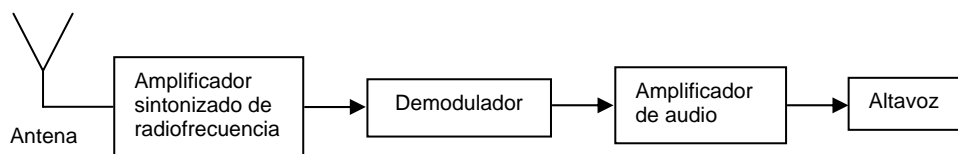


## 2.4 Receptores de radio

Básicamente un receptor debe recibir las ondas electromagnéticas de radio, convertirlas en corriente eléctrica y luego separar la información de otras componentes (portadora, ruido, otras emisiones, etc.). Se examinará a continuación las diferentes funciones que deben existir en un receptor de radio. Ante todo debe haber una antena. Las antenas tienen muchos tipos de formas y tamaños dependiendo de la frecuencia a que se debe operar y de otros parámetros. En la figura 2.37 se da el diagrama de bloques de un receptor de radio.



*Figura 2.38*

Dado que generalmente la antena recibe un gran número de emisiones es necesario seleccionar la frecuencia deseada. Esto se hace con el amplificador de radiofrecuencia (filtro paso banda sintonizable). La señal recibida suele ser de bajo nivel de potencia y debe ser amplificada antes de que llegue al demodulador, este es el motivo por el que el circuito sintonizado tiene cierta amplificación en la banda de paso. El amplificador sintonizable de radiofrecuencia puede ser realizado con varias etapas conectadas en cascada.

La información puede ahora ser detectada o en otras palabras puede ser demodulada. El tipo de demodulador dependerá de la técnica de modulación empleada. La señal resultante debe parecerse lo más posible a la moduladora del transmisor. La señal demodulada se amplifica con un amplificador de audio (si la señal es de fonía) hasta alcanzar un nivel de potencia suficiente para excitar a un altavoz. Esta descripción básica es válida no solo para receptores de AM sino para todos los tipos de receptores de radio que usen otro tipo de modulación.

Antes de explicar el receptor superheterodino es necesario comentar las desventajas de este receptor. Los problemas principales se encuentran en el amplificador de radiofrecuencia (en adelante amplificador de RF). Si este amplificador no realiza un buen filtrado no solo pasa por él la estación deseada sino también sus frecuencias adyacentes, que pasan al demodulador y distorsionarán la señal detectada. Esto indica que el amplificador solo debe dejar pasar la estación deseada y rechazar todo lo que se halle fuera de esa banda (otras estaciones, ruido e interferencias). Generalmente la frecuencia de sintonía deseada es mucho mayor que el ancho de banda de la estación lo que implica

filtros con un factor de calidad muy grande que son de difícil realización. A esta dificultad hay que añadir que la frecuencia de sintonía de este amplificador debe ser variable para poder recibir diferentes estaciones transmisoras. Estos motivos hacen que sea muy difícil implementar un amplificador sintonizado de estas características, esto fue lo que produjo la aparición del receptor superheterodino de radio.

### 2.4.1 Mezclador o conversor de frecuencia

Llegado este punto, y antes de describir el funcionamiento del receptor superheterodino se hace necesario definir lo que es un mezclador o conversor de frecuencia.

Sea una señal paso banda centrada a una cierta frecuencia  $f_R$ , como la de la figura 2.38.

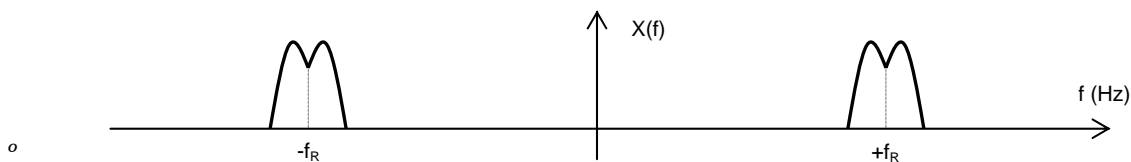


Figura 2.39

Se llama mezclador o conversor de frecuencia a un circuito que desplaza el espectro a otro valor de frecuencia (figura 2.39). Si la nueva posición es superior se ha realizado una elevación en frecuencia (*up-convert*), si es inferior una disminución en frecuencia (*down-convert*).

