

CURSO INTERACTIVO
Diploma
de
Operador
radioaficionado

TEMA 5
Emisores

Temario ajustado al
HAREC
(Harmonized Amateur Radio Examination Certificate)
Certificado Armonizado del Examen de Radioaficionado

desarrollado por los miembros
del Radioclub La Salle
coordinados por
Luis A. del Molino EA3OG

Publicado en PDF en 11 de Junio de 2011 por el Radioclub La Salle
bajo la supervisión de Luis A. del Molino EA3OG
amparado por una licencia *Creative Commons*



Reservados algunos derechos:

No se permite ni el uso comercial de la obra, ni la generación de obras derivadas, ni la utilización parcial del texto

Agradecimientos:

Numerosas ilustraciones han sido cedidas por la Editorial Marcombo (www.marcombo.com), procedentes de su libro: *Radioafición y CB: Enciclopedia Práctica en 60 lecciones*

También hemos de agradecer la colaboración de Víctor Ballesteros en la realización de algunas de las ilustraciones, tarea en la que ha colaborado también Roger Galobardes.

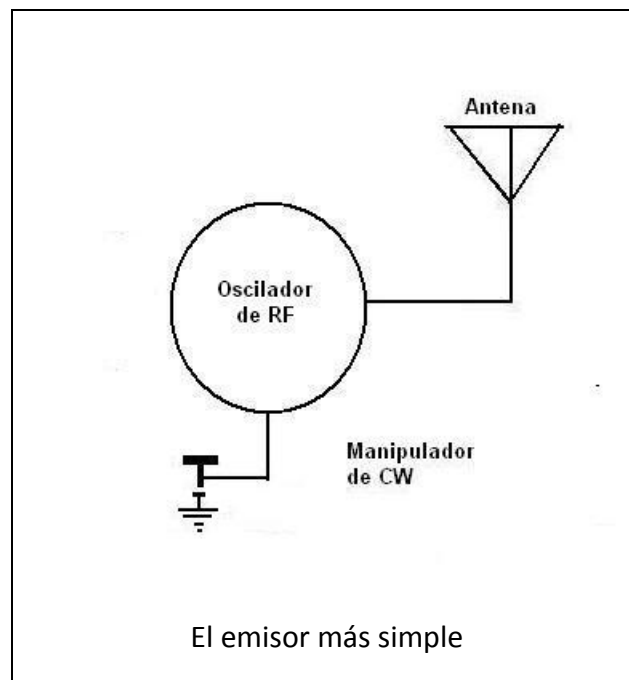
Con tal de mejorar el texto y el contenido, os agradeceremos mucho que cualquier sugerencia de mejora o los errores que encontréis nos los comunicuéis a la dirección:
<radioclub@salle.url.edu>

TEMA 5: Emisores

5.1 Tipos de emisores

Un emisor es un dispositivo capaz de generar una señal de radiofrecuencia a la que le añade algún tipo de información y la envía a una antena donde será radiada en forma de onda electromagnética.

El emisor más simple genera directamente la frecuencia a radiar por medio de un oscilador y luego la envía directamente a la antena sin modularla. La información se puede transmitir o no, interrumpiendo la oscilación por medio de un sencillo interruptor sí o no, al que denominamos manipulador, que se abre y cierra al ritmo del código Morse, modalidad de transmisión conocida también como CW, del inglés *Continuos Wave*.



5.1.1 Transmisores con y sin cambio de frecuencia

Los emisores pueden generar directamente la frecuencia que van a radiar, o mejor dicho, como suelen ser multibanda y en consecuencia mucho más complejos, necesitan generar la señal definitiva a emitir a una frecuencia más baja y más estable, para elevarla luego por medio de mezclarla con otras señales de frecuencias diferentes, que se suman a la del oscilador principal hasta obtener la frecuencia final en cada banda.

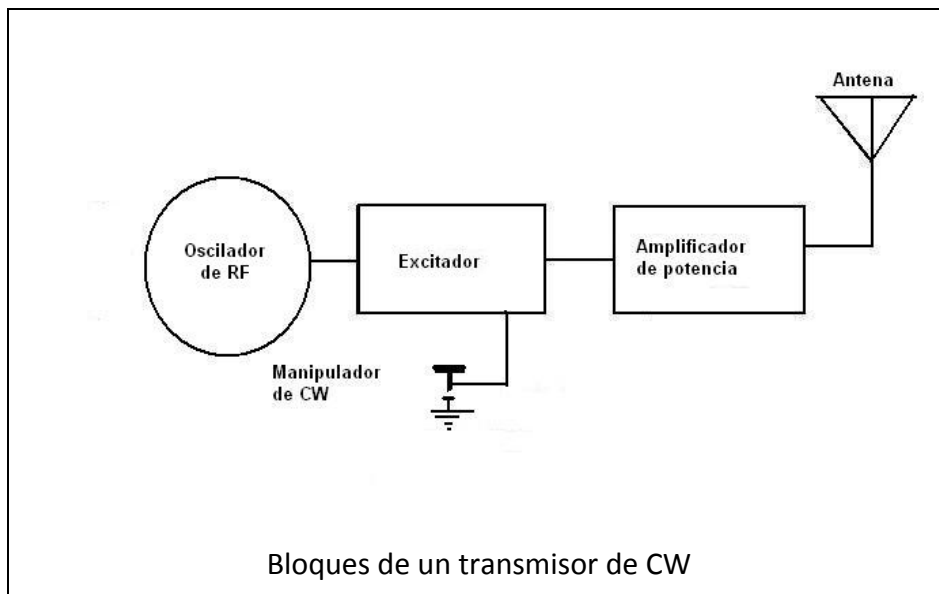
Comienzan con un oscilador a una frecuencia baja generada con la mayor estabilidad posible y que luego eleva su frecuencia por medio de mezcladores con otros osciladores controlados a cristal o por medio de etapas multiplicadoras de frecuencia,

hasta alcanzar la frecuencia deseada. Estos emisores se designan con el nombre de emisores con cambio de frecuencia.

5.2 Diagramas de bloques de emisores

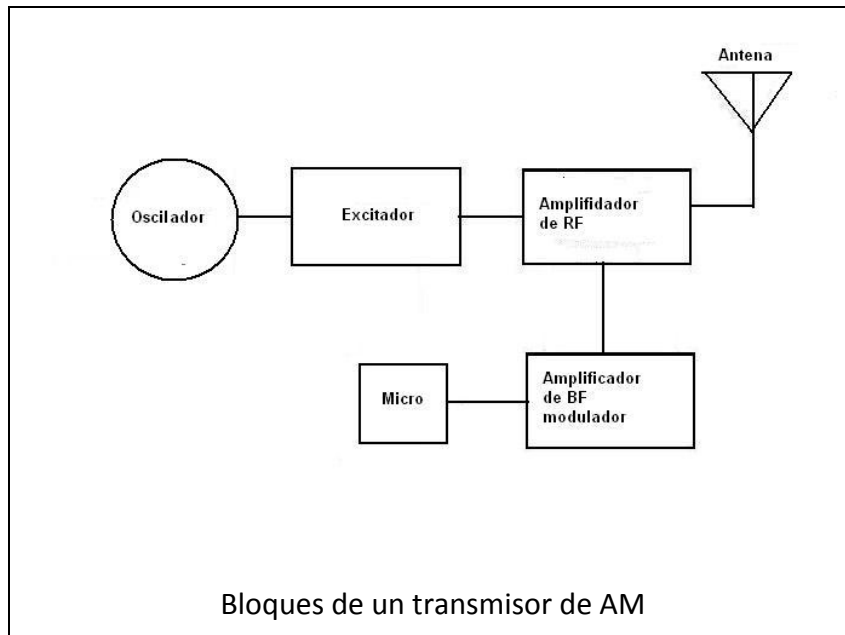
5.2.1 Transmisor de CW

Se consigue realizar una emisión radiotelegráfica por medio de un manipulador que interrumpe y activa alguna etapa del transmisor, al ritmo necesario para la emisión de la portadora codificada en Morse. En la práctica no se acostumbra nunca a manipular el oscilador directamente porque eso afectaría a su estabilidad. Se prefiere manipular en una etapa posterior.



