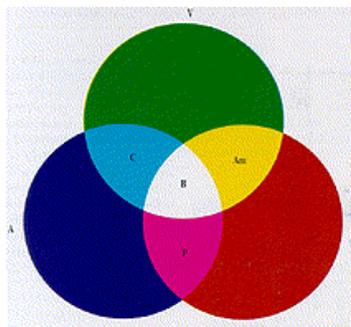
Estructura de un tubo delta



Otra diferencia del tubo de color frente a los de blanco y negro es que en este existen tres cañones de electrones en lugar de uno. Estos tres cañones están colocados en la misma posición que el cañón en los tubos convencionales. La orientación relativa de estos es de  $120^\circ$ , al igual que la orientación de los tubos luminiscentes de la pantalla. Los electrones emitidos por cada cañón inciden siempre sobre el mismo tipo de sustancia luminiscente. Así, uno de los cañones incidirá siempre sobre los puntos azules y, por tanto, se le llamará cañón azul, igualmente tendremos el cañón rojo y el cañón verde.

Una tercera particularidad del tubo de color es la presencia de una placa de acero perforada conocida con el nombre de máscara de sombras. La función de dicha máscara consiste en lograr que cada cañón incida, exclusivamente, en los luminóforos correspondientes, es decir, que el cañón azul incida única y exclusivamente sobre la sustancia luminiscente de color azul e igualmente con los otros dos chorros de electrones. Esto se consigue gracias a la orientación de los orificios de la máscara.

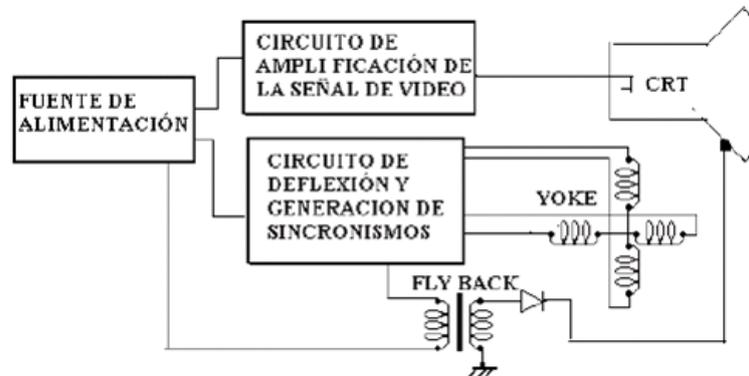
Una vez que los tres chorros de electrones han incidido sobre sus correspondientes luminóforos, cada uno de ellos producirá luz roja, verde y azul, respectivamente, con distintas intensidades. La intensidad con la que se produzca la luz dependerá directamente de la intensidad del chorro de electrones que haya recibido. Aparecerán, por tanto, tres puntos iluminados en la pantalla.



Sin embargo, dada la proximidad de los tres puntos entre sí (aproximadamente 1 milímetro) el ojo humano es incapaz de distinguirlos y los "funde" en un solo punto con el color resultante de la mezcla. Así es como se consigue un punto de color en una pantalla adecuada para ello. El proceso de obtención de una imagen a color en movimiento es exactamente igual a de los televisores de blanco y negro, es decir, se va barriando la pantalla con el chorro de electrones de un lado hacia el otro y de arriba a abajo, a una velocidad de 50 veces por segundo.

## Las partes de un TV

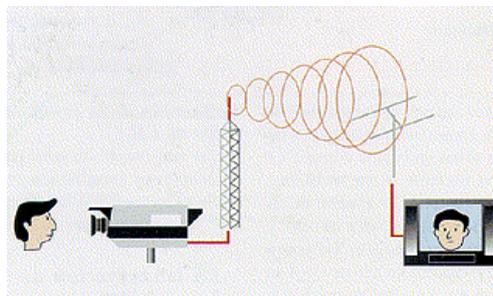
Un aparato de televisión se puede dividir básicamente en dos partes, a saber: la primera de ellas dedicada a la recepción de la señal y la segunda encargada de producir la imagen y el sonido. El funcionamiento básico de un televisor no ha cambiado mucho en los últimos años, pero sí los componentes que se utilizan, siendo ahora muchos de ellos circuitos integrados.



