

## TEMA: 6

### GENERADORES DE RADIOFRECUENCIA

#### Introducción

En el capítulo anterior vimos que las ondas de corriente alterna se podían clasificar en base a su frecuencia. En particular estudiaremos las ondas usadas en radiocomunicaciones (ondas electromagnéticas o de radiofrecuencia) que van desde los 30 KHz a 300GHz.

#### Generación de ondas de radiofrecuencia

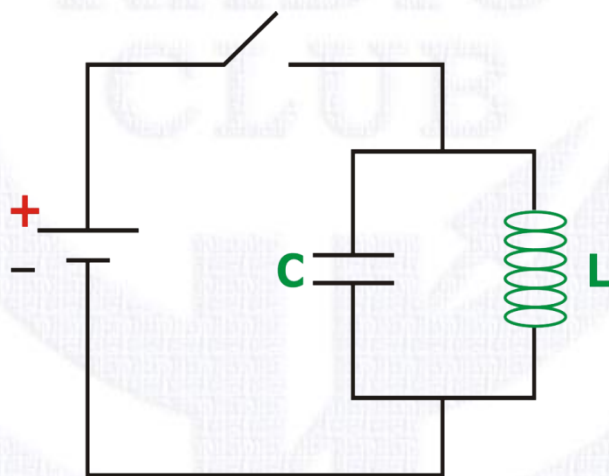
Una onda de corriente alterna se puede producir de varias maneras. La corriente alterna usada en nuestros domicilios y en la industria, se produce utilizando grandes generadores (llamados alternadores) instalados en usinas eléctricas. Este procedimiento se usa cuando tales corrientes son de baja frecuencia.

Cuando necesitamos generar una corriente de frecuencia elevada (**radio frecuencia**) debemos utilizar un “**OSCILADOR**”. Existen muchos tipos de osciladores, veremos solamente dos tipos de ellos: El oscilador L - C y el oscilador a cristal. El oscilador es el corazón de los transmisores, frecuentemente el transmisor mismo.

#### Oscilador L – C

Se trata de osciladores que trabajan con una bobina (con inductancia  $L$ ) y un capacitor (con capacidad  $C$ ).

El oscilador más elemental que podemos fabricar es:



En donde tenemos una fuente de corriente continua, un capacitor conectado en paralelo a una bobina y un interruptor. Trataremos de explicar cómo funciona este circuito, con los conocimientos adquiridos hasta el momento. Lo primero que hacemos es cerrar el interruptor e inmediatamente lo abrimos.

Lo que ocurre en el circuito se detalla a continuación: al cerrar el interruptor, el capacitor se carga a su valor máximo, al abrir el interruptor, el capacitor que se halla cargado tiene conectado entre sus extremos una bobina y por lo tanto comenzará a descargarse a través de ella.

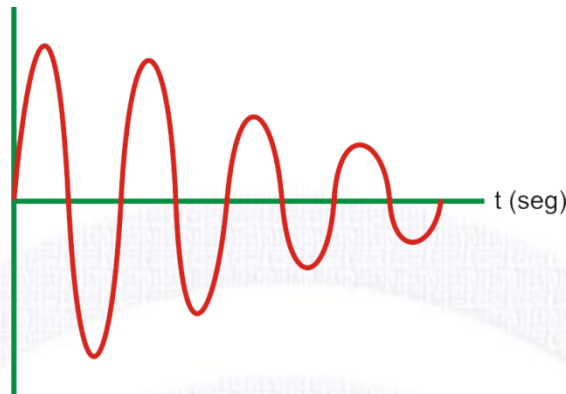
La corriente de descarga es una corriente variable en el tiempo (va disminuyendo a través del tiempo) por lo tanto al atravesar la bobina, se produce una fuerza electromotriz inducida que, de acuerdo con la ley de Lenz, se opone a la causa que lo produce.

Esta F.E.M. inducida carga nuevamente el capacitor pero ahora en sentido opuesto al anterior. Nuevamente comienza a descargarse a través de la bobina y se repite el proceso.

Se puede decir que hay un intercambio de energía electrocinética del capacitor en energía electromagnética en la bobina. Vemos que se producen oscilaciones de energía entre  $L$  y  $C$ .

El circuito formado por una bobina y un capacitor en paralelo recibe el nombre de “**CIRCUITO TANQUE**”.

Esto ocurre en la teoría, pero en la práctica las cosas son un poco diferentes. Sabemos que en todo circuito está presente una resistencia (aunque sea la resistencia del conductor), por eso la energía se va disipando en el tiempo hasta hacerse cero. Una onda de éste tipo recibe el nombre de “ONDA AMORTIGUADA” y es como la muestra la figura.



Nótese que la frecuencia no varía, lo único que varía es la amplitud. Para evitar que la onda se amortigüe, debemos entregar al circuito una energía de mantenimiento. Podemos decir que es lo mismo que ocurre cuando a un niño que juega en una hamaca, debemos darle un nuevo empujón para que siga hamacándose, caso contrario transcurrido un cierto tiempo se detendría. Hay dispositivos electrónicos que son capaces de hacer este trabajo como lo son las válvulas electrónicas y los transistores.

### Frecuencia de la señal

Podemos decir que para cada par de bobina - capacitor existe una única frecuencia de oscilación que es la frecuencia de resonancia y se puede calcular con la fórmula vista anteriormente.

$$f = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{L \times C}}$$

A modo de ejemplo calcularemos la frecuencia de un circuito tanque que posee una bobina de  $50 \mu\text{H}$  y un capacitor de  $40 \text{ pF}$ .

$$f = \frac{1}{2 \times 3,14 \times \sqrt{50 \times 10^{-6} \text{Hy} \times 40 \times 10^{-12} \text{F}}}$$

$$f = 3.558.812 \text{Hz} \cong 3,55 \text{MHz}$$

Nótese que la capacidad está en faradios y la inductancia en Henrios por lo que la frecuencia nos da en Hz.

En los libros de radio, existen tablas y ábacos que nos permiten encontrar los valores de un circuito oscilante.

### Oscilador a cristal

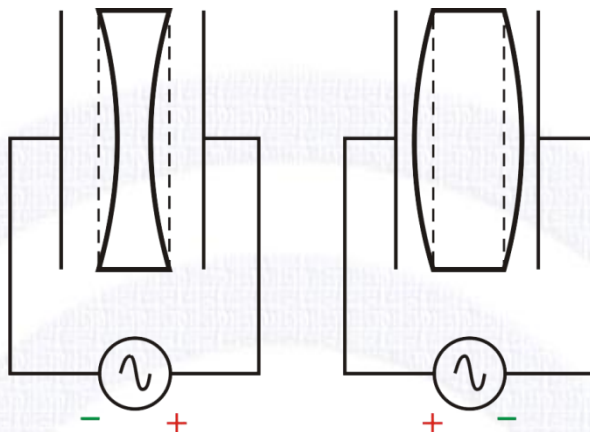
#### Los cristales de Cuarzo

El componente denominado cristal tiene externamente el aspecto de una caja metálica cerrada de la que asoman por su base un par de terminales de conexión. En el interior de este encapsulado se encuentra una lámina de cuarzo en forma circular o rectangular, que presenta sobre sus dos superficies unas metalizaciones unidas eléctricamente a los terminales de conexión, mediante dos hilos conductores.

Esta lámina de cuarzo es la encargada de realizar la función principal de este componente, merced a sus propiedades piezoeléctricas.

Explicaremos el fenómeno natural llamado “**PIEZOELECTRICIDAD**”. La palabra “piezo” proviene del griego y significa **presión**, esto da una idea del fenómeno. La piezo electricidad significa “**electricidad por presión**”. Se trata de una particularidad que presentan los cristales de ciertas sales minerales. Muchos son los cristales que poseen efectos piezoeléctricos, pero tres son los que han dado mejores resultados: sal de la **ROCHELLE**, **TURMALINA** y **CUARZO**.