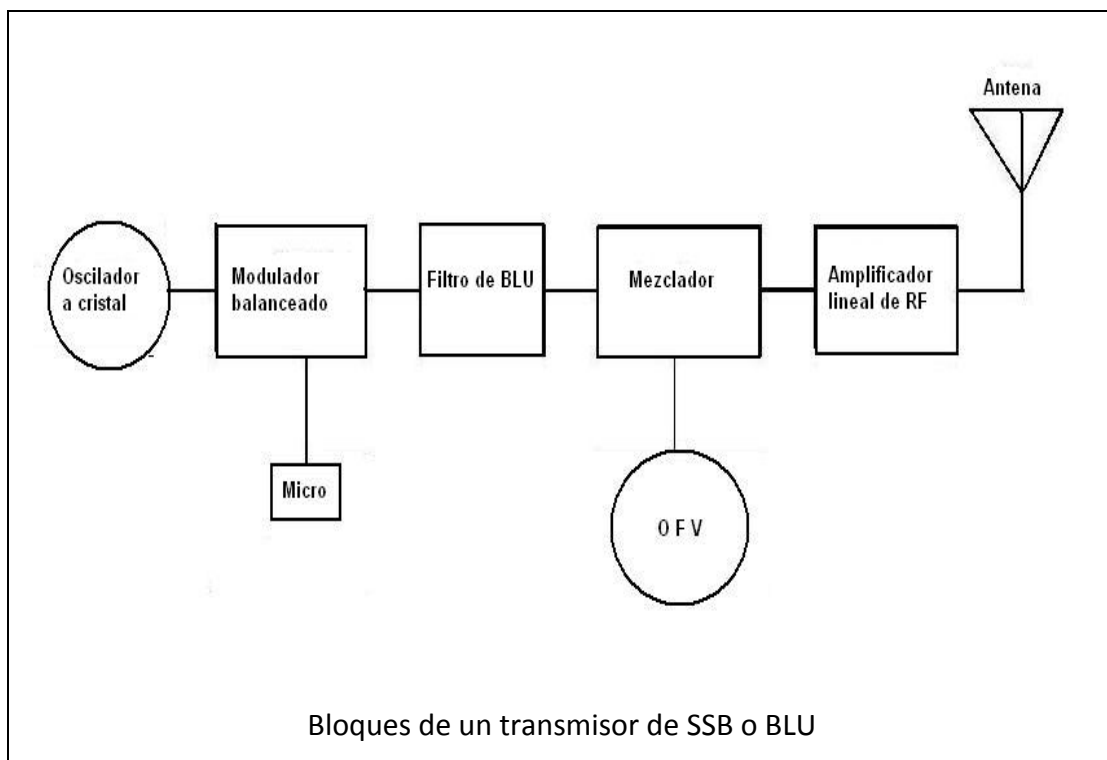
5.2.2 Transmisor de AM

La etapa más característica de un transmisor de AM o de Modulación de Amplitud es un amplificador de potencia de audio, llamado modulador, capaz de variar la tensión y corriente en el paso final y, por tanto, aumentar y disminuir la potencia y amplitud de la señal transmitida al ritmo de la modulación de la voz.



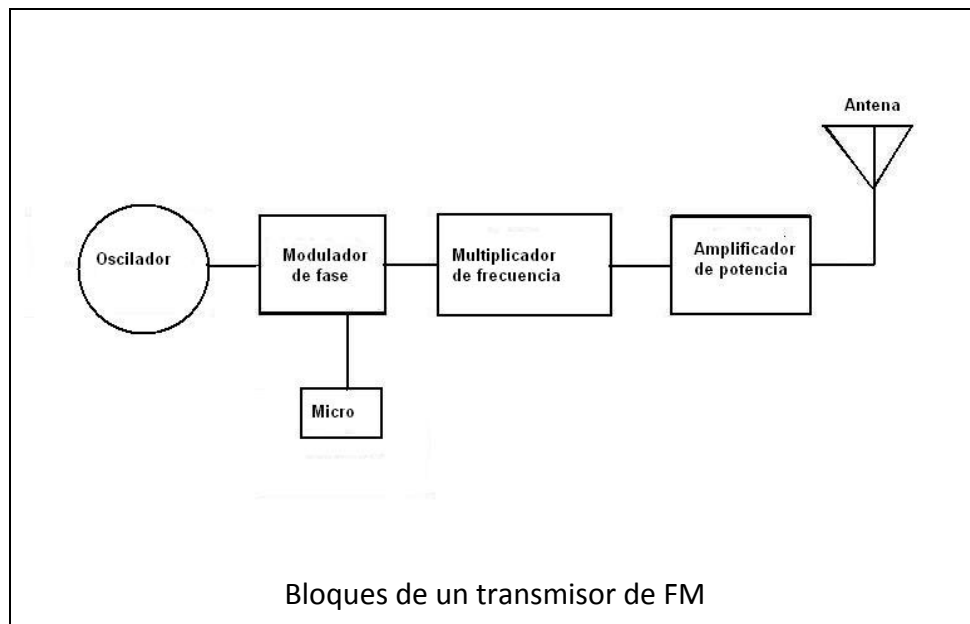
5.2.3 Transmisor de SSB

La etapa más característica de un transmisor de BLU es el doblo modulador balanceado que suprime la portadora y viene seguido por un filtro a cristal que sólo deja pasar la banda lateral única deseada. que puede ser tanto la banda lateral inferior (BLI o LSB de *Lower Side Band*) o la superior (BLU o USB de *Upper Side Band*)



5.2.4 Transmisor de FM

La etapa más característica de un transmisor de FM es la etapa moduladora de frecuencia que normalmente se realiza directamente en un oscilador controlado por un Varicap o, por medio de una etapa amplificadora para modular la fase y que la convierte en una señal modulada en frecuencia también. Cualquier cambio de fase equivale a acercar o alejar las crestas sucesivas de la onda sinusoidal y eso implica un ligero cambio de frecuencia también.

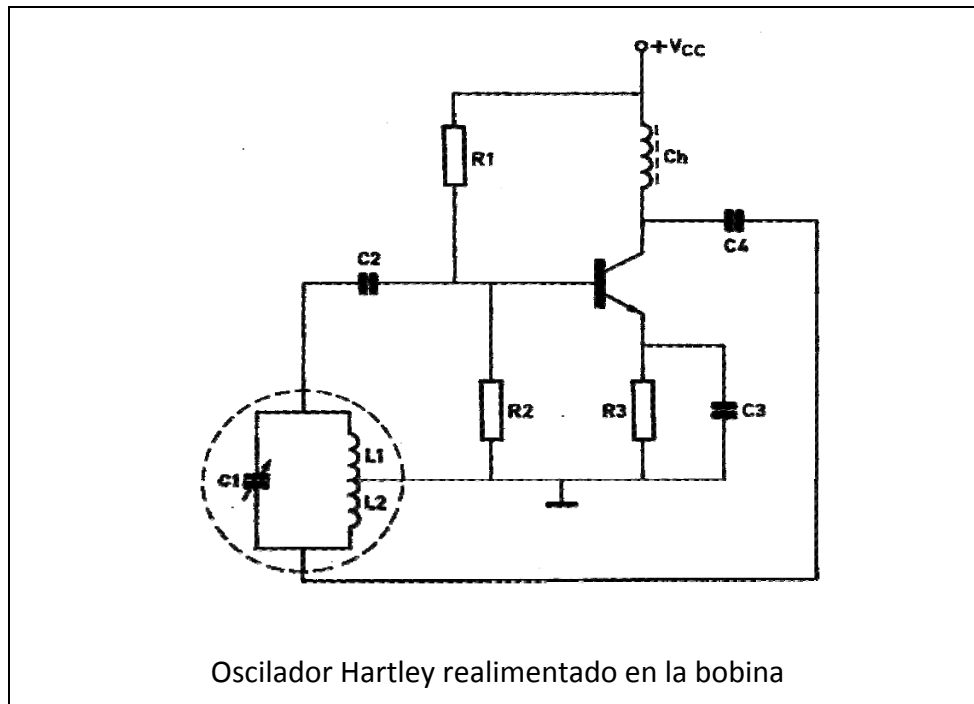


5.3 Operación y funcionamiento de las etapas

5.3.1 Oscilador

Un oscilador consiste generalmente en algún tipo de resonador cuya oscilación espontánea inicial se realimenta positivamente amplificada para mantenerla estable y evitar que se amortigüe por las pérdidas. Normalmente se utiliza un circuito resonante LC cuya frecuencia de resonancia marca la frecuencia de oscilación espontánea. Esta oscilación luego se amplifica para mantener la oscilación constante con la máxima amplitud posible.

Si el oscilador no necesita ser variable, se prefiere utilizar un cristal de cuarzo como resonador que fija la frecuencia pues proporciona una estabilidad mucho mayor.



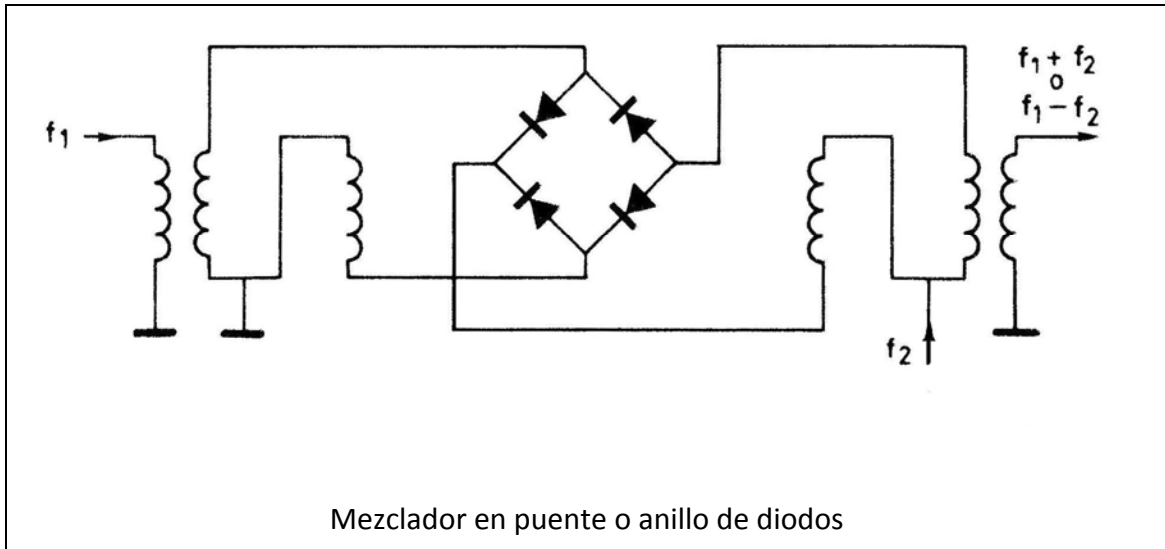
En la era analógica los osciladores más estables eran los PLC (del inglés *Phase Locked Loop*) con bucle de enclavamiento de fase, pero actualmente, en la era digital, los más utilizados son los DDS (del inglés *Direct Digital Synthesizer*) o de síntesis digital directa.