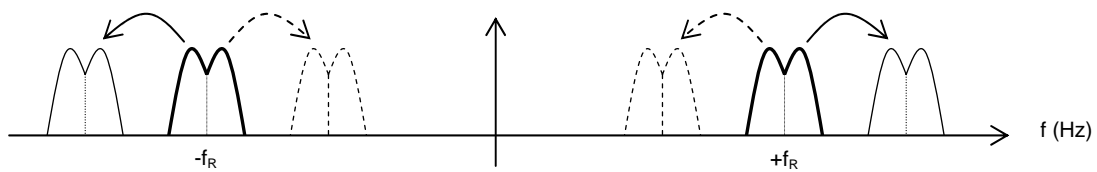


Figura 2.40

El mezclador se compone de un multiplicador al que llega la señal pasobanda y un tono proveniente de un oscilador local (figura 2.40). La salida se conecta a un filtro paso banda que selecciona el espectro deseado.

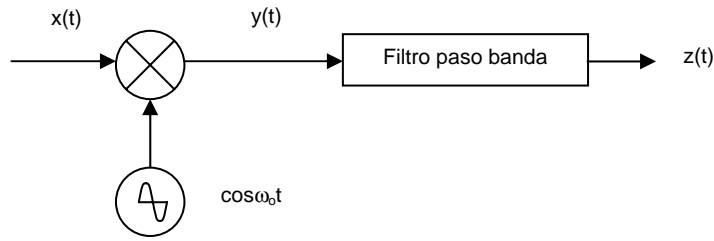


Figura 2.41

Según el teorema de la modulación el espectro de la señal  $y(t)$  viene dado por la expresión 2-63, se representa en la figura 2.41.

$$y(t) = x(t) \cos \omega_0 t \xrightarrow{\text{TF}} Y(\omega) = \frac{1}{2} [X(\omega + \omega_0) + X(\omega - \omega_0)] \quad (2-63)$$

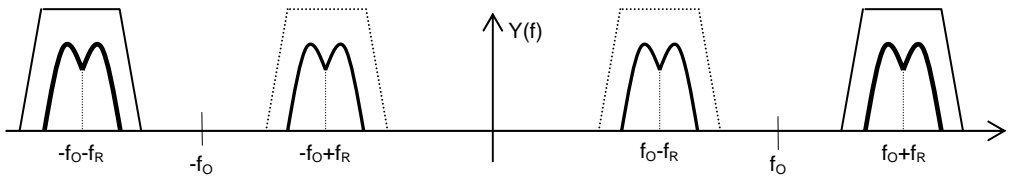


Figura 2.42

La frecuencia de salida depende de la posición del filtro (trazo continuo o discontinuo) y del valor del oscilador local. El espectro desplazado a  $f_0 + f_R$  siempre produce un aumento en frecuencia, el término centrado en  $f_0 - f_R$  puede producir un aumento o disminución en frecuencia. Debe observarse que el ancho de banda del filtro debe ser al menos el mismo que el de la señal paso banda y suficientemente pequeño para que rechace el espectro no deseado. En este caso se ha supuesto  $f_0 > f_R$ , estudie el caso en el que  $f_0 < f_R$ .

De esta forma, eligiendo el valor del oscilador y el filtro adecuado se puede desplazar el espectro de la señal pasobanda de entrada a la frecuencia deseada. Debe observarse que existen dos valores posibles del oscilador local que desplazan el espectro a la posición deseada. La arquitectura elegida fija la selectividad y pendientes del filtro.

Los mezcladores o conversores de frecuencia son circuitos muy usados en sistemas de comunicaciones por su facultad de desplazar el espectro a una determinada posición. Este circuito es parte fundamental del receptor superheterodino.

## 2.4.2 El receptor superheterodino de AM

La idea básica del receptor superheterodino es desplazar la estación deseada a una frecuencia más baja. Este desplazamiento a otra frecuencia más baja se realiza con un mezclador. Desplazado el espectro que interesa a esta nueva frecuencia (llamada frecuencia intermedia, en adelante FI) se pasa por un amplificador fijo sintonizado a esta frecuencia de forma que solo deje pasar la estación deseada. El ancho de banda de este amplificador (llamado de FI) es de 18 kHz que es suficiente para permitir el paso de la señal de AM producida por los transmisores comunes de AM. Una vez que se tenga la estación deseada a la frecuencia intermedia se realiza la demodulación de la señal, que en el caso de AM de radiodifusión será un detector de envolvente. Si se desea recibir otra estación es suficiente con poner en el oscilador local la frecuencia apropiada que desplace el espectro deseado a la FI. De esta forma la frecuencia del oscilador local debe ser variable para permitir sintonizar diferentes estaciones, pero en general es mucho más fácil construir un oscilador variable que un amplificador variable como el de la figura 2-37.