Cuando se comprime uno de estos cristales, se desarrolla una diferencia de potencial entre sus dos caras. El aumento de presión da como resultado un aumento de la diferencia de potencial



Además si se aplica una tensión eléctrica entre sus dos caras paralelas se origina en éste una deformación mecánica.

Al eliminar esta tensión la lámina recupera su forma original, pero para llegar a ella pasará por una serie de estados intermedios semejantes a una oscilación ya que en la primera aproximación sobrepasará la forma primitiva, debido a la inercia mecánica, deformándose en sentido contrario y volviendo hacia atrás hasta que al cabo de un cierto tiempo se detendrá.

La frecuencia a la que se produce este fenómeno es fija y depende exclusivamente del cristal, pudiendo ser considerada como su frecuencia natural de oscilación.

## Estructura cristalina

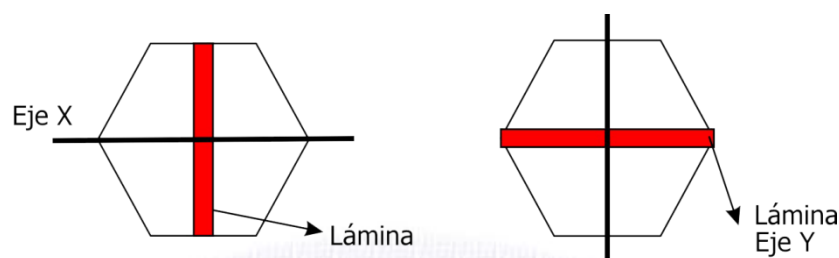
El cuarzo es un mineral formado por anhídrido de silicio cuya fórmula es:



se encuentra en la naturaleza en diferentes variedades, aunque para la aplicación que nos interesa, únicamente se emplea la formada por cristales prismáticos hexagonales, acabados en pirámides por sus caras extremas. Sobre este cristal se trazan unos ejes imaginarios que son los siguientes:

- Eje óptico, designado comúnmente por la letra z, que pasa por los vértices de las pirámides de los extremos, atravesando el cuerpo del cristal.
- Ejes eléctricos, designados por la letra x, que pasa por los centros de las aristas laterales del prisma, atravesando el centro geométrico del cristal. Existen en número de tres.
- Ejes mecánicos, designados con la letra y, que se trazan por los centros de las caras del prisma, atravesando el centro geométrico del cristal. También éstos forman un total de tres.

La lámina que debe formar el cristal oscilador se talla del cuerpo cristalino original en forma perpendicular a uno de los ejes eléctricos (x) o a uno de los mecánicos (y).



Las láminas así obtenidas presentan el efecto piezoeléctrico descrito anteriormente.

## Resonancia

Si en lugar de una tensión continua, se aplique otra que varíe con una frecuencia igual a la propia de la lámina, de forma que se encuentren en resonancia, se reforzarán notablemente las vibraciones propias del cristal, produciéndose así una oscilación mantenida por éste y estabilizada, al ser su propia de resonancia. Esta resonancia desaparece en cuanto la frecuencia de la tensión de excitación se aparta un cierto número de Hertz de la propia de la lámina, deteniéndose la oscilación del cristal.

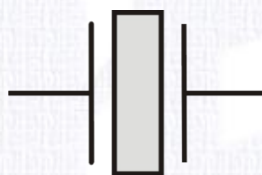
## Formas de operación

El cristal puede trabajar según dos modos diferentes de operación: resonancia serie y resonancia paralelo. Las frecuencias resultantes de estas formas de trabajo son diferentes y en el momento del diseño del cristal se elige una de las dos, con el objeto de favorecer el modo elegido frente a otro.

En algunos modelos de cristal, sobre todo en aquellos preparados para funcionar con altas frecuencias, no se emplea la oscilación mecánica fundamental de la lámina sino que se les hace trabajar a unas frecuencias superiores múltiplos de aquélla, encontrándose así diversos tipos de cristales que funcionan en el 3°, 5° y hasta el 7° armónico (3, 5 ó 7 veces la frecuencia natural de oscilación), alcanzando frecuencias de centenares de Mhz.

Una característica importante que siempre habrá de ser tenida en cuenta es la variación de la frecuencia con la temperatura que cada modelo de cristal presenta y que se encuentra cuantificada en el catálogo. Suele expresarse en partes por millón, por grado centígrado (ppm/°C) y también en forma de porcentaje. Así, por ejemplo, si se tomó un cristal de 1Mhz con una variación con la temperatura de más menos 20 ppm/°C, significará que la frecuencia se desplazará en mas menos 20 Hz por cada grado de cambio de temperatura, por lo tanto si se va a encontrar en un ambiente en el que puede tenerse una oscilación de 10°C, la frecuencia va a moverse en mas menos 200 Hz, es decir entre 999.800 Hz y 1.000.200 Hz.

El símbolo del cristal es:



Si quisiéramos un oscilador a cristal de una frecuencia de 3,55 MHz deberíamos conseguir un cristal de esa frecuencia en el comercio o bien encargar su fabricación.

La virtud del cristal es la perfecta estabilidad, es decir que el valor de la frecuencia de oscilación es bastante estable, por ello se lo utiliza en osciladores patrones.

## Oscilador de frecuencia variable (o.f.v.)

Hasta ahora hemos visto osciladores de una sola frecuencia. Es más útil tener un oscilador que pueda cubrir varias frecuencias. Se puede tener un oscilador con varios cristales y con una llave selectora ir seleccionando la frecuencia deseada. Otra forma y tal vez la más usada es la de tener un oscilador L - C en el cual el capacitor no es un capacitor fijo sino que es un capacitor variable. Con esto se logra que cada vez que movemos el eje del capacitor, variamos la frecuencia del oscilador. Así, por ejemplo, podemos generar frecuencias que van desde 3.5 MHz hasta 3,75 MHz con una sola bobina y un capacitor variable del valor adecuado.



Podríamos dejar fijo el capacitor y variar la inductancia (L) de la bobina y obtendríamos el mismo resultado. En la práctica es mucho más fácil variar la capacidad que la inductancia.

Las ondas electromagnéticas que genera un oscilador de radiofrecuencia, se propagan en forma de un campo magnético y eléctrico que oscilan perpendicularmente entre si. Reciben el nombre de ondas electromagnéticas.

## Velocidad de la luz

Todas las radiaciones electromagnéticas se propagan en el espacio libre a la misma velocidad, conocida con el nombre de velocidad de la luz. A esta velocidad se la suele representar con la letra c, es una de las constantes universales y su valor resulta ser:

$$c = 300.000 \text{ km. / seg.}$$

## Longitud de onda

Cuando las frecuencias de las ondas electromagnéticas son muy elevadas, se suele utilizar este concepto para caracterizarlas. La longitud de onda se define como la distancia que recorre una onda electromagnética de frecuencia f, durante un tiempo igual a su período T. Se representa la longitud de onda con la letra griega  $\lambda$  (lambda). Teniendo en cuenta que la señal viaja a la velocidad de la luz podemos calcularla haciendo el cociente entre el espacio recorrido (distancia) y el tiempo empleado en recorrerla, es decir:

$$\text{Velocidad} = \text{Distancia} / \text{tiempo}$$

O si lo ponemos en función de la distancia (*que es el espacio recorrido*) tenemos:

$$\text{Distancia} = \text{velocidad} \times \text{tiempo}$$

**Donde:** Distancia es la longitud de onda

Velocidad es la **velocidad de la luz**

Tiempo es el **período T**

$$\lambda = c \times T$$

Recordando que  $T = 1/f$  y reemplazando tenemos:

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

Si la velocidad se mide en m/seg. y la frecuencia en hertz, la longitud de onda se mide en metros De acuerdo con la ecuación anterior, existe una relación perfectamente definida y muy importante entre la frecuencia de una radiación determinada y su longitud de onda. Por ejemplo, ondas de audio frecuencias tienen longitudes de onda del orden de los kilómetros, mientras que sistemas de comunicaciones radiales de alta frecuencia operan con ondas que tienen longitudes de onda del orden de los milímetros. Por acuerdos internacionales se han asignado determinadas bandas de longitudes de onda, posibles de ser empleadas en determinadas aplicaciones, especialmente en el área de las comunicaciones: radiodifusión, televisión, usos militares, radar, etc.