5.3.2 Mezclador

Los mezcladores son elementos que, como su nombre indica, facilitan la mezcla de dos señales y dan como resultado la suma y resta de las dos señales, pero también la suma de alguna de ellas con la de los armónicos de la otra.

Los mezcladores pueden ser activos y pasivos, según amplifiquen o no las señales aplicadas.

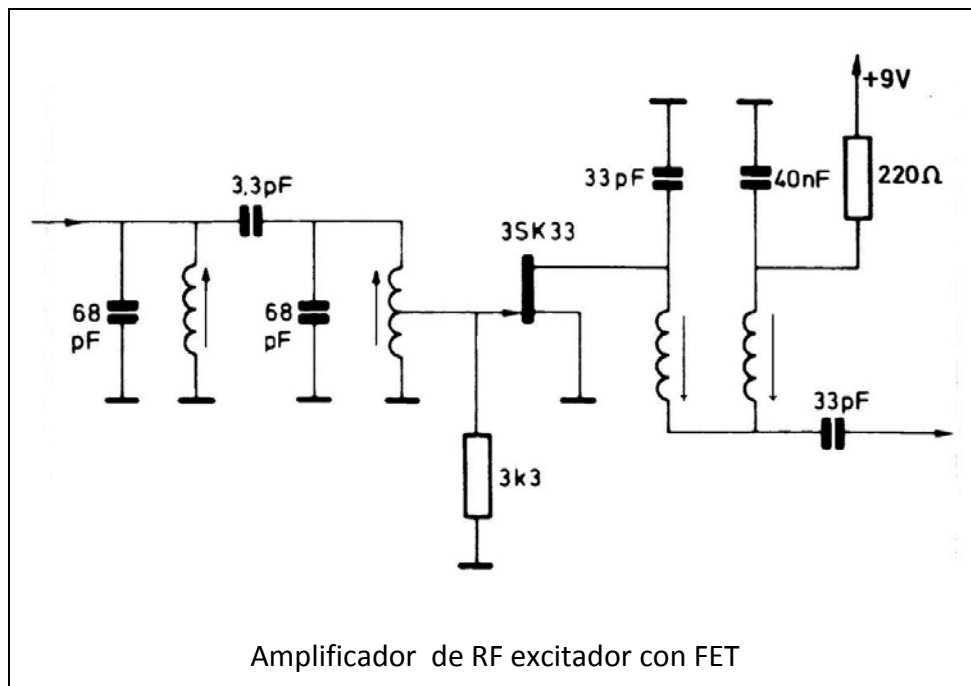
Entre los mezcladores pasivos (sin amplificadores) tenemos por ejemplo los puentes de diodos, los cuales tienen la ventaja de que no añaden más ruido de fase propio a las señales que mezclan, aunque las atenúan en mayor o menor grado.



En los transmisores, como el ruido generado no es tan importante, generalmente se emplean los mezcladores activos, que se llaman activos precisamente por estar equipados con amplificadores que añaden alguna ganancia, siendo los más utilizados actualmente los transistores FET-MOS de doble puerta. Precisamente la mezcla se favorece acentuando la falta de linealidad del amplificador.

5.3.3 Excitador

Un excitador es un amplificador intermedio que incrementa las débiles señales proporcionadas por una etapa anterior ya sea osciladora o mezcladora y su misión es entregar la potencia suficiente para alimentar o “excitar” el amplificador final, lo que generalmente significa proporcionar potencias de salida entre 100 milivatios y 2 o 3 vatios.

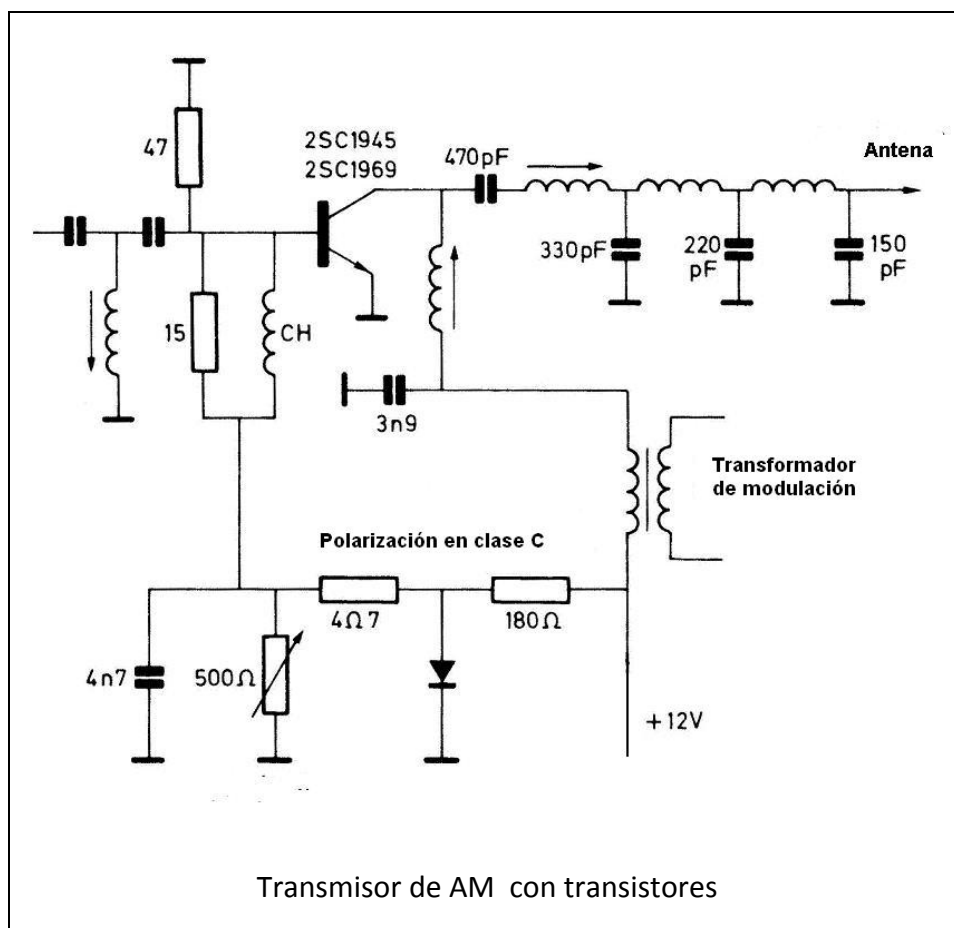


5.3.4 Multiplicador de frecuencia

La multiplicación de frecuencia es la forma más simple de incrementar la frecuencia de un oscilador hasta la frecuencia de la banda deseada. Como multiplicadores de frecuencia se utilizan normalmente los amplificadores de clase C que amplifican solamente durante un 25% del ciclo de la señal. Aunque solo amplifica un cuarto del total del ciclo, si a su salida se coloca un circuito resonante a una frecuencia doble o triple, el circuito LC reconstruye casi perfectamente una señal sinusoidal del doble o triple frecuencia de la que entró en el amplificador.

5.3.5 Amplificador de potencia

La amplificación de la potencia de una señal es una de las etapas más importantes de un transmisor, pues es la que consigue aumentar la potencia de la señal que queremos transmitir hasta alcanzar una potencia suficiente para asegurar que la señal llegue a su destino, o sea al receptor, a pesar de la gran atenuación que experimenta al propagarse por el espacio, con el nivel mínimo necesario para garantizar la comunicación.



Tenemos que tener muy en cuenta que en las etapas de potencia de amplificadores lineales para SSB o BLU deben utilizarse transistores que sean capaces de disipar de

algún modo la potencia perdida en forma de calor, debido al bajo rendimiento de la amplificación lineal en clase A, o aunque sea en clase AB con dos transistores en contrafase, que normalmente nunca alcanza el 50%, lo cual quiere decir que el transistor debe poder disipar más del 50% de la energía que le inyectamos.