## Producción de la imagen. La señal de TV

Una vez comprendido el funcionamiento del tubo de rayos catódicos como elemento imprescindible para la formación de imágenes, vamos a ver los mecanismos electrónicos que hacen posible la formación de imágenes en movimiento en la pantalla del televisor.

Lo más lógico consiste en analizar cómo es una señal de televisión, es decir, cómo se forma y qué características tiene. La transmisión de una señal de televisión en color consiste, básicamente, en cuatro etapas bien diferenciadas: la primera de ellas es, evidentemente, la captación de una imagen real mediante una cámara adecuada para ello.

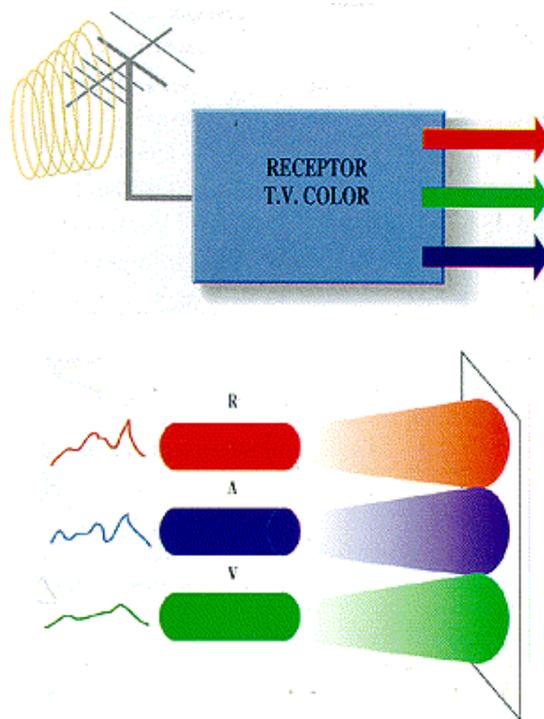


En este proceso, la luz procedente del exterior es descompuesta en tres tipos de componentes: rojo, azul y verde. A continuación hay que convertir las radiaciones luminosas captadas por la cámara en señales eléctricas llamadas "señales de vídeo". Una vez obtenidas las señales de vídeo, son enviadas al receptor mediante algún tipo de modulación.

Por último, habrá que mandar cada una de las señales a su cañón correspondiente, esto es, la señal procedente del componente de luz roja será enviada al cañón rojo, y lo mismo sucede con las señales procedentes del componente de luz azul y del componente de luz verde de la imagen que se quiere reproducir.

Paralelamente a este proceso, se realiza la transmisión de la señal correspondiente al componente de luz blanca y al de negra de la imagen, con el objeto de poder ser visualizada también en los monitores de blanco y negro que no estén preparados para la reproducción en color. En la actualidad existen diversos sistemas utilizados para llevar a cabo la transmisión de las señales de vídeo, como pueden ser el NTSC, PAL o SECAM.. No obstante, todos han de ser compatibles entre sí ya que, en caso contrario, resultaría bastante incómodo, por no decir inviable, la comercialización de aparatos de televisión donde solo se pudieran reproducir imágenes captadas por el mismo sistema. Lo mismo que sucede con los televisores en color debe ocurrir con los de blanco y negro: ha de haber una absoluta compatibilidad para poder visualizar imágenes captadas en blanco y negro en un monitor en color, así como ver imágenes captadas por un sistema de color en un monitor de blanco y negro aunque, evidentemente, en este último caso, las imágenes serán vistas en blanco y negro.