Se ilustra a continuación un gráfico que muestra el espectro de las ondas electromagnéticas.

10 Km	1 Km	100 m	10 m	1 m	1 mm	1 nm	10 nm	
LF	MF	HF	VHF	RADAR	IR	LUZ VISIBLE	UV	RAYOS X y GAMMA

La luz visible corresponde a solo una estrecha banda del espectro electromagnético que incluyen muchos tipos de onda. Los rayos gamma tienen una frecuencia extremadamente elevada y una longitud de onda baja. Las ondas de radio tienen una frecuencia mucho menor y una gran longitud de onda.

Cada color de la luz visible corresponde a una frecuencia particular del espectro. La luz violeta tiene la menor longitud de onda que puede detectar el ojo humano y el color rojo la mayor.

El resto de los conceptos referidos a este tema, se detallarán en los apuntes de propagación y antenas.

## TEMA: 7

### TRANSFORMADORES

#### Introducción

El transformador es una máquina estática, esto es, que no tiene piezas en movimiento. Se emplea en las unidades de alimentación de receptores, emisores, amplificadores, etc. Así, transfiriendo energía de un circuito a otro, por medio del flujo magnético que lo rodea, permite obtener tensiones de valores diferentes o iguales a las de la fuente de alimentación, por medio de arrollamientos secundarios, aislados entre sí, de acuerdo con las necesidades de trabajo.

El funcionamiento del transformador se basa en los fenómenos de inducción, por variación del flujo magnético, y por eso no pueden trabajar nunca con corriente continua. En la mayoría de sus aplicaciones el transformador trabaja con corriente de forma sinusoidal, pudiendo tener ésta, sin embargo, otras formas de onda (rectangular, compleja, etc.). De la forma de onda depende el rendimiento del transformador.

En su versión sencilla, un transformador está constituido por:

- a) Un arrollamiento primario.
- b) Uno o varios arrollamientos secundarios.
- c) Un circuito magnético en el cual se encuentran arrollados los devanados primarios y secundarios.

Se puede decir que la potencia eléctrica consumida en el primario se transforma en magnética, volviendo a la forma primitiva de potencia, inducida en el secundario.

Cuando se devana una bobina en el núcleo de hierro y se conecta a una fuente de energía de C.A., se produce un campo magnético variable, cuya intensidad dependerá del número de espiras de la bobina y de la intensidad de la corriente que la atraviesa.

Si en el mismo núcleo se coloca otra bobina, se obtiene una corriente inducida en ella, en virtud de encontrarse en el campo magnético de la primera, o sea, de la bobina excitadora, y cuya f.e.m. inducida dependerá del número y relación de espiras entre una y otra.

Podemos decir que la tensión inducida es proporcional al número de espiras. Por lo tanto, si una bobina excitadora tuviera 660 espiras y la tensión de la red de alimentación fuera de 220 V, y la segunda bobina tuviera 1200 espiras, la tensión en bornes de esta bobina será de:

$$\frac{660}{220} = 3 \quad \text{y de esta forma} \quad \frac{1200}{3} = 400 \text{ voltios}$$

Para comprender mejor esto, tenemos la siguiente relación:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

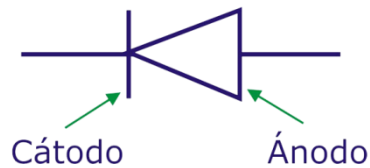
En la que  $V_1$  es la tensión en bornes del primario y  $V_2$  la del secundario, siendo  $N_1$  el número de espiras del primario y  $N_2$  el de las del secundario. Esta relación, llamada relación de transformación, sólo es válida cuando el secundario no está conectado a otro circuito, es decir, está abierto. Si reemplazamos los valores podemos calcular  $V_2$   $V_1$ .

Tenemos entonces:

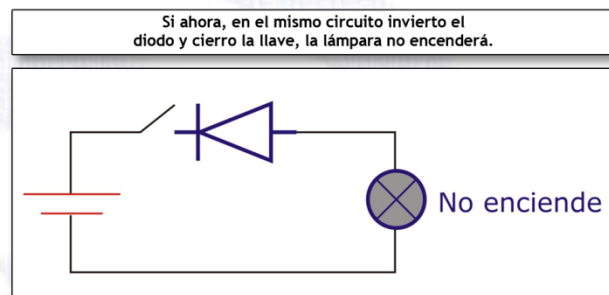
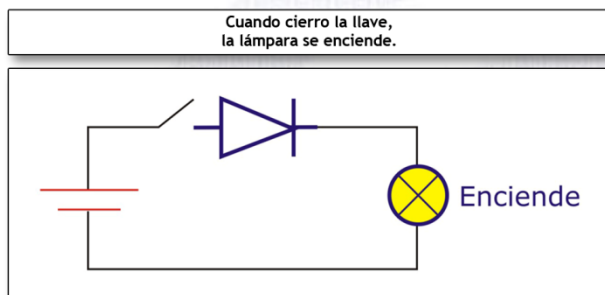
$$V_2 = \frac{1200 \times 220}{660} = 400 \text{ voltios}$$

## Diodos

La palabra diodo, deriva de “dos electrodos” y su misión es dejar pasar corriente en un sólo sentido. Su símbolo electrónico es:



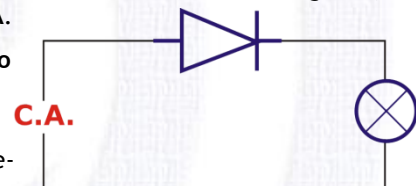
Generalmente se utilizan los diodos para dejar pasar corriente en un sólo sentido. Para entender mejor esto, veamos el circuito de la figura en donde el ánodo está conectado al borne positivo de la batería.



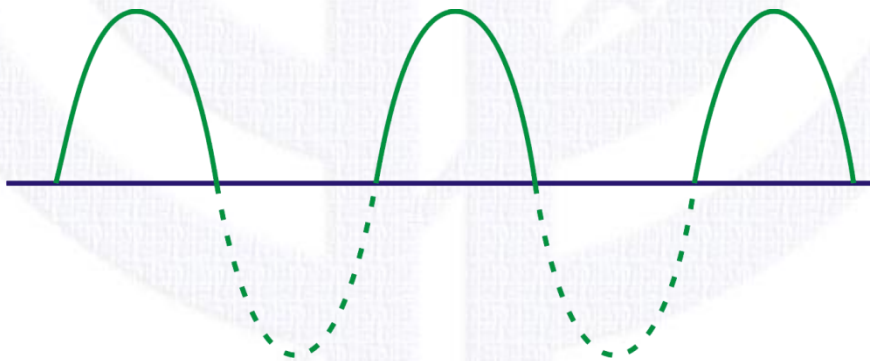
Como vemos el diodo deja circular corriente sólo si el ánodo está conectado a borne positivo, en ese caso se dice que el diodo se ha polarizado en forma **DIRECTA**, en cambio si conectamos el ánodo del diodo al borne negativo, no circulará corriente en nuestro circuito porque está polarizado en forma **INVERSA**.

¿Qué ocurrirá si en vez de alimentar el circuito con tensión continua, lo hago con alterna?

Sabemos que la corriente alterna toma valores positivos y negativos, por lo tanto el diodo conducirá en los instantes en que quede polarizado en forma directa y no lo hará cuando está polarizado en forma inversa.



Para entender mejor lo que ocurre, graficaremos las ondas de tensión



Este circuito se conoce como **RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA**, puesto que sólo deja pasar media onda o ciclo.

Lo que hemos conseguido es convertir una onda alterna (que tomaba alternadamente valores positivos y negativos) en una onda que siempre es positiva.

Como no cambia de polaridad, se dice que es una **ONDA CONTINUA PULSANTE**, pues, como vemos, son solamente pulsos positivos los que quedan a la salida.