5.3.5b Adaptación de impedancias

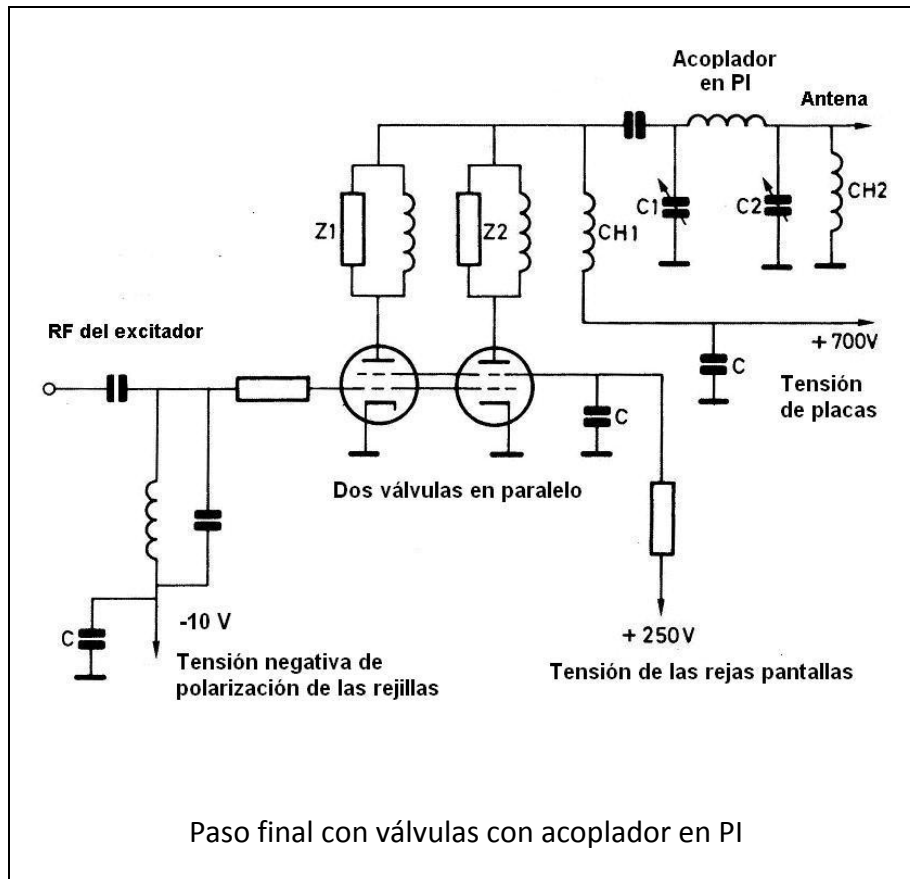
La amplificación de potencia sería una tarea inútil si no fuéramos capaces de *transmitir la máxima potencia posible a la siguiente etapa*, generalmente la antena. Esta máxima transferencia de energía se consigue cuando la impedancia resistiva de salida de la fuente suministradora de potencia es igual a la impedancia resistiva de entrada de la etapa que la absorbe, y sus reactancias respectivas sean nulas o conjugadas. Entonces y sólo entonces se produce la máxima transferencia de energía.

Especialmente es muy importante que estén bien adaptadas las impedancias entre el amplificador de potencia y la línea de transmisión que la lleva hacia la antena. La impedancia de salida del transmisor debe tener la misma impedancia que la impedancia característica de la línea de transmisión que une ambos elementos.

Y lo mismo debe suceder también con las impedancias de la línea de transmisión y la antena. Este valor está normalizado a 50 ohmios en las líneas coaxiales, pero puede utilizarse otro tipo de líneas, como por ejemplo cintas de cable paralelo de 300 ohmios o cables coaxiales de 75 ohmios..

Si las impedancias de estos elementos no son iguales o conjugadas, habrá una reflexión de energía desde la antena hacia atrás, debido a que la antena no absorbe toda la potencia que recibe y esta potencia viajará de nuevo de vuelta al amplificador, dando lugar a lo que llamamos ondas estacionarias, y podría dañarlo, porque pueden llegar a doblarse las tensiones y corrientes previstas en el diseño del el amplificador y este tal vez no podría aguantar esos elevados niveles de tensión o de corriente.

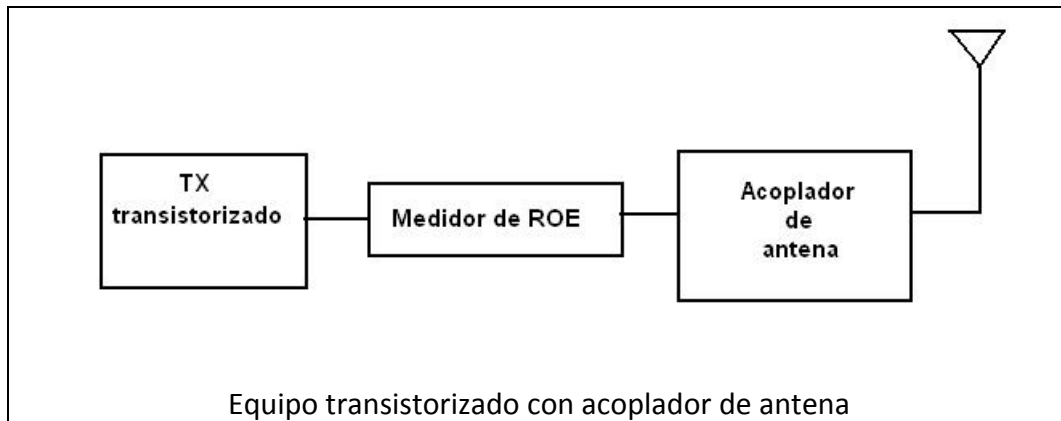
En los amplificadores lineales a válvulas se utilizan circuitos adaptadores de impedancia en PI ajustables capaces de adaptar la baja impedancia de la antena a la alta impedancia de salida que necesita la válvula. Con ellos se consigue adaptar cualquier reflexión de energía que aparezca reflejada y devuelta por la antena.



Sin embargo, los amplificadores finales de equipos transistorizados son siempre de baja impedancia y no pueden incorporar estos circuitos adaptadores en PI y lo normal es que no soporten una energía reflejada y devuelta por la antena de más del 10% ($ROE > 2:1$) por culpa de una antena mal adaptada a la línea de transmisión. Para resolver este problema, si se produce lo que se llama una relación de ondas estacionarias superior a 2 ($ROE > 2:1$), los amplificadores transistorizados disponen de un circuito protector que reduce automáticamente su potencia de salida.

Por tanto, si queremos obtener la máxima potencia con transistores, debemos intercalar un elemento intermedio que realice la mejor adaptación de impedancias posible, el llamado acoplador de antena, compuesto por bobinas y condensadores variables, que se ajustan de forma que la Relación de Ondas Estacionarias o ROE se reduzca al mínimo, hasta cancelar todo lo posible la energía reflejada por una antena que no presenta la impedancia correcta.

De este modo, el acoplador bien ajustado recibirá toda la energía reflejada por la antena y la devolverá a su vez nuevamente hacia la antena, donde será finalmente radiada. De esta forma la reflejada ya no afectará a los transistores amplificadores de potencia finales.

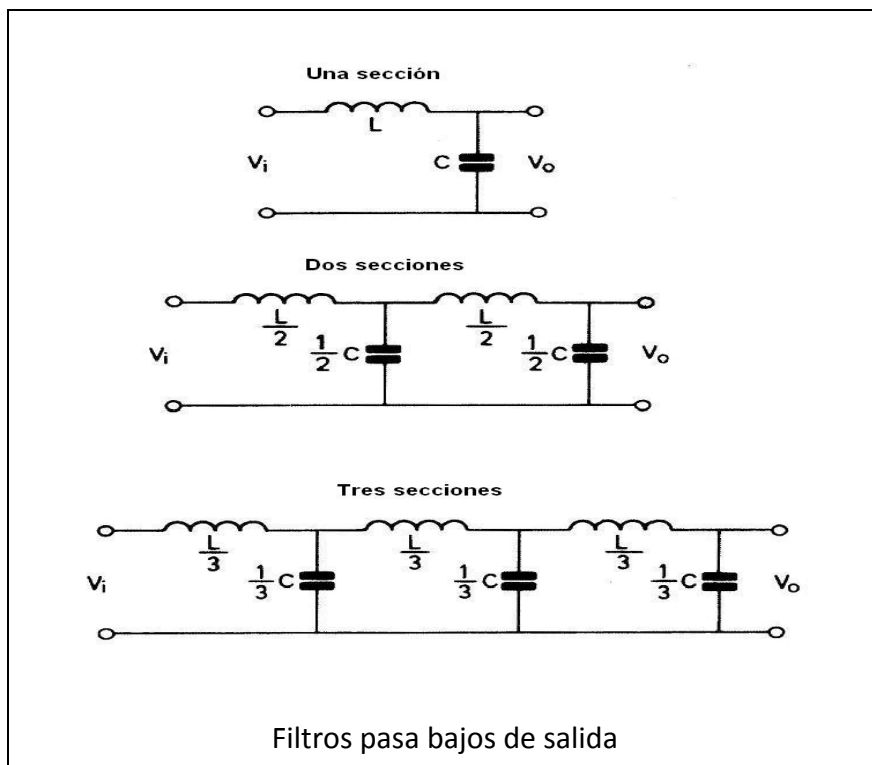


5.3.6 Filtros de salida

Los filtros de salida normalmente son filtros pasa bajos que tienen por misión atenuar los posibles armónicos generados por la falta de una buena linealidad de los amplificadores de radiofrecuencia. Esta falta de linealidad ocasiona que se generen armónicos, o sea múltiplos de las señales fundamentales amplificadas, los cuales deben tener una potencia máxima de cómo mucho 40 dB por debajo del nivel de la portadora y, en todo caso, inferiores a 5 milivatios.

