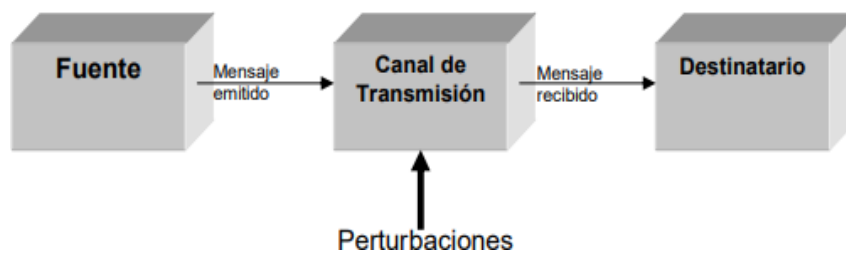


## CAPITULO III

### TRASMISIÓN POR MODULACIÓN DE AMPLITUD

#### Introducción

La modulación se realiza en el transmisor en un circuito llamado modulador, y en el receptor se demodula en un circuito llamado demodulador o detector. El objetivo de este texto es familiarizar al lector con los conceptos básicos de los transmisores de AM, describir algunos de los circuitos utilizados en los moduladores de AM y describir dos tipos diferentes de transmisores de AM.

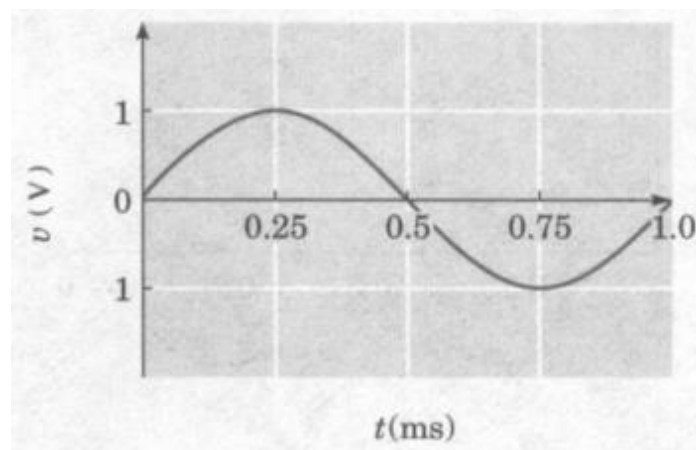


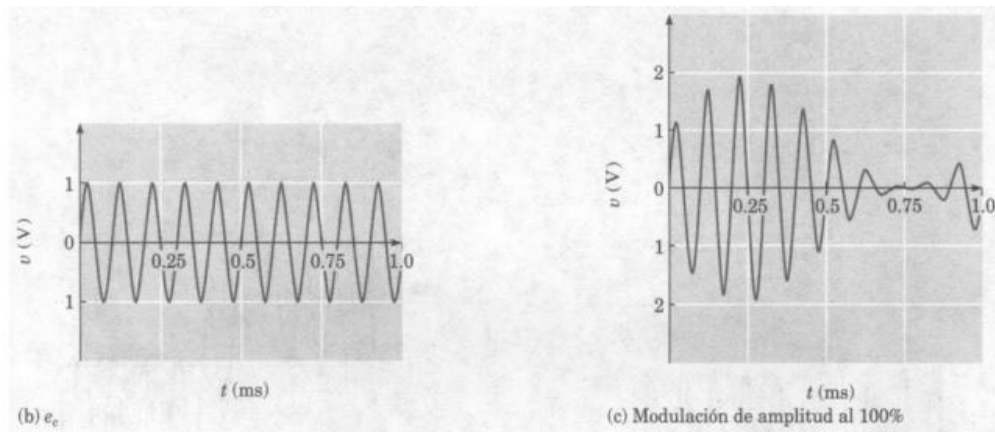
#### Características

La modulación en amplitud (AM) funciona mediante la variación de la amplitud de la señal transmitida en relación con la información que se envía. Contrastando esta con la modulación de frecuencia, en la que se varía la frecuencia, y la modulación de fase, en la que se varía la fase.