Si quisiéramos tener una onda continua pura deberíamos tratar de “alisar” los pulsos y ese trabajo lo conseguimos poniendo un capacitor en la salida.

Durante el ciclo positivo el capacitor se carga al valor pico de la tensión alterna, luego durante los picos negativos en los que el diodo no conduce, el capacitor se descarga.

La rapidez con que se descarga depende del tamaño del capacitor, mientras más grande sea el capacitor más tiempo tardará en descargarse. En forma exagerada la onda rectificada presentaría la siguiente forma.

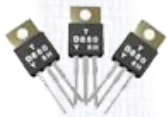


¿Qué valor tengo de corriente continua? Dijimos que el capacitor se carga al valor pico (máximo), por lo que este es el valor que tendremos de C.C. Por ejemplo, si tenemos un transformador de 220 v a 12 v (que sabemos que son eficaces), el valor de tensión de C.C. estará dado por:

$$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} \rightarrow V_{max} = V_{ef} \times \sqrt{2} = 12 \times \sqrt{2} = 16,97$$

Existen otros tipos de rectificadores que usan dos diodos y se denominan rectificadores de onda completa, ya que cada diodo conduce durante medio ciclo y la onda rectificada luego es filtrada por un capacitor, obteniéndose una onda de C.C. pura. Otro tipo de rectificador es el que usa cuatro diodos y se denomina rectificador de onda completa tipo puente, puesto que los diodos están conectados en forma de puente.

## Transistores



El transistor es, actualmente, un componente fundamental en cualquier circuito electrónico que realice funciones de amplificación, control, radio, TV, estabilización de corriente, etc. El transistor es un elemento semiconductor (**normalmente de tres terminales**) que tiene la propiedad de poder gobernar a voluntad la intensidad de corriente que circula entre dos de sus tres terminales, a través de la acción de una pequeña corriente, mucho más baja que la anterior aplicada al tercer terminal.

Los dos primeros se llaman emisor y colector y el tercero recibe el nombre de base.

Básicamente existen dos tipos de transistores, los **NPN** y **PNP** cuyo símbolo se muestran en la figura.

El efecto descrito es una amplificación de corriente ya que gracias a la acción de una débil intensidad que puede tener cualquier forma de variación en el tiempo, tales como señales de **TV**, **radio**, **audio**, etc., se consigue obtener la misma forma sobre una corriente mayor, proporcionada ésta por un circuito de alimentación, lo que permite el poder realizar, en las sucesivas etapas, la transformación de una señal debilísima, en otra lo suficientemente fuerte como para ser capaz de producir sonido en un parlante, imagen en un TV., etc.



La palabra transistor se obtuvo de la composición de otras dos (**TRANS**fer - re**SISTOR**) que describen su aplicación más inmediata, la de transferencia de resistencia. Se descubrió en el año 1948 por **Shockley** como resultado de los trabajos efectuados, previamente, por **Bardeen** y **Brattain** sobre fenómenos eléctricos en la superficie de los semiconductores. Los tres científicos recibieron el premio Nobel de Física en el año 1956.





## Válvulas termoiónicas

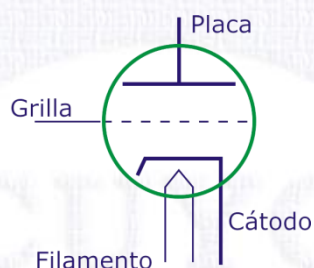


Estos dispositivos electrónicos basan su funcionamiento en la emisión de electrones por calentamiento de un electrodo. Sabemos que si aumentamos la temperatura de un metal, sus electrones adquirirán una mayor velocidad, cuando el metal alcanza una temperatura suficientemente elevada, algunos electrones adquieren tal velocidad que “**escapan**” de la superficie del metal. En la válvula se hace uso de ésta acción para producir la emisión electrónica necesaria, pero el metal se calienta en el vacío.

Esto se consigue colocando los electrodos dentro de una ampolla de vidrio o una cubierta metálica, a la que luego se le extrae el aire. Diremos que **una válvula consta de un cátodo**, que emite electrones, **y de uno o más electrodos adicionales**, los que controlan y reciben esos electrones.

El cátodo, que tiene forma de tubo, se calienta por medio de un **filamento**, que está en el interior del cátodo.

Los electrones emitidos por el cátodo, son atraídos por otro electrodo que está a un potencial positivo y que recibe el nombre de placa. Si se coloca un tercer electrodo, en forma de alambre arrollado (**llamado grilla**), entre medio de la placa y el cátodo tendremos una válvula de **tres electrodos** o **Triodo**. Su símbolo es como indica la figura:



Si la grilla se conecta a un pequeño potencial negativo, no dejará pasar la totalidad de los electrones desde el cátodo a la placa. Como vemos, podemos regular el flujo de electrones que circula desde el cátodo a la placa. Si ponemos en la grilla un potencial negativo elevado, los electrones que se emiten desde el cátodo no pasarán a la placa y por lo tanto no circulará corriente. En este caso se dice que la válvula está al corte.

Existen otras válvulas además del triodo, como son los **tetodos** (cuatro electrodos), **tetodos de haces dirigidos**, **pentodos** (cinco electrodos), **heptodos** (siete electrodos).

Cuando es necesario utilizar potencias elevadas en radiofrecuencia (500 watts ó más), la válvula aún no ha sido superada por el transistor. Es por ello que el aspirante a radioaficionado podrá ver que los amplificadores lineales usados en las bandas de HF, están contruidos con válvulas termoiónicas.

## TEMA: 8

### TRANSMISIÓN RADIOELÉCTRICA

#### Introducción

La limitación inherente a la comunicación por medio de ondas sonoras, a medias y grandes distancias, es un hecho conocidos por todos, y ha constituido un verdadero caballo de batalla de muchos científicos e investigadores, que dedicaron gran parte de sus esfuerzos a la búsqueda de otras formas de enlace entre las personas que, de algún modo, salvaran las dificultades de la comunicación directa.

Así, en la década de **1830**, **Samuel F.B. Morse** puso en práctica la **comunicación telegráfica**, y no fue hasta el año **1876**, en que **Alexander Graham Bell** construyó su primer teléfono, resolviendo el problema de la comunicación hablada entre dos puntos lejanos.

Con estos descubrimientos, el problema de la comunicación a distancia aún no estaba suficientemente resuelto, pues tanto el telégrafo como el teléfono exigen que un cable comunique los aparatos transmisor y receptor. En el año 1888, el físico alemán **Heinrich Hertz** comprueba la existencia real de las ondas electromagnéticas (que desde entonces llevan el nombre de ondas hertzianas), demostrando que tenían todas las propiedades de la luz: **reflexión y refracción, interferencias, difracción, polarización y velocidad de propagación**.

El francés **Edouard Branly** observó, en **1890**, que la conductividad de las virutas de metal encerradas en un tubo de vidrio, podía ser alterada por las ondas hertzianas y en **Pontecchio**, cerca de Bolonia (**Italia**), un hombre de 22 años de edad experimentaba, en **1897**, un invento producto de su ingenio, que supondría el inicio de lo que más tarde sería la revolución más grande de la humanidad en materia de comunicación. Nos referimos, como el aspirante puede suponer, a la radio y a su inventor **Guillermo Marconi**.

Casi simultáneamente en **Kronstadt**, Rusia, el profesor **A.S. Popov** mejoró el cohesor de **Branly** puesto que las virutas de metal una vez que habían recibido una onda, su resistencia caía y se mantenía baja paralizando el sistema hasta que las virutas se liberaran otra vez. **Branly** lograba esto, golpeando la mesa, pero **Popov** usó la misma señal para restablecer la sensibilidad del receptor.

Al igual que Hertz, **Popov** tuvo una vida muy corta. Murió en 1906 a la edad de 45 años.

A partir de aquí, la comunicación hablada con ondas hertzianas, que por aquel entonces se llamó telegrafía sin hilos, y que luego adoptó el apelativo de radiotelefonía, fue problema de pocos años.