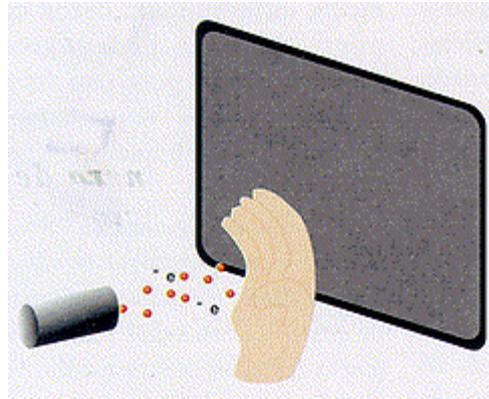
La idea, por tanto, es que la información contenida en la señal de vídeo ha de ser idéntica en color y en blanco y negro, así como aprovechable en ambos tipos de receptor. La señal de color, llamada "señal de crominancia o de cromo", sólo se aprovechará en el receptor de color, mientras que la de blanco y negro, llamada "señal de luminancia o vídeo", será aprovechada tanto en los monitores de color como en los de blanco y negro.



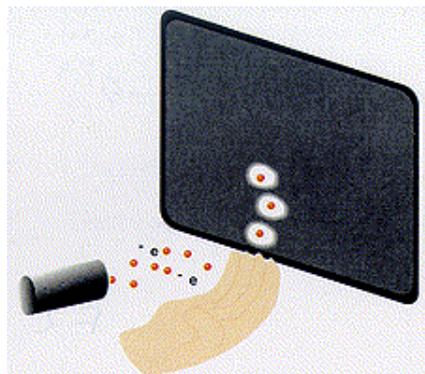
Una vez que se ha conseguido la señal de vídeo mediante una cámara, ha de enviarse a un receptor de TV para que pueda ser reproducida. Esto se lleva a cabo modulando con ella una señal de mucha mayor frecuencia llamada portadora de radiofrecuencias. Esta modulación es una modulación en amplitud. Esta señal es recibida por el circuito receptor, el cual está incorporado en el mismo televisor.

## Aplicación de la señal de vídeo al T.R.C.

Una vez recogida la señal por el receptor es amplificada por medio de un "amplificador de vídeo". Tras la amplificación de la señal, se pasa a aplicar al TRC. Si no se aplicara ningún tipo de señal al cátodo de TRC, este se encontraría a unos 160V, aproximadamente. La rejilla del mismo está a una tensión menor, ya que la rejilla es negativa respecto al cátodo.



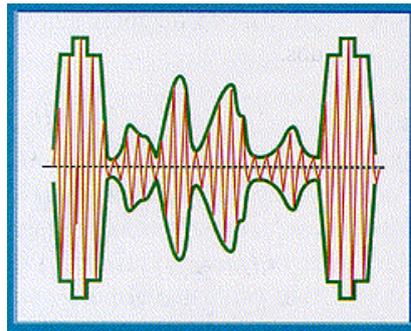
Si la señal que recibe el TRC es la correspondiente a un negro, se tratará de una tensión alta, ya que en la cámara los tonos oscuros producen tensiones altas. Al ser aplicada esta tensión elevada al TRC, este aumentará su tensión por encima de los 160V. Este incremento de la tensión provocará que su rejilla sea más negativa con respecto al cátodo y, por tanto, pasarán menos electrones a través del tubo. Al pasar menor número de electrones habrá menor número de choques en la pantalla y, por tanto, la sustancia fluorescente de la pantalla no emitirá tanta luz. Esto se traduce en un punto oscuro en la pantalla.



Por el contrario, los tonos claros provocan una tensión baja que, al ser aplicada al TRC, hacen que la rejilla no sea tan negativa como en el caso de los tonos oscuros. Al no ser tan negativa la rejilla, pasarán mayor número de electrones y, por tanto, incidirán más electrones en la pantalla, provocando que la sustancia fluorescente emita más luz. Esto se traduce en un color claro.

Este proceso podemos imaginárnoslo de una forma "gradual" para todos los tonos e intensidades de luz. Así tendremos toda una serie de valores posibles de tensiones que al ser aplicados al TRC irán provocando tonos más o menos claros, obteniendo, por tanto, toda una gama de tonalidades, tanto en blanco y negro como en color.