Ahora el amplificador de RF parece no ser esencial; no obstante, se incluye para aumentar el nivel de la señal que se quiere que llegue al mezclador y realizar un primer filtrado centrado en la señal deseada. Además adapta la impedancia de la antena al mezclador. El diagrama de bloques del receptor superheterodino queda como en la figura 2.42.

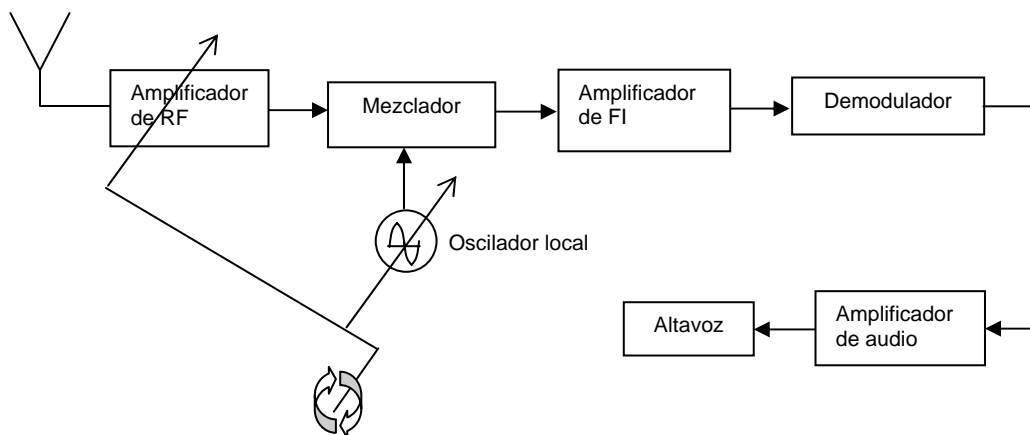


Figura 2.43

La frecuencia del oscilador local y la sintonía del amplificador de RF se gobiernan con el mismo mando. La frecuencia intermedia para receptores superheterodinos de AM de radiodifusión está normalizada y vale 455 kHz. Esta banda de radiodifusión va desde 535 kHz hasta 1.620 kHz. Se comprueba que para detectar la estación que tiene como frecuencia de portadora  $f_{RF}$ , hay dos posibles

valores de frecuencia del oscilador local ( $f_{OL}$ , expresión 2-64) que desplazan el espectro deseado a la frecuencia intermedia ( $f_{FI}$ ).

$$f_{OL} = f_{RF} \pm f_{IF} \quad (2-64)$$

Es decir, el oscilador local puede ser mayor o menor que  $f_{RF}$ .

Si se elige  $f_{OL}=f_{RF}-f_{FI}$  el oscilador local debe variar desde 80 kHz hasta 1.165 kHz, una relación entre la frecuencia mínima y máxima de aproximadamente 1/15.

Si se elige  $f_{OL}=f_{RF}+f_{FI}$  el oscilador local debe variar desde 990 kHz hasta 2.075 kHz, una relación aproximada de 1/2.

Dado que es más fácil diseñar un oscilador variable que tenga una variación en frecuencia de 1/2 que de 1/15 se toma la solución 2-65, donde  $f_{FI}$  vale 455 kHz.

$$f_{OL} = f_{RF} + f_{IF} \quad (2-65)$$

En resumen, cuando se desea demodular una estación con una cierta frecuencia de portadora ( $f_{RF}$ ) ocurren dos cosas:

- El oscilador local genera una frecuencia de  $f_{RF} + 455$  kHz.
- El amplificador de RF se sintoniza a  $f_{RF}$ , aunque su selectividad no sea demasiado grande.

A la salida del mezclador se tiene el espectro centrado en 455 kHz y puede suceder que a ambos lados queden restos de las estaciones adyacentes. El amplificador de  $f_{FI}$  es el encargado de seleccionar el espectro deseado.