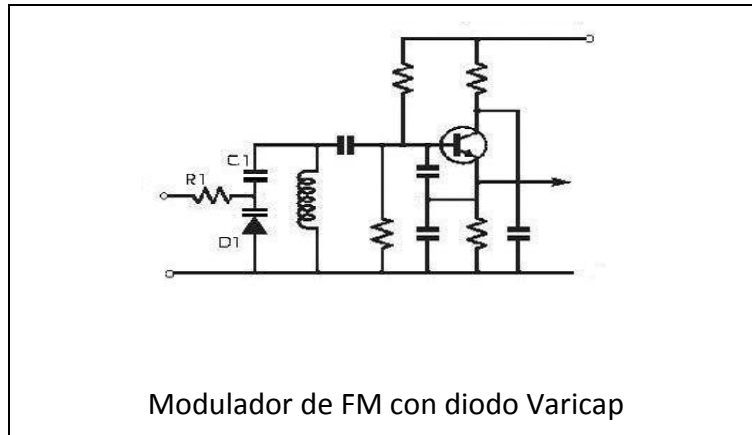
Por otra parte, los filtros de salida pueden, en algunos casos, ayudar a adaptar las impedancias entre la etapa final amplificadora y la línea de transmisión que transportará las señales amplificadas hasta la antena.

Esto es especialmente cierto en los amplificadores a válvulas en los que el circuito PI de adaptación actúa también como filtro pasa bajos por su especial configuración.



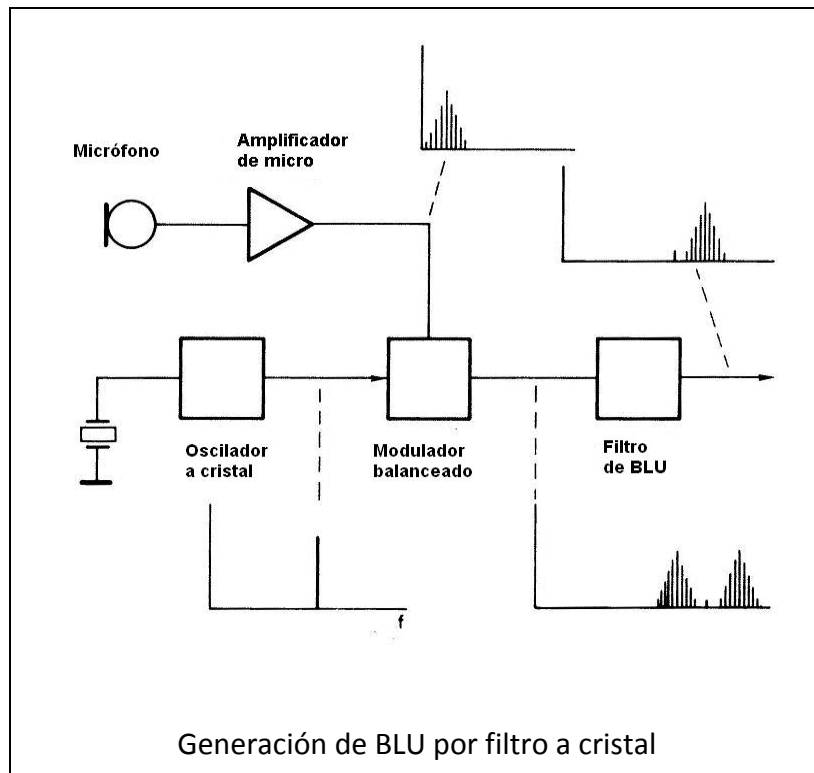
5.3.7 Modulador de frecuencia

La modulación de frecuencia se consigue muy fácilmente por medio de un diodo Varicap, situado como condensador en un circuito resonante, de modo que al recibir la tensión variable de la señal moduladora, altera en consecuencia la frecuencia de un oscilador L-C o a cristal, siguiendo el ritmo que marca la modulación.

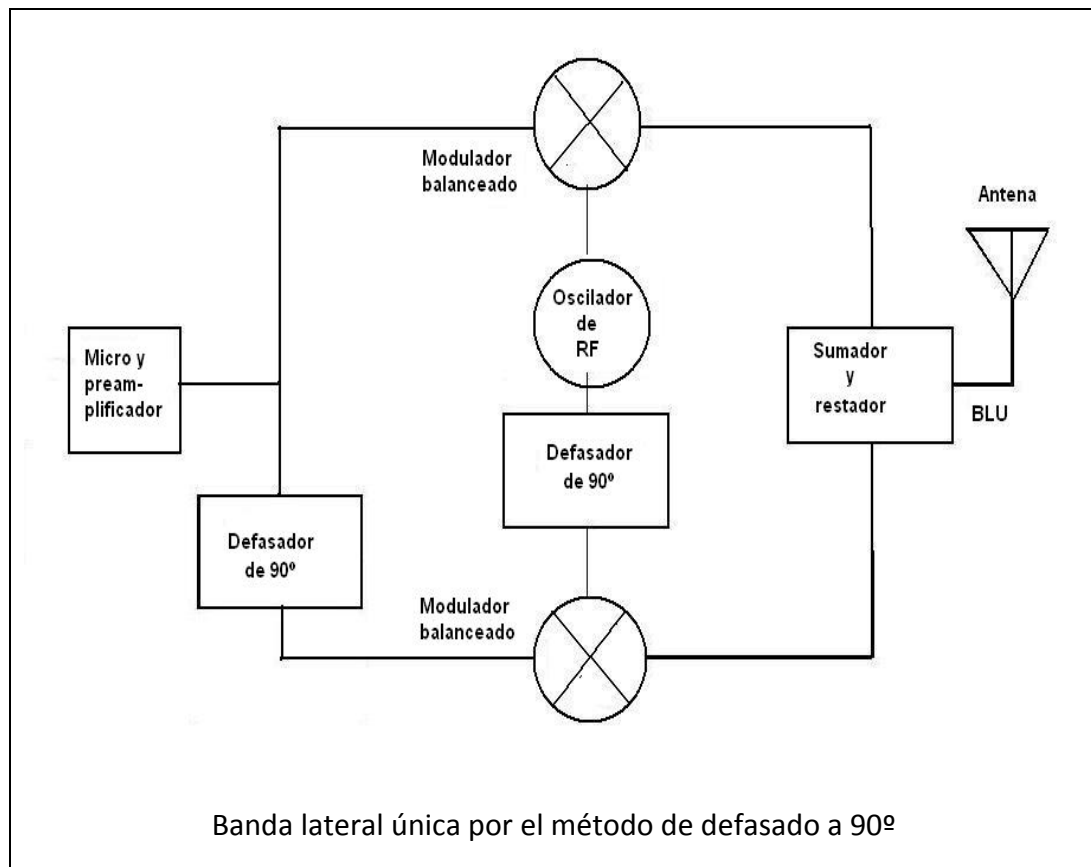


5.3.8 Modulador de SSB

El sistema más utilizado para conseguir una modulación de banda lateral única en un emisor consiste en un modulador balanceado que elimina la portadora y, a continuación, un filtro pasa banda suficientemente selectivo, normalmente un filtro a cristal, que permitirá solamente el paso de una de las dos bandas laterales y eliminará la otra.

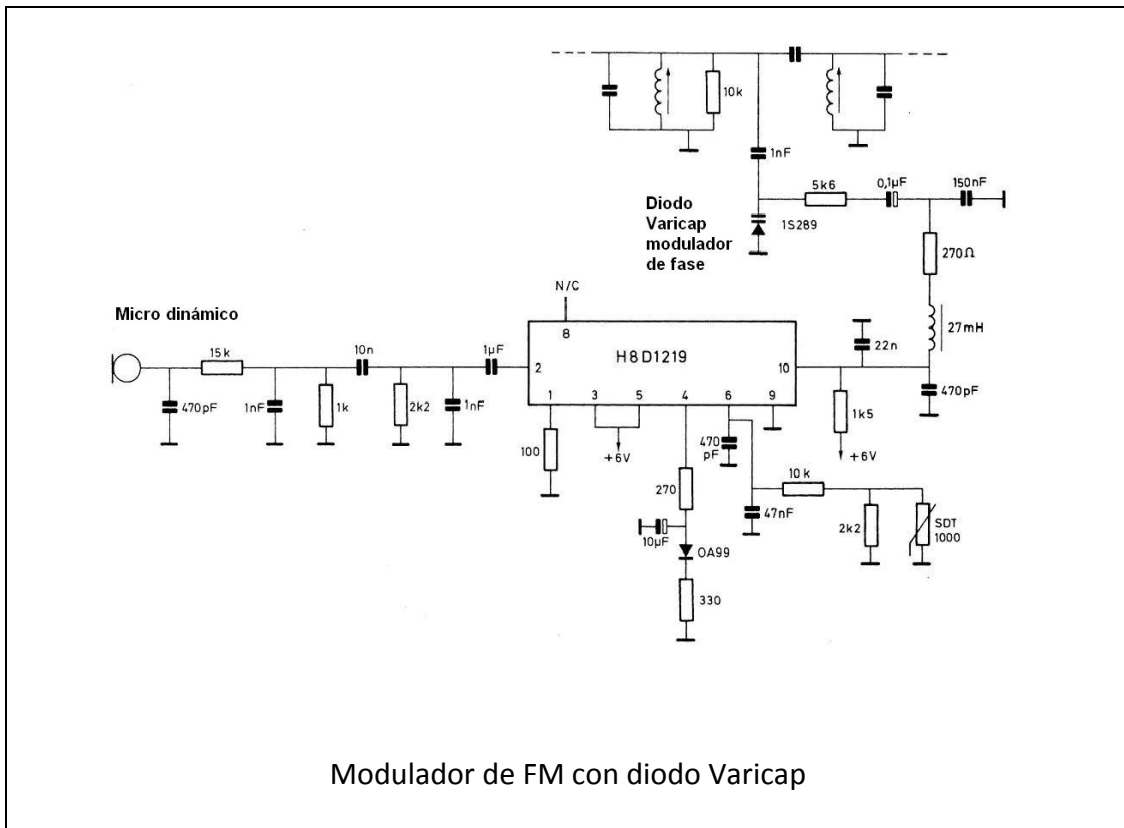


También se puede conseguir una modulación de banda lateral combinando dos moduladores balanceados desfasados 90 grados que han suprimido ambos la portadora y han generado dos bandas laterales desfasadas 90 grados, que luego se suman y restan en un mezclador y dejan una única banda lateral.