Un factor muy importante a tener en cuenta en la captación y visualización de la imagen es el sincronismo entre ambos. Esto implica que la frecuencia de barrido del tubo de T.R.C ha de ser la misma que la de captación de imágenes en una cámara, ya que, de lo contrario, el resultado podría ser caótico. Para conseguir este sincronismo se han de dar dos condiciones: en primer lugar, debe hacerse el barrido horizontal a la misma velocidad, es decir, que cuando el chorro del TRC se encuentre dispuesto para comenzar el barrido de una línea, también lo esté la cámara. Igualmente, ambos han de estar en fase con el barrido vertical para que, cuando el cañón de electrones pase a una nueva línea, también lo haga el cañón de la cámara. Cuando se cumplen estas dos condiciones se puede hablar de una imagen sincronizada. Si la imagen no está sincronizada en sentido vertical, en la pantalla aparecería la imagen desplazándose en sentido vertical. Una imagen que no tenga sincronismo horizontal aparecería ligeramente inclinada, produciéndose rayas oblicuas de una forma totalmente irreconocible.

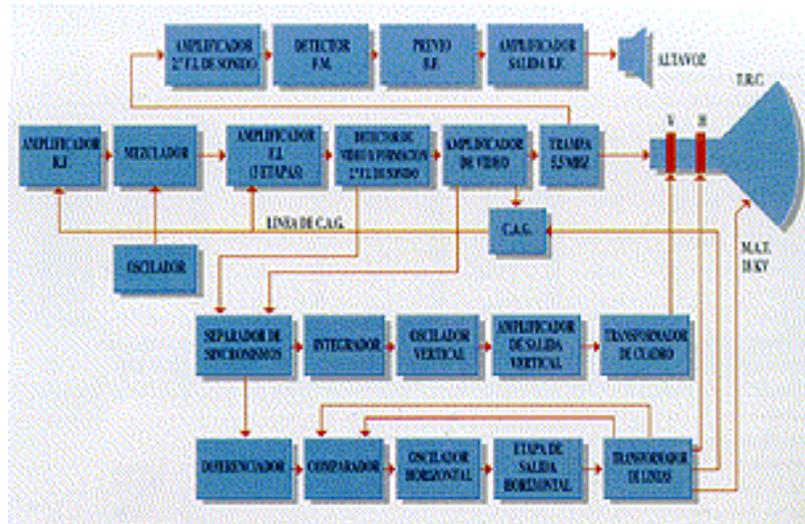


Para lograr el perfecto sincronismo, tanto en sentido horizontal como en sentido vertical, el emisor de la señal de vídeo, además de enviar dicha señal, manda otros dos tipos de impulsos: impulsos de sincronismo horizontal e impulsos de sincronismo vertical. Los sincronismos horizontales son tensiones en forma de onda cuadrada que la emisora transmite al final de cada línea. Con esto se pone en conocimiento del receptor que esa línea ya ha sido transmitida y que, por tanto, se va a pasar a transmitir la siguiente. De manera similar, los impulsos de sincronismo vertical son tensiones en forma de onda cuadrada. Estas señales informan al receptor de que se ha terminado de transmitir una pantalla completa y que, por lo tanto, se pasa a continuación a emitir una nueva pantalla, empezando de nuevo por la esquina superior.

## Esquema general de un televisor

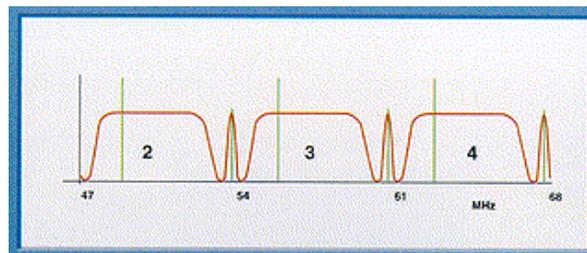
Intentar explicar el funcionamiento de un televisor elemento a elemento sería una tarea un tanto laboriosa, debido a la gran cantidad de elementos que la componen. No obstante, como en la mayoría de los aparatos electrónicos existentes en la actualidad, se suele dar un esquema general donde se agrupan por bloques los distintos componentes que los forman, para así simplificar la comprensión sobre su funcionamiento. Este esquema se suele denominar "esquema por bloques" o "diagrama de bloques". En esta representación, cada bloque del esquema consta, por lo general, de un determinado número de resistencias, condensadores, inductancias, circuitos integrados, etc., formando un circuito. La función de este circuito es, en realidad, lo que verdaderamente interesa, tanto desde un punto de vista pedagógico como desde un punto de vista técnico.