#### Envolvente de AM

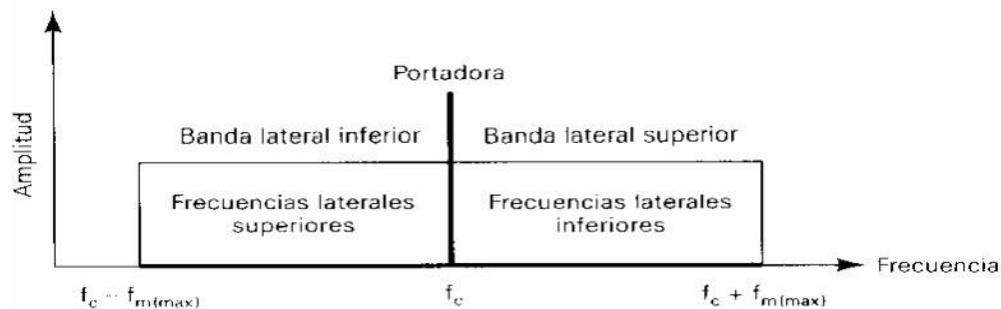
Son posibles de generar varias formas o variaciones de modulación de amplitud. Aunque matemáticamente no es la forma más sencilla, la portadora de AM de doble banda lateral (AM DSBFC) se discutirá primero, puesto que probablemente sea la forma más utilizada de la modulación de amplitud. AM DSBFC se le llama algunas veces como AM convencional. (Double Side Band Frequency Carrier)





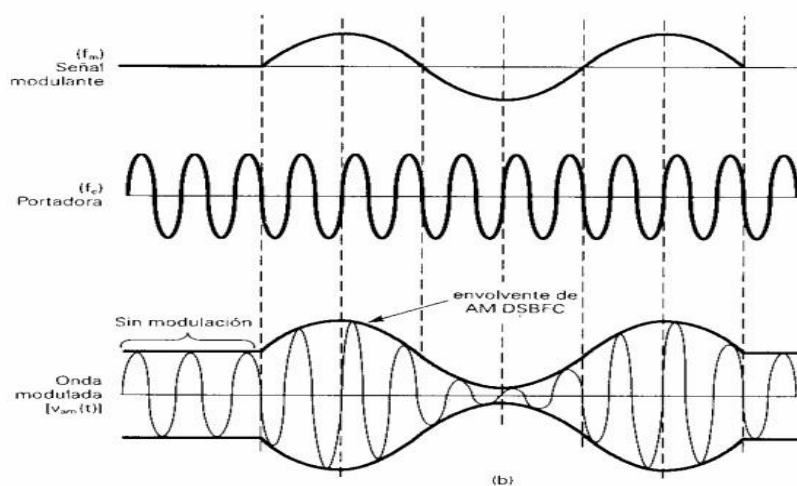
### Espectro de Frecuencias y ancho de banda AM

Las dos frecuencias laterales se combinan y producen un componente resultante que a su vez se combina con el vector de la portadora. Esta adición fasorial. Los fasores para la portadora y las frecuencias laterales superiores e inferiores giran en una dirección contraria a las manecillas del reloj.



**Figura 3-2** Espectro de frecuencia de una onda AM DSBFC.

representaciones en el dominio de la frecuencia para la modulación de amplitud



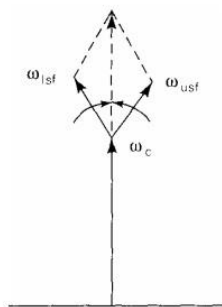
**Figura 3-1** Generación de AM: (a) modulador de AM DSBFC; (b) produciendo una envolvente de AM DSBFC —en el dominio de tiempo.

suma lineal de las dos señales. La señal de AM no tiene componente en la frecuencia moduladora: toda la información se transmite a frecuencias cercanas a la de la portadora.

### Presentación fasorial de una onda de amplitud modulada

Para una señal modulante de frecuencia única, se produce una envolvente de AM a partir del vector suma de la portadora y de las frecuencias laterales superiores e inferiores. Las dos frecuencias laterales se combinan y producen un componente resultante que a su vez se combina con el vector de la portadora.