A principio de los años veinte apareció la radio y cientos de emisoras proliferaron por todo el mundo. Las ondas hertzianas, pertenecientes a la familia de las ondas electromagnéticas, presentan dos grandes ventajas frente a las ondas sonoras, en lo que a comunicación se refiere. En primer lugar, **no necesitan de ningún medio “físico” para trasladarse** (al contrario de las ondas sonoras, que requieren el aire, el agua o algún otro soporte de transmisión); la prueba resulta patente: la luz del sol y de las estrellas (que, como luz, son ondas electromagnéticas), llegan hasta nosotros a través del vacío del espacio interestelar, lo que sería poco menos que imposible si, para su propagación, necesitaran un medio concreto.

La segunda ventaja es su velocidad de propagación; mientras las ondas sonoras se propagan en el aire a una velocidad de 340 m/seg., las ondas electromagnéticas lo hacen a 300.000 Km/seg. (Cerca de un millón de veces más rápido).

A pesar de esta clara diferenciación entre los dos tipos de ondas, ambas presentan muchos puntos de utilización comunes, razón por la que hemos insistido tanto en los medios empleados en la comunicación sonora. Por ejemplo, las ondas electromagnéticas también se atenúan con la distancia y, aproximadamente, en la misma proporción que lo hacen las ondas sonoras.

No obstante, el aspirante a radioaficionado, se preguntará aún por qué razón, si ambos tipos de ondas tienen similares características de atenuación, lleguen más lejos las radiaciones electromagnéticas. La respuesta a esta cuestión se obtiene haciendo un sencillo cálculo, ya que cualquier receptor de los actuales es 100 veces más sensible que el oído humano mejor dotado (cada uno en su campo), y además hay emisoras que transmiten con una potencia 10.000 veces mayor que el grito más alto que pueda emitir una garganta del hombre. Sólo queda multiplicar y sacar conclusiones.

#### La modulación

Todos los argumentos en torno a las ventajas de las ondas electromagnéticas no servirían absolutamente para nada si todo se quedara ahí, ya que una onda electromagnética “pura” no es más que eso: un vehículo que no transporta ningún pasajero, es decir, una radiación que no conlleva ningún tipo de información. Es lo mismo que si nos asomamos una noche a una ventana de nuestra vivienda, nuestro oído será capaz de percibir un cierto ruido, un rumor más o menos lejano, que no nos dirá más que “algo” o “alguien” lo está produciendo: se trata, pues, de ondas sonoras sin información útil para nosotros.

La primera idea que se nos ocurre para que una onda electromagnética lleve algo de información (“porte” información), es la de interrumpirla a intervalos más o menos frecuentes. De esta forma se pondrán en evidencia dos situaciones perfectamente diferenciables: o hay una señal o no la hay. Incluso podemos avanzar un poco más, en el sentido de hacer que los intervalos en los que existe señal puedan tener duraciones diferentes. De esta forma seremos capaces de distinguir no sólo la existencia o no de la señal, sino su mayor o menor duración.

Así fue como se realizaron las primeras transmisiones de radio, aprovechando un código que Morse había inventado años antes (el “**código Morse**”), consistente en asignar a cada letra, número y/o signo ortográfico uno o varios intervalos de distinta duración (**conocidos como rayas y puntos**). Espaciando adecuadamente la transmisión de los códigos correspondiente a cada letra, puede enviarse un mensaje inteligible que puede ser descifrado por el receptor.

El código Morse puede asimilarse al lenguaje hablado, siempre y cuando exista un acuerdo preestablecido y conocido por el que lo emite y por el que va a recibirlo, haciendo así posible un entendimiento por medio de sonidos.

Ya sabemos, por tanto, como imprimir información a una onda electromagnética. Sin embargo, este sistema de comunicación requiere del aprendizaje del código Morse, de la misma forma que el lenguaje hablado precisa conocer el significado de cada palabra y la sintaxis correspondiente. Además el código Morse jamás sería capaz de transmitir una información de tipo musical o visual, que son las que más fácilmente traducimos. Por todas estas razones, es evidente que este sistema no resulta satisfactorio para la transmisión de la información que, habitualmente, el hombre utiliza.

El concepto de modulación comienza ya a visualizarse, y para comprender mejor su significado recurriremos a un ejemplo que ilustra mejor la idea.

Se llaman vocales, en lenguaje hablado, a las letras que se pronuncian con tan sólo emitir la voz. En castellano son cinco, y resulta muy fácil comprobar que una suena de distinta forma que la otra tan solo con cerrar más o menos la boca, y con poner la lengua en una u otra posición. En estos casos se dice que modulamos la voz, porque lo único que hacemos es modificar una corriente de aire, salida de nuestra garganta, para que una determinada vocal suene de una forma u otra.

A la corriente de aire podríamos darle el nombre de portadora, pues se trata del vehículo que llevará o “**portará**” la modulación que le imprimamos con la boca y/o lengua. Evidentemente, esta portadora, por sí sola, no es sonido, o dicho de otra forma, no transporta lo que venimos llamando información.

Esto tan sencillo y que tan habituados estamos a hacer a diario es lo que acontece en una emisora de radio. Se crea una onda portadora (el equivalente a la corriente de aire) que se lleva a un modulador (la boca y la lengua), para que sobre ella se imprima la información que se desea transmitir, la cual se materializa en forma de una señal moduladora (lo que expresamos con el lenguaje).

El resultado final es la onda modulada que será radiada por el espacio para que otra u otras personas puedan recogerla e interpretarla.

## **Tipos de modulación**

El aspirante a radioaficionado ya conoce dos de los parámetros más importantes de una onda, que son su amplitud y su frecuencia. Recordemos que la amplitud da una idea del valor máximo que adoptará la onda, mientras que la frecuencia nos indicará los ciclos completos que se repiten en cada segundo.

**La forma de las ondas hertzianas es idéntica a la del sonido.** La única diferencia está en la frecuencia, ya que mientras en las ondas sonoras audibles rara vez se llega a los 20 KHz, las de radio pueden llegar a tener frecuencias superiores a los 10 GHz.

Aunque no se ha dicho explícitamente, ya hemos mencionado una forma de modulación cuando hablamos del sistema Morse. Se trata de dar amplitud máxima a la onda (cuando se transmite un punto o raya) y amplitud cero (intervalo entre puntos y/o rayas). Este método de modulación está basado en el “todo” o “nada”.

Se advertirá que en este caso lo que se modifica es la amplitud de la onda. Todos los sistemas que provocan una variación de la amplitud de la portadora como consecuencia del proceso de modulación, reciben el nombre de moduladores de amplitud, y la señal modulada se denomina señal de **amplitud modulada**, que se designa abreviadamente “**AM**”.

De la misma forma que hemos introducido la información en la portadora modificando uno de sus parámetros, la amplitud, también podríamos hacerlo actuando sobre el otro parámetro antes mencionado, es decir, la frecuencia. Así, si nuestra portadora tuviera una frecuencia de, por ejemplo, 500 KHz. cuando quisiéramos transmitir un punto o una raya, podríamos cambiar la frecuencia 510 KHz. Esa variación de 10 KHz. en la frecuencia la interpretará el receptor como la transmisión de un punto o de una raya, según su duración. La modulación que provoca una variación de la frecuencia de la onda portadora como consecuencia de la influencia de la señal moduladora, recibe el apelativo de modulación de frecuencia, y a la señal modulada se la llama señal de **frecuencia modulada** que se designa abreviadamente como “**FM**”.

Existen otros tipos de modulación, como son la de fase, por impulsos, etc., pero a los efectos de la transmisión radioeléctrica, nos interesan los dos que acabamos de citar. lo que es verdaderamente importante es hacerse a la idea



de que para modular una onda, hay que modificar algunos de sus parámetros que la definen. Una onda portadora no posee en si misma ningún tipo de información que pueda resultarnos útil.

## La modulación de amplitud

Fijándonos en que la señal de audio (**señal de B.F.** procedente de un micrófono o de cualquier reproductor musical debidamente amplificada) es variable, podemos hacer variar la amplitud de la portadora al ritmo de la de audio, diseñando el reproductor de forma tal que sea sensible sólo a dicha variación de amplitud y, en consecuencia, sea capaz de recoger de forma adecuada la información contenida en la onda modulada en AM.