Vamos a ver por lo tanto los distintos bloques que forman el televisor.



El "**selector de canales**" tiene la misión de sintonizar el canal que se desea visualizar, además de amplificar su señal y de obtener la frecuencia intermedia. El circuito que compone el selector de canales está formado, por lo tanto, por un circuito de sintonía, un amplificador y un oscilador-mezclador. Debido a que la señal procedente de la emisora es una señal doble, ya que está formada por la señal de la imagen y la señal del sonido, la señal intermedia que resulta del selector también será una señal doble.

La portadora de la imagen en frecuencias intermedias tiene una frecuencia de 38,9 MHz mientras que la frecuencia de sonido es de 33,4 MHz. Ambas son frecuencias invariables y además son independientes del canal que se haya sintonizado.



El "**amplificador de frecuencia intermedia**", como su propio nombre indica, es un amplificador de señal. Su misión consiste en amplificar la señal de frecuencia intermedia procedente del selector. Dicha señal es recibida por un cable blindado. El circuito que forma este amplificador de frecuencia intermedia generalmente está formado por tres etapas de amplificadores acoplados por transformadores sintonizados.

El "**detector de vídeo**" tiene la misión de detectar la señal de imagen, de modulación de amplitud, la cual procede del amplificador de frecuencias intermedias y obtiene la señal de vídeo con los sincronismos hacia abajo. Además, este detector actúa como mezclador de la señal de imagen de 33,4 MHz y la portadora de imagen de 38,9 MHz, actuando esta como la de un oscilador, dando lugar en su salida a una nueva señal cuya frecuencia es la diferencia entre ambas, es decir, 5,5 MHz.

Esta señal, que ha sido modulada en frecuencia como la de 33,4 MHz de la cual procede, recibe el nombre de segunda frecuencia intermedia de sonido. Por tanto, al detector llegan señales de frecuencia intermedia de imagen (38,9 MHz) y señales de sonido (33,4 MHz) y salen la señal de vídeo y la señal de segunda frecuencia intermedia de sonido (5,5 MHz).

El "**amplificador de vídeo**" amplifica la señal de vídeo que se ha obtenido en el detector. La señal de vídeo queda por tanto amplificada e invertida, es decir, con los sincronismos hacia arriba, que es la forma correcta en que debe ser aplicada al cátodo del tubo de rayos catódicos. En algunas ocasiones podemos encontrar amplificadores de vídeo que, además de amplificar la señal de vídeo, también amplifican la señal del sonido.

La "**trampa de 5,5 MHz**" impide la amplificación de la señal de sonido de 5,5 MHz por el amplificador de vídeo. Actúa como una especie de filtro. Si, por el contrario, se desea que el amplificador de vídeo amplifique dicha señal, la trampa se coloca entre el mencionado amplificador y el tubo de rayos catódicos. De esta forma se consigue que la señal de sonido de 5,5 MHz no llegue al tubo de rayos catódicos ya que daría lugar a interferencias provocadas por el solapamiento de ambas señales.

El "**canal de sonido**" es la parte del receptor encargada de manejar la señal de sonido. El circuito que lo compone consta de un amplificador de 5,5 MHz, un detector de frecuencia modulada, un amplificador de baja frecuencia y, cómo no, un altavoz. En los casos en que el amplificador de vídeo no amplifica la segunda frecuencia intermedia de sonido, el canal de sonido dispone de dos pasos amplificadores pues, de lo contrario, el canal de sonido dispondría de uno solo.

En cualquier caso, la amplificación de la señal de sonido de 5,5 MHz se realiza siempre en dos pasos: uno de los cuales puede ser el propio amplificador de vídeo. La misión del detector de frecuencia modulada consiste en obtener la señal de baja frecuencia, a partir de la de 5,5 MHz modulada en frecuencia. El último elemento del canal del sonido, el amplificador de baja frecuencia, preamplifica la señal de baja frecuencia obtenida y ataca como etapa de salida a un altavoz. Esto lo realiza generalmente a través de un transformador de salida.