#### Adición fasorial

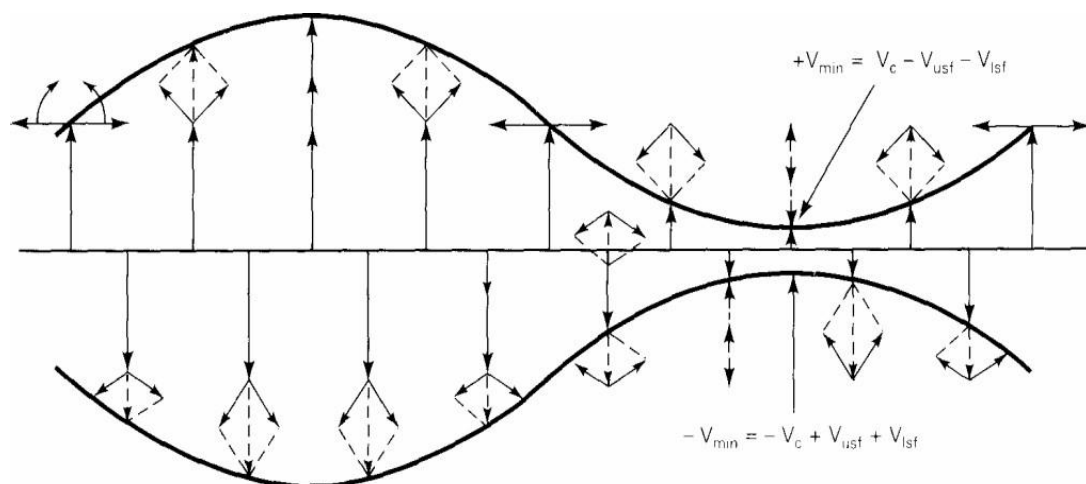


$V_{usf}$  = voltaje de la frecuencia lateral superior

$V_{isf}$  = voltaje de la frecuencia lateral inferior

$V_c$  = voltaje de la portadora

$$+ V_{\max} = V_c + V_{usf} + V_{isf}$$



La adición fasorial en una envolvente de AM DS13FC:  
 (a) adición fasorial de la portadora y las frecuencias laterales superior e inferior; (b) adición fasorial produciendo una envolvente de AM.

## Coeficiente de modulación

Coeficiente de modulación es un término utilizado para describir la cantidad de cambio de amplitud (modulación) presente en una forma de una onda de AM. El porcentaje de modulación es simplemente el coeficiente de modulación establecido como un porcentaje. Más específico, el porcentaje de modulación proporciona el cambio de porcentaje en la amplitud de la onda de salida cuando está actuando sobre la portadora por una señal modulante. Matemáticamente, el coeficiente de modulación es:

$$m = \frac{E_m}{E_c}$$

en donde  $m$  = coeficiente de modulación (sin unidad)  
 $E_m$  = cambio pico en la amplitud del voltaje de la forma de onda de salida (volts)  $E_c$  = amplitud pico del voltaje de la portadora no modulada (volts) La ecuación 3-1 puede rearrreglarse para resolver a  $E_m$  y  $E_c$  como

$$E_m = mE_c$$

el porcentaje de modulación ( $M$ ) es

$$M = E_m/E_c \times 100$$

## Distribución de voltaje en una señal de Am

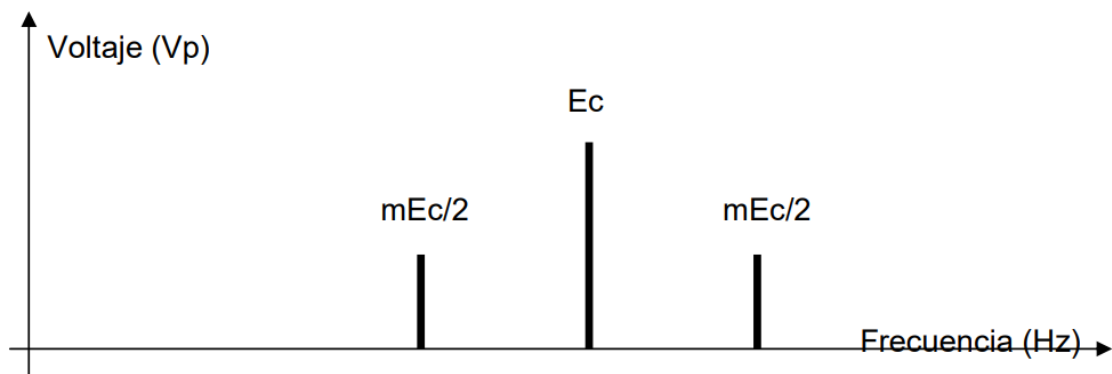
Una portadora no modulada puede describirse matemáticamente como