**Ejemplo:** se quiere demodular la estación cuya frecuencia de portadora es 700 kHz. Entonces  $f_{OL}=700+455$  KHz=1.155 kHz, y el amplificador de RF se sintonizará a 700 kHz.

Llegado este punto se puede dibujar el diagrama de la figura 2.43.

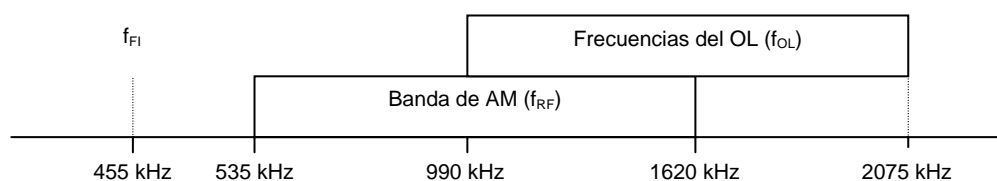


Figura 2.44

Finalmente los receptores superheterodinos suelen incluir un CAG (Control Automático de Ganancia) encargado de mantener el nivel de la señal demodulada lo más independiente posible del nivel de RF que llega al receptor.

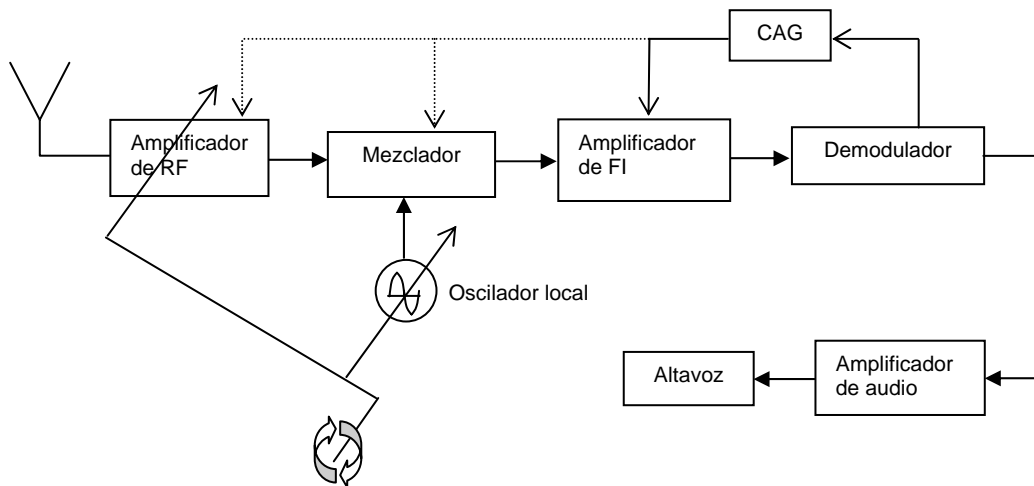


Figura 2.45

Debe pensarse que la potencia recibida de la estación deseada puede variar por cambios en el medio de propagación, o cambio de la distancia a la estación transmisora. Una disminución en el campo recibido haría disminuir el nivel de la señal demodulada (con una consecuente disminución del volumen), el CAG es el encargado de detectar esta disminución de nivel y aumentar la ganancia del amplificador de frecuencia intermedia para compensar estas pérdidas, en algunos diseños el CAG puede gobernar también la ganancia de amplificador de RF o/y la ganancia del mezclador. Por otro lado cuando detecta aumento de nivel disminuye la ganancia. De esta forma el nivel de salida se mantiene en un margen más o menos estrecho cuando se produce cierta variación del nivel de potencia de la señal de entrada al receptor.

Finalmente hay que añadir ciertas restricciones al amplificador de RF, que en principio no tenía que ser muy selectivo. Se comprueba que cuando se está detectando una estación que está a  $f_{RF}$  las componentes espectrales que se encuentran en  $f_{RF}+2f_{FI}$  si llegan a la entrada del mezclador se desplazan a la salida del mezclador a  $f_{FI}$ , superponiéndose al espectro deseado. Si esto es así la señal demodulada tendrá una fuerte distorsión provocada por la suma de este espectro indeseable. Para evitar este problema es obligatorio que el amplificador de RF rechace las frecuencias que se encuentran  $2f_{FI}$  por encima de la estación deseada, en nuestro caso  $2 \cdot 455 \text{ kHz} = 910 \text{ kHz}$ , para que no lleguen a la entrada del mezclador.