Este es el fundamento de la modulación de amplitud utilizada en los sistemas de comunicación por radio, en los que la portadora es sólo el vehículo que transporta al conductor, que es la señal de audio, y que no nos sirve nada más que para conseguir que el conductor llegue más lejos o recorra más distancia que la recorrería por sus propios medios.

Aunque el proceso de modulación en sí es tan sencillo como acabamos de exponer, al analizar la señal modulada que se va a transmitir en forma de onda electromagnética, aparecen algunas complicaciones. Pongamos un ejemplo para verlo más claro, suponiendo que la portadora tiene una frecuencia de 600 KHz., y que la modulamos en amplitud con una señal de audio de 5 KHz.

Se puede demostrar matemáticamente, que la onda modulada es equivalente a tres señales: una de 600 KHz, otra de 605 KHz y una tercera de 595 KHz, de tal forma que la frecuencia de la primera coincide con la de la portadora, mientras que las otras dos se obtienen sumando y restando, respectivamente, la frecuencia de la portadora y de la moduladora. Si la frecuencia de la onda moduladora ( la señal de audio) fuera de 20 KHz, la señal modulada seguiría siendo equivalente a otras tres, ahora con unas frecuencias de 600, 620 y 580 KHz.

Si ahora queremos transmitir una reproducción musical (que está compuesta por señales de frecuencia de hasta 20 KHz), la onda modulada se podrá descomponer en una componente central de 600 KHz y en dos conjuntos de frecuencias laterales o dicho de otra forma en dos bandas laterales, una a cada lado de la frecuencia central, ocupando cada una, una anchura de 20 KHz.

Ahora bien, cabe preguntarse ¿cuánto se puede hacer variar la amplitud? Indudablemente los extremos de tal variación son claros: uno de ellos corresponderá al instante en que la amplitud de modulación alcance la amplitud de la portadora; el otro, por el contrario debemos situarlo cuando no se produce modulación.

En el primer caso se dice que la profundidad o porcentaje de modulación es de 100 %, mientras que el segundo es cero. Entre ambos extremos se obtienen todos los valores posibles de profundidad de modulación. Si se pretende modular la portadora con una profundidad superior al 100%, la forma de la señal será diferente de la original, produciendo una distorsión en la parte receptora.

Una emisora de radio que transmita en AM es indudable que consumirá una cierta potencia en transmitir las ondas de radio. Puesto que la amplitud media de la portadora es siempre la misma, la potencia invertida en enviar la portadora ha de ser necesariamente constante.

Sin embargo, la potencia necesaria para las bandas laterales dependerá de la profundidad de modulación. Cuando dicha profundidad sea nula, no habrá modulación, ni bandas laterales, no siendo necesaria por tanto, potencia alguna para las citadas bandas laterales.

Sin embargo, con una profundidad de modulación del 100 %, se producirán dos bandas laterales iguales, siendo inevitable emplear en cada una de ellas una potencia equivalente a la cuarta parte de la invertida para la portadora.

Para valores intermedios comprendidos entre el 0 y el 100 % de profundidad de modulación, la potencia requerida en cada banda lateral está comprendida entre el 0 y el 25 % de la empleada para la portadora. Por ejemplo, para una profundidad de modulación del 30 %, la potencia necesaria para cada banda representa poco más del 2 % de la correspondiente a la portadora.

Si tenemos en cuenta que la “**información**” que queremos transmitir va contenida en las bandas laterales, será fácil comprender que estamos derrochando energía, puesto que apenas un 5 % de la potencia gastada por un transmisor de AM que module con un 30 % de profundidad va a ser útil, ya que el otro 95 % se emplea para la portadora que no contiene información. En el mejor de los casos (modulación al 100 %), la potencia empleada para las dos bandas representa tan sólo el 50 % de la consumida por la portadora.

Para conseguir un mejor rendimiento en el proceso de transmisión, puede suprimirse la portadora, emitiéndose tan sólo las dos bandas laterales. Esto da lugar a la denominada modulación en doble banda lateral, o **DSB** (siglas inglesas correspondientes a “**Double Side Band**”).

Incluso puede suprimirse también una de las bandas laterales, ya que toda la información que queremos transmitir va contenida por igual en ambas; de esta forma se obtienen los sistemas de modulación en banda lateral única, conocidos de forma abreviada como **BLU** o **SSB** (del inglés: “**Single Side Band**”). Indudablemente, este último sistema es el de mayor rendimiento, ya que toda la potencia consumida en el transmisor se aprovecha para transmitir la información.

Todavía existen otros tipos de modulación de amplitud, con supresión y sin supresión de portadora. Entre ellos cabe destacar el utilizado por la señal de imagen de TV (video). Aparte de la ventaja que supone un mayor rendimiento



en la transmisión, los sistemas que suprimen una parte o la totalidad de una de las bandas laterales ahorran también ancho de banda ocupado, ya que sólo se emplea el suficiente para poder transmitir la información útil.

## Diagramas en bloque

Una forma sencilla de entender el funcionamiento de los circuitos, es estudiarlos agrupando las distintas etapas que forman el circuito en bloques, sin necesidad de dibujar los componentes que componen cada etapa. Si se desea conocer más a fondo sobre una determinada etapa, sí es conveniente estudiar el circuito electrónico. Para nuestro caso, es suficiente con entender los diagramas en bloque de los distintos transmisores y receptores.

## Emisión en telegrafía (a1a)

El primer diagrama que estudiaremos es el de un transmisor de telegrafía (Figura 1). La primera etapa que observamos es la del:

**OSCILADOR:** Su función es la de generar la señal de **Radio Frecuencia (RF)** que, en este caso será del valor de la frecuencia a transmitir, es decir que si deseo operar en la banda de 80 metros el oscilador deberá generar una señal de RF que este comprendida entre 3.500 a 3.750 KHz.

**SEPARADOR:** Esta etapa tiene la función de aislar el oscilador del amplificador, de forma que aunque la carga sea variable para el separador, el oscilador tenga una carga constante, lo que garantiza que la frecuencia no variará.

**AMPLIFICADOR:** Esta etapa es, como su nombre lo indica un amplificador de RF, que lleva el nivel de la señal que entrega la etapa separadora a un nivel adecuado para poder emitirla por la antena.

**MANIPULADOR:** interrumpe la portadora generada por el oscilador y de esta manera, emitimos portadora o no la emitimos.



*Figura 1: Diagrama de transmisor de telegrafía*

## Emisión en Amplitud Modulada (A3E)

Se trata de uno de los sistemas más antiguos de emisión (Figura 2).

La concepción más normal de las emisoras de AM es la de variar la tensión de alimentación del amplificador de RF al ritmo de la señal de audio.

Las emisoras con esta concepción constan de las siguientes etapas:

### a) Sección de Radiofrecuencia:

- **OSCILADOR:** Es el corazón de la emisora, puesto que genera la señal de RF.
- **SEPARADOR:** También llamado primer amplificador, que recibe la señal del oscilador y la amplifica; al mismo tiempo, establece una cierta independencia entre el oscilador y el resto de la emisora para que las variaciones de carga de la misma no repercutan en la frecuencia del oscilador, que tiene que ser rigurosamente constante.
- **AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE RF:** que es el que proporciona la energía que ha de pasar a la antena

## b) Sección de Audiofrecuencia

- **MICRÓFONO:** Es el transductor que genera la señal de baja frecuencia (BF)
- **PREAMPLIFICADOR DE AUDIO:** encargado de aumentar el nivel de la señal de audio hasta el valor adecuado para excitar al amplificador de potencia del paso siguiente.
- **AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE AUDIO:** cuya misión es la de obtener la potencia necesaria para excitar adecuadamente el amplificador de RF, en el que está incluido el proceso de modulación.