$$V_c(t) = E_c \sin(2\pi f_c t)$$

en donde

$V_c(t)$  = forma de onda de voltaje de tiempo variante para la portadora  $E$  = amplitud pico de la portadora (volts)

$f_c$  = frecuencia de la portadora (hertz)



Espectro de voltaje para una onda AM DSBFC

### Distribución de potencia AM

La potencia es importante en cualquier esquema de comunicaciones debido a que la crucial relación señal a ruido en el receptor, depende mucho de que sea grande la potencia de la señal como de que sea pequeña la potencia del ruido. Sin embargo, la potencia que es más importante no es la potencia de señal total sino sólo la porción que se utiliza para transmitir información. Puesto que la portadora en una señal de AM permanece sin cambio con la modulación, no contiene información. Su única función es ayudar a demodular la señal en el receptor. Esto hace que en AM se desperdicie potencia, en comparación con otros esquemas de modulación que se describirán después.

Matemáticamente, para una onda sinusoidal la potencia de la portadora no modulada se expresa como

$$P_c = \frac{\left(\frac{E_c}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} = \frac{E_c^2}{2R}$$

en donde  $P_c$  = potencia de la portadora (watts)

$E_c$  = voltaje pico de la portadora (volts)  $R$  = resistencia de carga (ohms)

Las potencias de las bandas laterales superiores e inferiores se expresan matemáticamente como

$$P_{usb} = P_{isb} = \frac{m^2 P_c}{4}$$

## Modulación con una señal Compleja de información

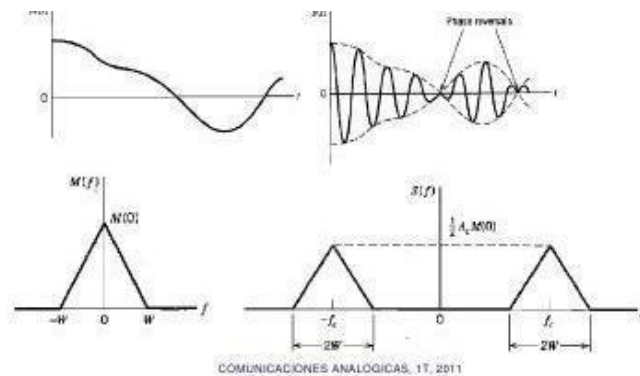
Si una señal modulante contiene dos frecuencias ( $f_{m1}$  y  $f_{m2}$ ), la onda modulada contendrá la portadora y dos conjuntos de frecuencias laterales espaciadas simétricamente sobre la portadora. Dicha onda puede escribirse como

$$V_{am}(t) = \sin(2\pi f_c t) + \frac{1}{2} \cos [2\pi(f_c - f_{m1})t] - \frac{1}{2} \cos [2\pi(f_c + f_{m1})t] + \\ + \frac{1}{2} \cos [2\pi(f_c - f_{m2})t] - \frac{1}{2} \cos [2\pi(f_c + f_{m2})t]$$