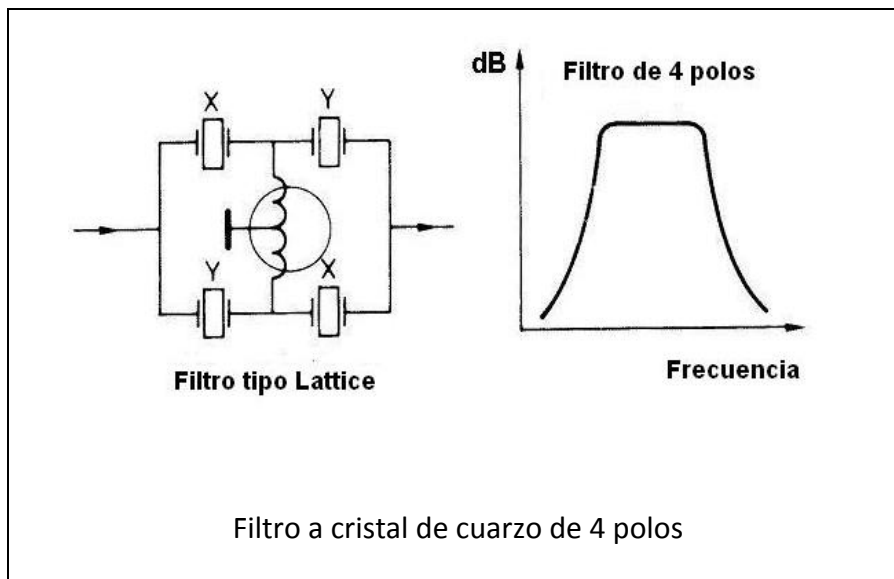
5.3.9 Modulador de fase

Para conseguir una modulación de fase, igual que en la modulación de FM, se utiliza también un diodo Varicap de capacidad variable en serie con la señal, de forma que su reactancia varíe con la tensión de la modulación y, al variar su reactancia, también variará la fase de la señal de radiofrecuencia que lo atraviese.



5.3.10 Filtro a cristal

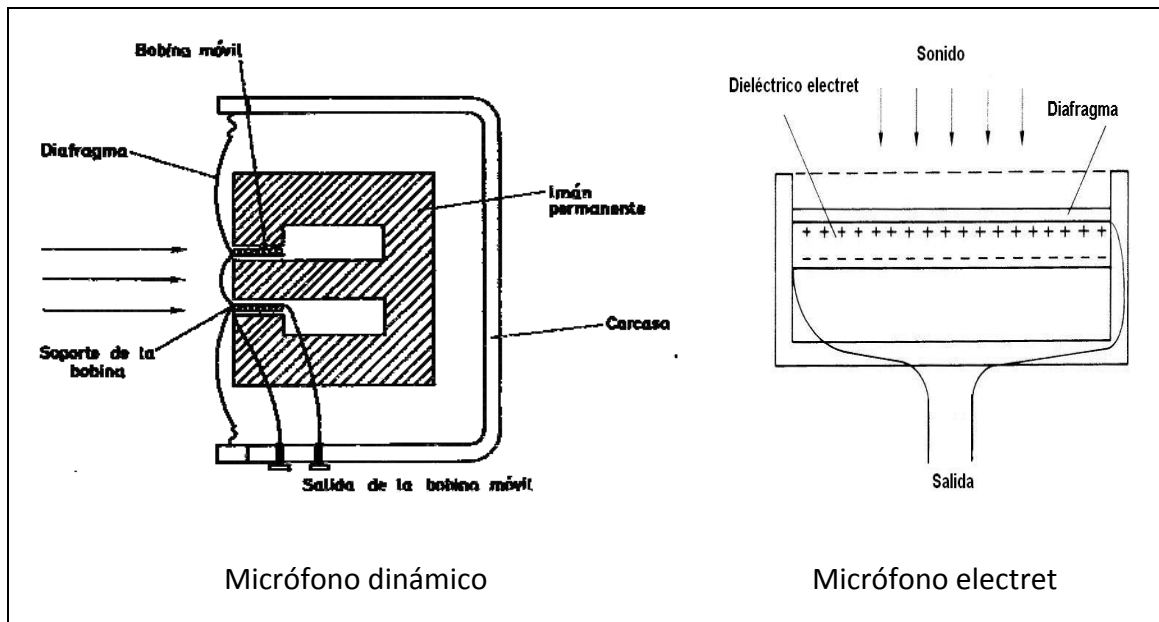
Los cristales de cuarzo tienen la gran ventaja de que se comportan como circuitos resonantes de alta calidad o de elevado Q, tanto en serie como en paralelo, con un Q mucho mayor que el de los circuitos resonantes L-C, y eso nos permite realizar con ellos filtros mucho más selectivos, con flancos muy abruptos y factores de forma que se acercan más hacia la unidad.



5.3.11 Micrófonos

Para captar la información de nuestra voz, necesitamos un elemento transductor que convierta las ondas sonoras en señales eléctricas y ese elemento es el micrófono. El micrófono más habitual y de calidad es el micrófono dinámico que podríamos definir como una membrana semirrígida llamada diafragma que recibe las vibraciones y mueve a su vez una bobina móvil dentro del campo magnético de un imán permanente, de forma que se generan corrientes eléctricas en correspondencia a las vibraciones sonoras captadas.

Otros tipos de micrófono son micrófonos a cristal los piezoeléctricos que se basan en las propiedades de los cristales de cuarzo y de los micrófonos cerámicos resonadores cerámicos, pero todos son de alta impedancia interna y son menos utilizados hoy en día en amplificadores transistorizados.



También existen micrófonos de condensador con dieléctricos de gran coeficiente llamados micrófonos electret, pero estos micrófonos generan una señal de tan bajo nivel que necesitan incorporar un preamplificador con alimentación a pilas en su interior, normalmente una pila de botón.

5.4 Características de un transmisor

Las características de los transmisores nos permiten compararlos entre sí y escoger el que proporcione unas prestaciones que, dentro de nuestro presupuesto, nos permitan obtener la potencia que deseamos para las bandas y modalidades de comunicación que nos interesa practicar dentro del amplio campo de la radioafición.

5.4.1 Estabilidad en frecuencia

De la estabilidad y la exactitud de la frecuencia de un transmisor dependerá muchas veces que sea localizada nuestra señal y, por consiguiente, el feliz resultado de nuestra comunicación. Por tanto nos interesa conseguir que la frecuencia de nuestra emisión tenga la mayor estabilidad posible en el tiempo y no se vea perturbada por cambios de temperatura, ni por vibraciones, ni por cambios en la tensión de suministro de la red.

Con este objetivo, se pueden implementar todas las siguientes mejoras:

- Regular con un termostato la temperatura del oscilador con un circuito LC.
- Utilizar un oscilador controlado a cristal también termostatado.
- Utilizar un oscilador PLL con bucle de enclavamiento de fase termostatando el cristal del oscilador de referencia
- Utilizar un oscilador de síntesis digital directa DDS con un cristal de referencia termostatado.
- Utilizar un oscilador de síntesis digital directa DDS sincronizado con un oscilador de referencia externo de alta estabilidad.

5.4.2 Ancho de banda de RF

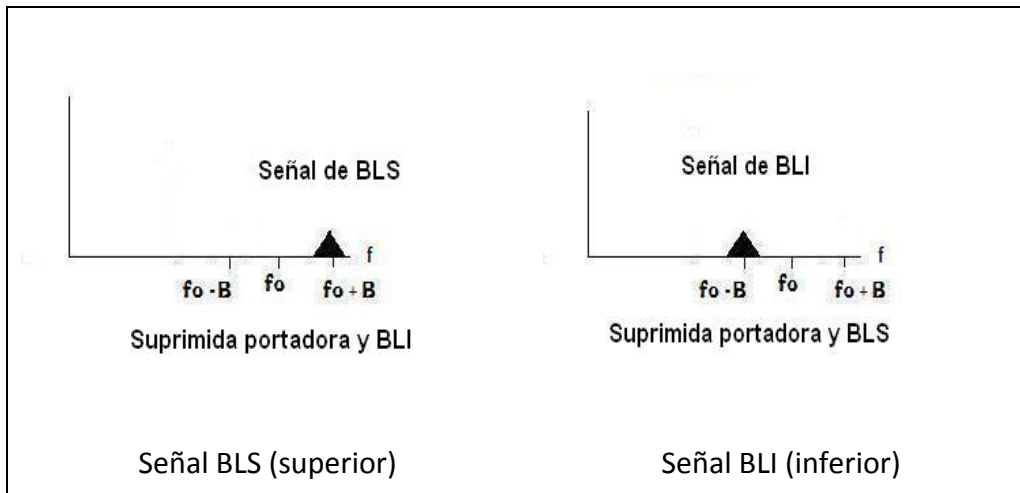
El ancho de banda de una emisión de RF se mide por la diferencia entre las frecuencias, por encima y por debajo de la teórica de transmisión, fuera de las cuales se emite a cada lado una potencia menor al 0,5% de la potencia total transmitida.