La principal ventaja de la amplitud modulada es su sencillez constructiva, razón por la cual los radioaficionados recién iniciados prefieren este modo para armar su primer transmisor.



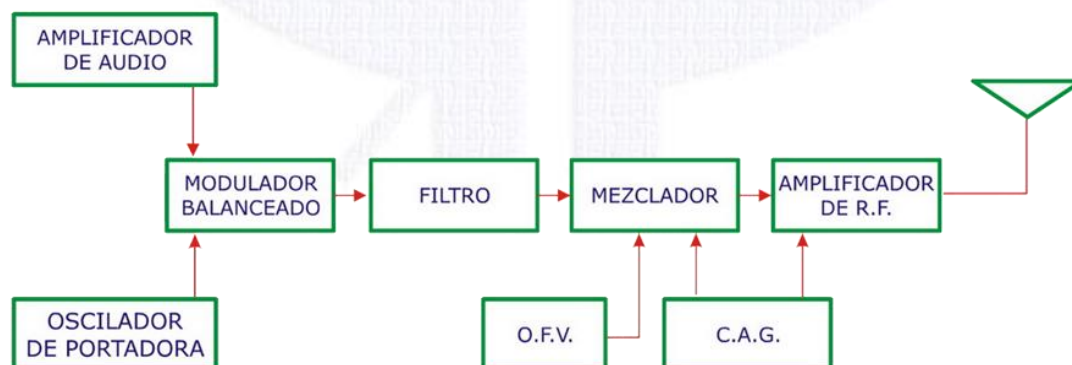
Figura 2: Diagrama de AM (A3E)

## Emisión en Banda Lateral (J3E)

La emisión en banda lateral, no es más que una variante de la emisión en amplitud modulada, siendo la señal emitida (en AM), de un ancho de banda de unos 6KHz. Como ya sabemos, la portadora no contiene ninguna información, siendo solamente las bandas laterales las fuentes de la misma. La portadora no es necesaria, pero si el receptor no recibe las bandas laterales conjuntamente con la portadora, la recepción resulta ininteligible. Esto puede subsanarse, y de hecho así se hace, incorporando la portadora en el receptor, por introducción de la misma en el detector, el cual, por recibir la mezcla de la señal emitida y la de la portadora propia, generada por un oscilador de batido, recibe el nombre de detector de producto. Uno de los sistemas más simples para la supresión de la portadora consiste en mezclar la portadora de radiofrecuencia de frecuencia fija, generada por el **OSCILADOR DE PORTADORA**, con las señales de audio provenientes del amplificador de audio. Esta mezcla se realiza en la etapa denominada, **MODULADOR EQUILIBRADO O BALANCEADO**.

Además de esto, el modulador balanceado debe mantener dentro de un mínimo los productos indeseables del proceso de modulación. A la salida del modulador balanceado, tenemos una señal de doble banda lateral, para eliminar una de las dos bandas laterales, se utiliza un filtro mecánico de características especiales. A la salida de esta etapa ya tenemos señal de banda lateral única.

Es necesario aclarar que el modulador balanceado no trabaja a la frecuencia de emisión, sino que se emplea una frecuencia fija, por lo tanto para obtener la frecuencia de trabajo mezclamos la señal de banda lateral con una señal proveniente de un **OSCILADOR DE FRECUENCIA VARIABLE (OFV)**, y la resultante se amplifica y se inyecta a la antena para su emisión. Insistimos en que la principal ventaja de la transmisión de BLU es que se aprovecha mejor la potencia de emisión, además de la reducción del ancho de banda, que es de unos 3 KHz aproximadamente (la mitad del AM).



## Emisión en Frecuencia Modulada (F3E)

En un **emisor de FM**, la señal de audio del micrófono pasa por un filtro que atenúa los agudos (llamado **circuito de preénfasis**), con lo que resultan amplificados los graves.

La justificación de este proceso, extraño a primera vista es la siguiente: debido a los circuitos multiplicadores de frecuencia que existen en este transmisor, las señales de, por ejemplo, 100 Hz, después de ser multiplicadas varias veces producirían una desviación de 400 Hz, mientras que una señal de 2 KHz produciría una desviación de 8 KHz, y una de 3 KHz produciría una de 12 KHz, que es casi el límite ya que es difícil de encontrar una voz que supere la frecuencia de 3 KHz. Es evidente que los sonidos graves producen menos desviación que los agudos y por lo tanto modularán menos la onda portadora, lo que significa que cuando la señal sea débil no oiremos los graves y si los agudos con lo que se perdería calidad. Luego sigue un preamplificador de audio, al que le sigue un **LIMITADOR**, que amplifica las señales del micrófono, impidiendo la existencia de señales que superen el umbral del limitador. Esta señal se mezcla con la de un oscilador variable de 8 MHz. La frecuencia obtenida a la salida del oscilador se multiplica en varios pasos hasta conseguir la frecuencia de trabajo. Para el caso de la **figura 7**, para pasar de los 8 MHz del oscilador a los 144 MHz a la salida, ha sido necesario multiplicar la frecuencia inicial por 18, para lo cual se han empleado dos triplicadores y un doblador de frecuencia.

El ancho de banda de una transmisión de **FM** en la banda de 2 metros (144 MHz) es de 16 KHz.

Por último la señal se aplica a un **AMPLIFICADOR** para obtener la potencia necesaria en la antena.



## Receptores de radio

El receptor de radio es el encargado de recibir y de "interpretar" las ondas emitidas por un transmisor. Es el que debe extraer la información que se transmite por cualquiera de los medios vistos anteriormente. Desde los primeros aparatos, hasta nuestros días, los receptores de radio, han sufrido una profunda evolución, pasando de ser unos equipos de bastante complejidad y excesivamente voluminosos, a los más modernos receptores de pequeño tamaño, capaces de ser transportados en el bolsillo.

## Receptor elemental

Un receptor de radio de AM, en su versión más sencilla, se compone de las siguientes partes:

- **Antena**
- **Tierra**
- **Circuito de sintonía**
- **Circuito detector**
- **Transductor de sonido**

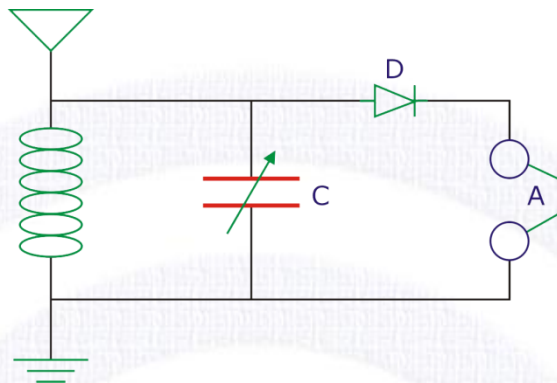
Un sencillo aparato, compuesto únicamente de los elementos que hemos enumerado, es el que se conoce con el nombre de receptor de "**galena**", apelativo que se remonta a la primera época en la que se utilizó dicho material como base del circuito detector.

El sistema aún sigue teniendo vigencia, sobre todo entre los que recién comienzan a experimentar en este apasionante mundo de las ondas, habiéndose sustituido el detector de "galena" por un diodo de germanio, que posee características similares a su antecesor.



Su funcionamiento es muy simple: Las señales de radio son captadas entre la antena y la tierra y enviadas al circuito de sintonía, el cual está formado por la bobina L y el condensador variable C.

Mediante este dispositivo se seleccionará la emisora deseada, ya que el circuito presentará una baja impedancia para el resto de las frecuencias, derivándolas hacia tierra. La señal obtenida llega al diodo detector D y se aplica al transductor, que es el elemento más simple capaz de transformar la señal detectada en sonido audible, es decir, unos auriculares (indicados con la letra A).



Lo más destacable a considerar en este receptor es la ausencia de amplificadores, lo que significa que el mismo no requiere ningún tipo de alimentación.

Explicaremos las etapas que forman parte de un receptor de AM, FM y BLU.