El "**barrido vertical**" se realiza a una frecuencia de 50 Hz y es producido por una corriente de la misma frecuencia que atraviesa las bobinas de la unidad de desviación. Esta corriente es producida por un oscilador llamado oscilador vertical o de cuadro. La señal producida por este oscilador es amplificada a través de una etapa de salida vertical. Un transformador, llamado transformador de salida vertical o cuadro, acopla el diente de sierra a las bobinas deflectoras verticales de la unidad de desviación.

El "**barrido horizontal**" es obtenido mediante una corriente en diente de sierra cuya frecuencia es de 15.625 Hz. Para conseguir esta frecuencia se dispone de un oscilador horizontal y de una salida horizontal que consiste en una etapa que al recibir la señal con la ayuda de un transformador produce la corriente en diente de sierra.

La "**M.A.T.**" (Muy Alta Tensión) es necesaria en el tubo de rayos catódicos. Su valor puede alcanzar los 18.000 voltios. La finalidad de esta tensión es producir una mayor aceleración en los electrones que circulan por el tubo de rayos catódicos en dirección a la pantalla. En el transformador de líneas, responsable del barrido horizontal, la brusca variación de la intensidad en diente de sierra produce en los devanados auxiliares unos impulsos de tensión elevada. Estos impulsos, cuyo valor es de unos 18.000 voltios, son aplicados a la placa de una rectificadora de M.A.T.

La "**sincronización de barridos**", como ya quedó dicho, es la parte encargada de sincronizar los barridos horizontales y verticales de la receptora con los correspondientes barridos de la emisora. Esto es posible debido a que la emisora transmite, al final de cada línea, un impulso sobre el nivel de borrado para sincronizar el oscilador horizontal del receptor y, al final de cada pantalla, un tren de 6 impulsos para sincronizar el oscilador vertical.

El "**separador**" es un elemento que recibe a su entrada la señal de vídeo procedente del amplificador de vídeo y a la salida deja pasar exclusivamente la parte correspondiente a los impulsos de sincronismo. Este circuito separador de sincronismos también es conocido con el nombre de "recortador".

El "**integrador**" se encuentra situado a continuación del separador de sincronismos. Recibe los impulsos que proceden de dicho separador. Anula los sincronismos horizontales y, por tanto, impide que lleguen al oscilador vertical. Cuando recibe el último de los 6 impulsos de sincronismo vertical provoca un pico de tensión en su salida. Este impulso producido, llamado impulso de sincronismo vertical integrado, actúa sobre el oscilador vertical forzándolo a comenzar un nuevo barrido y manteniéndolo, por tanto, en fase con el barrido vertical de la emisora.

El "**diferenciador**" es un elemento situado paralelamente al integrador, es decir, detrás del separador. Al igual que el integrador, recibe los impulsos que salen del separador, los cuales son, en su mayoría, horizontales. Por cada impulso de entrada produce una señal en su salida llamada impulso diferenciado. Por tanto, cada impulso de sincronismo se convierte, en el diferenciador, en otro impulso llamado diferenciado, formado por un pico de tensión positiva y otro de tensión negativa.

El "**comparador de fase**" tiene la misión de crear una tensión continua de control del oscilador horizontal para sincronizarlo con el barrido horizontal de la emisora. Para ello, el comparador recibe, por un lado, los impulsos de sincronismo diferenciados y por otro, dos impulsos: uno negativo y otro positivo, creados en el transformador de líneas en cada retrasado horizontal.

La "**válvula de reactancia**" actúa sobre el oscilador horizontal para sincronizarlo con el de la emisora. Este elemento es necesario ya que la tensión creada por el comparador no es aplicada directamente al oscilador horizontal sino a la válvula de reactancia.

El "**control automático de ganancia**" consiste en una tensión que se aplica como polarización de rejilla de las dos primeras válvulas de frecuencia intermedia, cuya amplificación controla en razón inversa de la señal que llegue a la antena. Cuando la señal de antena es ya muy fuerte, también se aplica control automático de ganancia a la amplificadora de radiofrecuencia del selector y, en este caso, recibe el nombre de control automático de ganancia diferido.