Si lo dijéramos a la inversa, diríamos que es el ancho de la banda de frecuencias entre las que se emite el 99% de la potencia del emisor.

5.4.3 Bandas laterales

En cuanto se utiliza y se modula una portadora con una señal de audio, aparecen lo que llamamos bandas laterales, pues en realidad en la modulación lo que se produce es una mezcla de la frecuencia de la portadora con la de las señales de audio, dando como resultado la suma y resta de ambas.

En todo tipo de emisiones de AM, tanto comerciales como de radioaficionado, las bandas laterales que se generan por una modulación de amplitud no deben sobrepasar los 4,5 kHz a cada lado de la portadora, cubriendo un ancho de banda máximo de 9 kHz.



Las emisiones en SSB o BLU (Banda Lateral Única) no deben apartarse más de 3 kHz de la portadora suprimida, siendo este el ancho de banda ocupado al no haber más que una banda lateral. El ancho de banda de una señal de BLU o SSB realmente viene a ser solamente de 2,7 kHz, pues solo se emiten las frecuencias de la voz entre 300 y 3.000 Hz.

Por otra parte, las bandas laterales de una emisión de FM de banda estrecha no deben sobrepasar actualmente los 6,25 kHz a cada lado de la transmisión, ocupando un ancho de banda de 12,5 kHz. Anteriormente se permitían los 12,5 kHz a cada lado, ocupando como máximo 25 kHz.

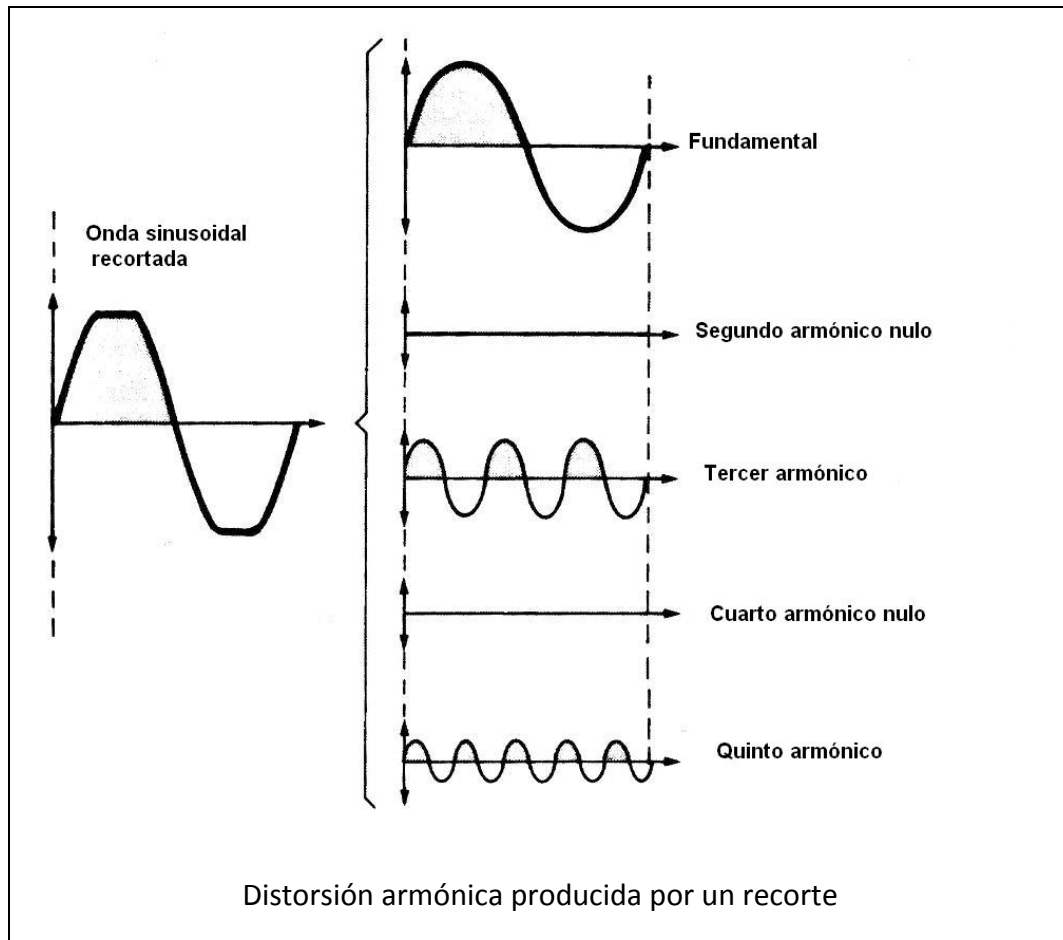
5.4.4 Respuesta de audio

Para una correcta transmisión de la voz es necesaria que la respuesta plana de audio se encuentre entre 300 y 3000 Hz, aunque puede mantenerse muy buena inteligibilidad con una respuesta que meramente llegue hasta 2500 Hz. Si la reducimos más, la voz ya empieza a perder calidad y comprensibilidad.

5.4.5 No linealidad (distorsión armónica e intermodulación)

La falta de linealidad de los amplificadores de un emisor produce la generación de armónicos de la señal portadora y sus bandas laterales, que deberán ser atenuadas por medio del empleo de filtros pasa bajos.

Por otra parte, la falta de linealidad también genera productos de intermodulación o mezcla de las diferentes frecuencias transmitidas entre sí y con sus respectivos armónicos, las cuales dan lugar a la aparición de productos no deseados que empeoran la calidad del audio de la transmisión. Esto hace necesarios que los amplificadores lineales utilicen siempre polarizaciones en clase A o, también, amplificadores de clase AB aparejados en contrafase.



Únicamente en el caso de emisores de FM no importa demasiado su linealidad e incluso pueden utilizarse amplificadores clase C, porque esta falta de linealidad no afecta a la frecuencia y, por tanto, no distorsionaría en modo alguno la modulación aplicada en forma de desviación de frecuencia.

Los armónicos de un transmisor deben estar 40 dB por debajo de la potencia media de la portadora y en cualquier caso no deben tener una potencia mayor de 50 milivatios, e acuerdo con la legislación vigente.

5.4.6 Impedancia de salida

Los amplificadores de potencia acostumbran a tener una impedancia baja de salida de 50 ohmios porque las líneas de transmisión con una impedancia característica de 50 ohmios son las que aguantan la máxima potencia con el menor coste de materiales utilizados.

Por otra parte, las líneas con 50 ohmios de impedancia se adaptan muy bien a las impedancias que presentan más frecuentemente las antenas, las cuales también de todos modos procuran diseñarse para que en resonancia presenten una impedancia en el punto de alimentación de 50 ohmios y, por tanto, se adapten bien a la utilización de las líneas de transmisión de esta impedancia característica.

5.4.7 Potencia de salida

A nosotros nos interesa la potencia máxima que puede dar un transmisor sin recortar los picos de RF, de forma que la amplificación siempre sea lineal. En cambio, la potencia de salida indicada por los instrumentos de un transmisor de SSB, debida a la variabilidad de la voz humana, marca una cifra muy inferior y puede ser que un vatímetro muestre al hablar una potencia media inferior a 1/10 de la potencia máxima de cresta que puede proporcionar el transmisor sin recortar, si no se ha procedido a comprimir la modulación de alguna forma.

A pesar de la compresión, un transceptor equipado con compresor de voz, puede mostrar en un vatímetro una potencia media que apenas supere la $\frac{1}{2}$ de la potencia de cresta que es capaz de dar un transmisor de forma lineal sin distorsionar ni recortar, de forma que no nos debe extrañar que la cifra que veamos en el vatímetro sea muy inferior.

Realmente, a nosotros si transmitimos en fonía, nos interesa más la potencia de cresta de la envolvente o potencia PEP (de *Peak Envelope Power*) o sea la potencia eficaz de un ciclo de RF cuando alcanza el valor máximo de la envolvente de la modulación sin que sea recortado por el amplificador. Esta potencia es la que nos permite comparar la potencia radiada efectiva de dos transmisores de BLU o SSB.

Normalmente en los transmisores se instala un circuito de control automático de volumen AVC (del inglés *Automatic Volume Control*) que se ocupa de que nunca se supere en los picos esa potencia límite, a partir de la cual el amplificador empezaría a recortar los picos, y la amplificación no sería lineal y se generarían armónicos y productos de intermodulación.

5.4.8 Rendimiento del emisor

El rendimiento de un amplificador de potencia se calcula por la relación entre la potencia obtenida de salida W_s y la potencia de entrada W_e suministrada al amplificador por la fuente de alimentación: $r = W_s/W_e$.

En los amplificadores de potencia polarizados en clase C se puede llegar a conseguir el 75% de rendimiento, pero la clase C solo se puede utilizar en AM o en FM por su falta de linealidad en la amplificación.