## Recepción de AM

Una vez que es captada por la antena, las señales de radio se llevan a un **AMPLIFICADOR DE RADIOFRECUENCIA**, de esta forma se aumenta la sensibilidad del sintonizador, ya que permite hacer llegar a la etapa siguiente señales que son muy débiles en la antena. No obstante, si las señales de radio son muy fuertes, pueden resultar perjudicial darle mayor ganancia (hasta el punto de distorsionarla), por lo que se suele incorporar un mando que permite eliminar la amplificación de este paso, para utilizarlo sólo con las señales débiles. Un buen amplificador de RF, nos brindará un receptor con buena sensibilidad, entendiéndose por sensibilidad, la capacidad que tiene un receptor de escuchar las señales muy débiles.

**OSCILADOR LOCAL:** Genera una señal cuya frecuencia se varía con el mando de sintonía. Dicha frecuencia es siempre mayor que la de la señal que envía la etapa anterior, en una cantidad igual al de la llamada frecuencia intermedia, cuyo valor es elegido previamente por el fabricante. Aunque no existe normalización alguna de dicho valor, los más usuales son los de 455 KHz para AM y 10,7 MHz para FM.

**MEZCLADOR:** Se encarga de mezclar la señal procedente de la etapa de RF con la que genera el oscilador local. El proceso de la mezcla da como resultado la aparición de dos señales, una cuya frecuencia es igual a la suma de las respectivas frecuencias que se mezcla, mientras que la otra tiene una frecuencia equivalente a la diferencia de las mismas. El fenómeno de mezclar dos señales se conoce como "heterodinar", por lo que a éstos receptores se los conoce con el nombre de "superheterodinos".

La única señal que se aprovecha es la de frecuencia diferencia, que es precisamente la frecuencia intermedia antes mencionada, apelativo debido a que dicha frecuencia tiene un valor comprendido entre la de radio frecuencia que se sintoniza y la de audio (o **baja frecuencia**), que es el producto que deseamos obtener para aplicarlo al parlante. El proceso llevado a cabo en esta etapa no varía para nada la información que lleva impresa la onda de radio, sino tan sólo su frecuencia.

**Por ejemplo:** Si recibimos por la antena una señal de 680 KHz, se mezclará luego con una señal generada en el oscilador local de 1135 KHz, a la salida del mezclador tendré dos señales: una es la suma, es decir 1815 KHz, y otra es la resta o sea 455 KHz. La frecuencia suma se descarta y sólo se usa, como dijimos, la frecuencia diferencia. Si ahora recibimos una señal de 720 KHz, tendré que generar con el oscilador local una frecuencia tal que la diferencia de 455 KHz. Y así para cualquier frecuencia que sintonice. Esto se consigue usando un capacitor variable doble, de manera que cuando se gire el mando para sintonizar una emisora, se varía al mismo tiempo el capacitor que gobierna al oscilador local. De esta manera siempre se generará una señal cuya frecuencia diferirá 455 KHz de la sintonizada. Por lo tanto las etapas siguientes se ajustan a la frecuencia intermedia y no a la frecuencia de la señal recibida en la antena. Esto trae una gran ventaja que: mejora la selectividad del receptor.

Nos queda definir la Selectividad como la capacidad que tiene el receptor de evitar las interferencias de estaciones potentes y cercanas a la frecuencia de trabajo.



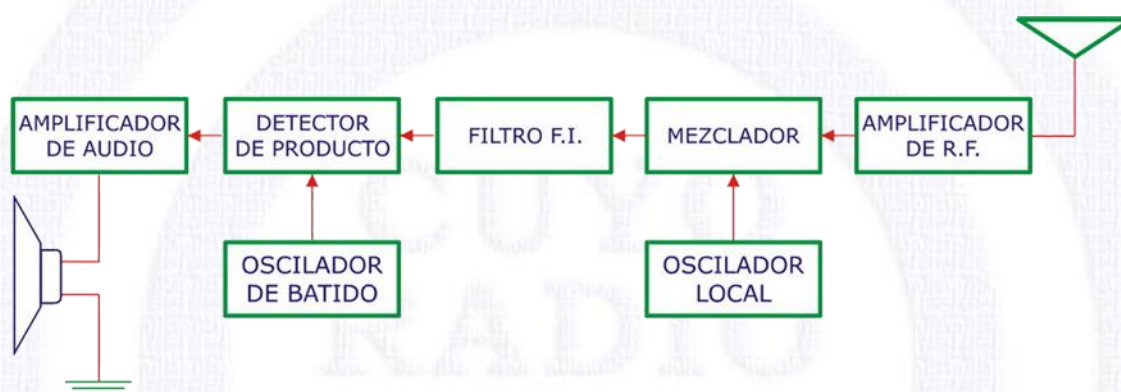
**AMPLIFICADOR DE F.I.:** En esta etapa se amplifica la señal hasta el nivel requerido por la etapa siguiente.

**DETECTOR:** También llamado **DEMODULADOR**. Es la etapa encargada de extraer la modulación contenida en la señal. Se llama detector porque permite detectar la información contenida en la señal de radio. Aquí se elimina la portadora y queda la señal de audio.

**AMPLIFICADOR DE AUDIOFRECUENCIA:** La señal de la etapa anterior es muy débil para excitar un parlante, por lo que debe agregarse esta etapa para que el nivel de audiofrecuencia llegue al valor adecuado para excitar un parlante o auriculares.

## Recepción en FM

El diagrama en bloque de la **figura 6**, nos muestra un receptor de FM, en el que vemos casi las mismas etapas que el receptor de AM. Excepto que existe una etapa llamada **LIMITADOR** que no existe en el receptor de AM. Como sabemos, la modulación en una onda de FM va contenida en las variaciones de su frecuencia y no en las de su amplitud. La misión de esta etapa es la de recortar o "limitar" la amplitud de la señal, para eliminar cualquier variación que pudiera existir en dicha amplitud y que podría dar lugar a distorsiones en la etapa siguiente. Aunque la portadora está modulada en frecuencia, puede llegar al receptor acompañada de otras que la modulan en amplitud, y cuyo resultado es la introducción de parásitos indeseables que producen ruidos molestos en la recepción.



## El demodulador de FM

La detección de señales moduladas en frecuencia se lleva a cabo por medio de un doble proceso:

- 1 - Las señales de FI, moduladas en frecuencia y de amplitud constante, se aplican a un circuito llamado discriminador, el cual proporciona a su salida variaciones de amplitud proporcionales a las variaciones de frecuencia, es decir, que la señal de salida está modulada tanto en frecuencia como en amplitud.
- 2 - Las señales proporcionadas por el discriminador se someten a un proceso de rectificación y filtrado, similar al de AM, con el que se detectan las variaciones de amplitud que constituyen la señal de baja frecuencia o señal de audio.

Así pues un detector de FM consta de un discriminador y de un detector de AM, aunque se suele dar al conjunto de los dos circuitos el nombre de discriminador.

## Receptor de BLU

Un receptor de **BLU** por el tipo de señal que debe manejar utiliza etapas especiales, el diagrama en bloque se muestra en la **figura 5**.

Las primeras etapas son las ya vistas. La particularidad de estos receptores radica en el detector o demodulador que recibe el nombre de **DETECTOR DE PRODUCTO**.

La señal de BLU que sale de la etapa de FI, carece de portadora, por ese motivo para poder demodularla, se debe inyectar la portadora.

La portadora, que la generamos en el receptor con el **OSCILADOR DE PORTADORA**, se inyecta en el detector de producto y se mezcla con la señal de FI. La salida del detector es señal de audiofrecuencia que se aplica a la etapa amplificadora de audio.

Otra etapa que poseen estos receptores es la de **CONTROL AUTOMÁTICO DE GANANCIA (CAG)**.

La misión de esta etapa es la de tomar una muestra de la señal de audio a la salida y reinyectarla en el amplificador de radiofrecuencia. Si la señal a la salida es muy grande, inyecta en el oscilador una tensión para que disminuya la ganancia del oscilador.

Por el contrario, si la señal a la salida es muy baja, inyecta en el oscilador una tensión tal, que hace que aumente la ganancia del oscilador.