A la frecuencia  $f_{RF}+2f_{FI}$  se le llama frecuencia imagen. En la figura 2.45 se muestra la estación deseada, el valor del oscilador local, la frecuencia intermedia y la banda imagen.

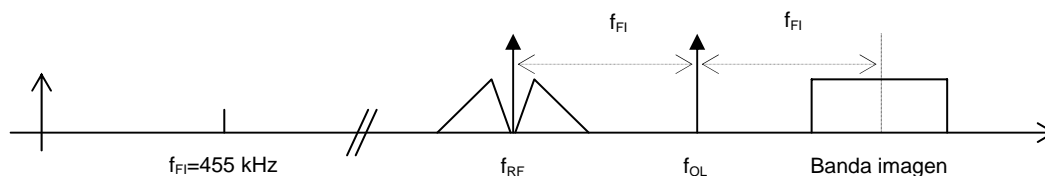


Figura 2.46

Si en el oscilador del receptor superheterodino se hubiese tomado  $f_{OL}=f_{RF}-f_{FI}$  la banda imagen estaría centrada en  $f_{RF}-2f_{FI}$ .

Este es el diagrama de bloques de un receptor superheterodino de AM. Cualquier receptor superheterodino tiene en líneas generales esta arquitectura, la principal diferencia radica en el demodulador que debe obedecer a la modulación empleada. Los amplificadores de RF y de FI se pueden implementar conectando varios en cascada hasta alcanzar las características necesarias.

La relación entre la sintonía del amplificador RF y  $f_{OL}$  se puede conseguir con dos condensadores variables con núcleo de aire montados sobre el mismo eje, uno de ellos se usa para controlar al amplificador de RF y el otro para la frecuencia del oscilador local, método que ha caído en desuso. Hoy en día estas capacidades se consiguen con diodos varicap, que ofrecen una capacidad que depende de la tensión continua aplicada en inverso entre sus terminales. Entre las técnicas más avanzadas cabe destacar los osciladores sintetizados digitalmente.

Es conveniente realizar algunos comentarios sobre el receptor superheterodino de AM:

1°. La frecuencia intermedia está fuera de la banda que se recibe. Más aún nunca se transmite a las frecuencias intermedias normalizadas (AM: 455 kHz, FM: 10,7 MHz) por que emisiones cercanas o de alta potencia se podrían acoplar a la etapa de FI distorsionando la señal deseada.

2°. El oscilador local nunca vale FI por que en ese caso se podría acoplar como interferencia en la etapa de FI.

Hay una serie de parámetros que son de gran importancia en los receptores superheterodinos:

*Sensibilidad.* Es el nivel de entrada requerido para producir una cierta potencia de audio. Mide la capacidad del receptor de recibir señales débiles y está determinada por la ganancia total del receptor.

*Selectividad.* Es la capacidad del receptor para separar estaciones adyacentes. Está determinada por el ancho de banda total del receptor. El ancho de banda del receptor depende de los anchos de banda de los tres circuitos sintonizados del receptor superheterodino: el amplificador de RF, el mezclador y la etapa de FI.

*Relación señal a ruido.* Es la relación entre la potencia de señal deseada a la salida y la potencia del ruido a la salida. Mide la pureza de la señal de salida del receptor. Para obtener una alta relación señal a ruido deben darse dos condiciones: la ganancia del receptor debe ser suficiente para producir la potencia de señal de salida adecuada y el ruido introducido por el propio receptor debe ser mínimo.

*Fidelidad.* Es la capacidad de reproducir la señal de información de forma precisa; o sea, cuanto se parece la señal de salida del receptor a la señal original. Depende principalmente de dos factores: el ancho de banda del receptor y la linealidad del detector y los amplificadores. Es la capacidad del receptor de no añadir distorsión a la señal de salida.

Para obtener buena fidelidad el ancho del receptor debe ser suficientemente grande para permitir el paso de todas las componentes de frecuencia de la señal de información. Si algunas de las componentes de frecuencia son atenuadas la fidelidad obviamente se verá reducida por el aumento de la distorsión.

Como en el procesamiento de cualquier señal de audio la linealidad de los amplificadores es importante, cualquier alinealidad provocará distorsión de la señal.