En los amplificadores lineales de potencia para BLU o SSB normalmente nunca se llega a superar el 50% de rendimiento.

5.4.9 Estabilidad de frecuencia

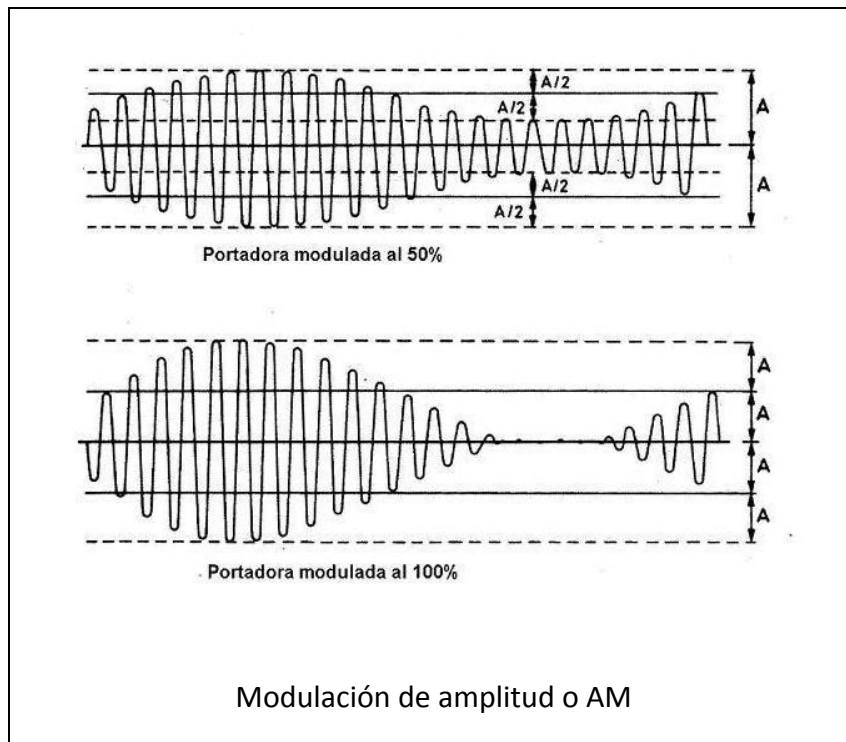
La estabilidad de frecuencia de un emisor es la que nos garantiza de que no se desplaza de la frecuencia con el tiempo ni con la temperatura.

Se considera que la estabilidad de frecuencia de un transmisor debería ser mejor que 10 ppm (*partes por millón*) en un tiempo de 60 minutos después de la puesta en

marcha y, a partir de entonces, debería permanecer estabilizada dentro de un margen 2 ppm.

5.4.10 Índice de modulación en AM y de desviación en FM

En AM no debe sobrepasarse en ningún momento el 100% de índice de modulación, pues en caso contrario eso no sólo significaría que se ha más que doblado la potencia de salida en los picos positivos de modulación, sino que también se ha llegado a cortar totalmente la portadora en los ciclos negativos de modulación, lo que daría lugar a emisiones espurias y distorsiones importantes en una transmisión de AM.



En FM, el índice de desviación es el coeficiente que multiplica las frecuencias de audio para dar lugar a la variación de frecuencia. En FM de banda estrecha actualmente no debe sobrepasarse un índice de desviación de 2,1 para que la desviación de frecuencia máxima para una modulación de 3 kHz no sobrepase los 6,25 kHz ($3 \text{ kHz} \times 2,1$) a cada lado de la frecuencia central, puesto que los canales actuales están separados en FM por 12,5 kHz.

En la FM comercial, se considera que debe transmitirse una banda de audio de hasta 15 kHz y la desviación máxima prevista es de 75 kHz a cada lado de la portadora, de modo que el índice de desviación no debe sobrepasar el valor de 5 para que al multiplicar $15 \times 5 \leq 75 \text{ kHz}$.

5.4.11 Clics y chirridos de la manipulación telegráfica

Los clics telegráficos son chasquidos audibles al iniciarse un punto o una raya, que son producidos por la inestabilidad o la tendencia a la auto-oscilación de alguna etapa amplificadora al iniciarse la transmisión de un punto o una raya de telegrafía y antes

de que intervenga algún control automático de volumen para frenar la amplificación y corte la auto-oscilación.

En cambio los chirridos de una transmisión telegráfica (que suenan como un “piu-piu”) son variaciones de frecuencia producidas cuando se manipula directamente el oscilador de transmisión, antes de alcanzar a su frecuencia de oscilación estable. También pueden producirse por variaciones de la tensión que alimenta el oscilador local al aumentar el consumo de los amplificadores siguientes.

5.4.12 Sobremodulación en SSB

Se aprecia una sobremodulación en SSB cuando la señal se alcanza un nivel en el que el amplificador lineal pierde su linealidad y entonces se producen armónicos e intermodulaciones entre las componentes de una banda lateral, y mezclas entre ellos y sus armónicos, intermodulaciones que salpican el propio canal y las frecuencias vecinas, incluso fuera del ancho de banda normal de 3 kHz utilizado en la transmisión. Aparece entonces una distorsión apreciable en el audio recibido y aumenta el ancho de banda emitido.

Casi siempre se debe a que se emplea demasiada ganancia previa y el amplificador de potencia final o alguna etapa anterior se satura y recorta la señal transmitida, lo que da lugar a productos de intermodulación entre los componentes de la banda lateral.

También puede deberse a un mal ajuste o funcionamiento del Control Automático de Volumen o AVC (del inglés *Automatic Volume Control*), que es el circuito que está encargado de reducir la ganancia de alguna etapa anterior para evitar este problema.

5.4.13 Radiaciones de HF espurias

Cualquier radiación no deseada, ya sean armónicos, emisiones fuera del ancho de banda máximo y otros productos no deseados generados en los mezcladores y amplificadores del emisor, no deben superar un nivel mayor de 40 dB por debajo de la potencia media emitida y sin exceder nunca de 50 milivatios.

5.4.14 Radiaciones a través de los blindajes

La misión de un blindaje es que, alrededor del emisor, la RF generada en el mismo aparezca atenuada en el exterior por una envoltura metálica que reduzca el máximo posible el campo eléctrico producido por la RF radiada directamente desde el equipo, pues nos interesa que solamente salga por los conectores de antena y, por consiguiente, toda la potencia útil generada vaya a parar a la antena.

El blindaje o apantallado metálico total puede reducir en gran medida la radiación, pero no debemos olvidar que en un equipo existen muchos elementos que no pueden ser metálicos, como los instrumentos de medida, las pantallas LCD o de otro tipo que permitan fijar parámetros de funcionamiento, y todo tipo de orificios por donde se manejan los mandos de sintonía y ajuste.

5.4.15 Ruido de fase

El ruido de fase se debe a las pequeñas irregularidades de las corrientes electrónicas en la conducción, debidas a su aleatoriedad del choque de los electrones con los átomos y siempre aparece acompañando a cualquier sinusoidal porque se genera también irremediablemente en los propios osciladores que generan la RF.

Luego, en cada mezclador se suma el ruido de fase de cada señal que entra en el mezclador y, posteriormente, cada uno de los amplificadores por el que pasa la RF añade su propio ruido de fase.

Afortunadamente se consiguen osciladores que tengan un ruido de fase de un nivel muy alejado de la oscilación generada y hoy en día se consiguen osciladores DDS con ruido de fase de -110 dB por debajo a una distancia de 2 kHz de la señal generada.

5.4.16 Interferencias producidas por el transmisor sobre sí mismo

Las interferencias se pueden colar en un transmisor por dos caminos, uno interior y otro exterior. La vía interior se da cuando la RF generada por un amplificador del transmisor, en determinadas circunstancias y por problemas de diseño, se introduce en otro amplificador y llega a producir oscilaciones parásitas no deseadas.

La vía exterior de interferencias consistiría en la presencia de niveles elevados de RF generados por la antena del propio emisor o por otros emisores, en el interior de la estación y que pueden colarse en etapas amplificadoras de bajo nivel, como los preamplificadores de micrófono, afectando a la calidad de la modulación.

La RF se debe enviar hacia la antena de modo que no circule por el interior de la estación. Debemos procurar que la RF no vuelva por el exterior del cable coaxial hacia nuestra estación, cosa que ocurre muy frecuentemente porque se propaga muchas veces de forma independiente por el exterior de la malla del cable coaxial utilizado como la línea de transmisión.

Estas corrientes de RF que retornan de la antena por el exterior del cable son independientes de una buena adaptación de impedancias y pueden producirse aunque la adaptación sea perfecta. Pueden evitarse colocando siempre balunes simetrizadores en la conexión de la antena que impidan estas corrientes de retorno, así como también colocando choques realizados con anillos de ferrita sobre la línea coaxial con el mismo objetivo a la salida del equipo y en la antena.

La clásica puesta a tierra a una masa común de todos los equipos es una buena protección contra descargas eléctricas, pero no nos protege de la RF que circule por la estación, pues lo peor que nos puede ocurrir es que realmente funcione como tal tierra de RF, pues eso demostraría que, en lugar de circular por la antena, esta RF circula por ese cable de tierra en el interior de nuestra estación, donde puede causar todo tipo de efectos perjudiciales.