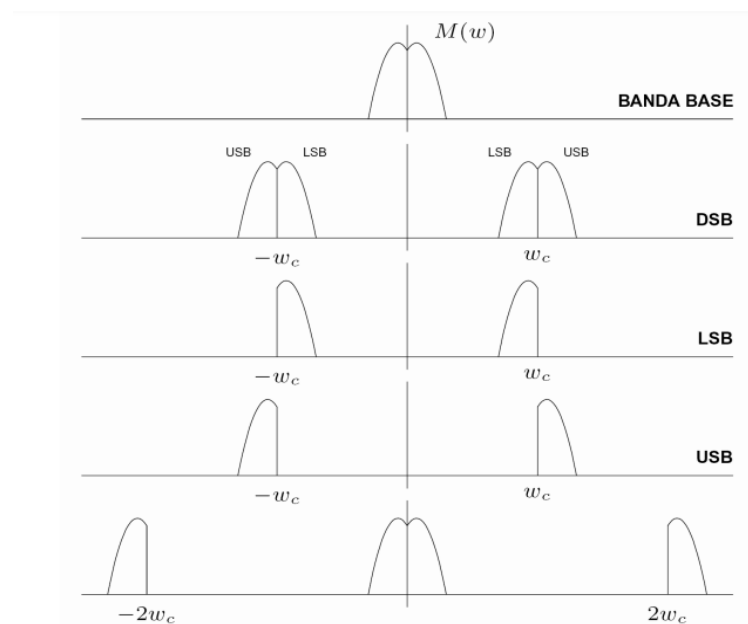
## Tipos de modulación AM

- **Modulación AM DBS-SC**

La señal modulada DBS-SC en el transmisor. La complejidad del sistema resultante es el precio que debe pagarse por suprimir la onda portadora para ahorrar potencia en el transmisor.



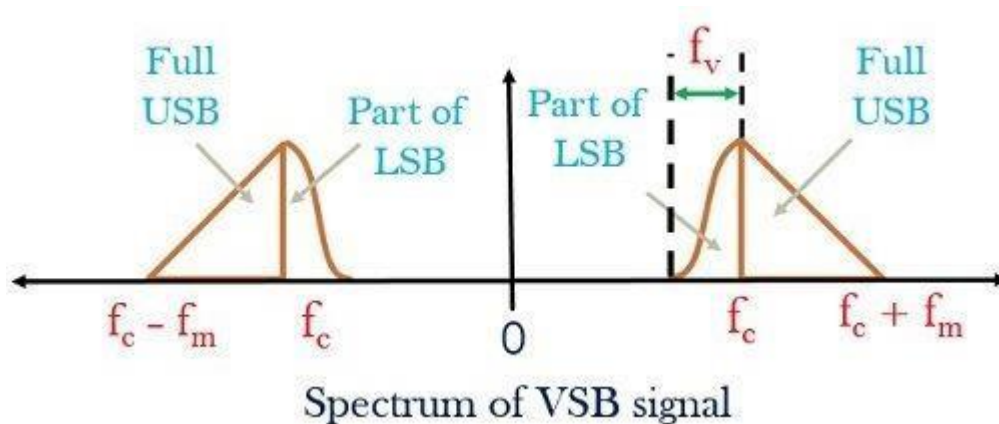
- **Modulación AM SSB**



- **Modulación AM VSB**

Una señal VSB es relativamente fácil de generar y únicamente tiene un ancho de banda algo superior (entre un 12 % o un 25 %) superior al de SSB.

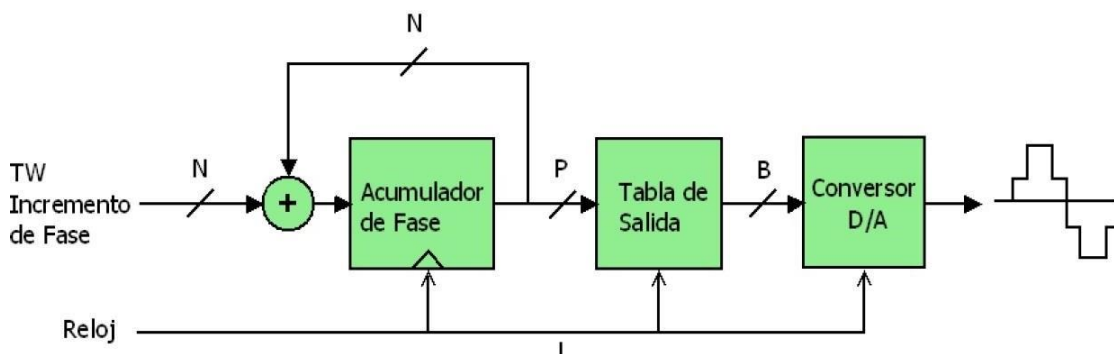
$$\Phi_{VSB}(\omega) = [M(\omega + \omega_c) + M(\omega - \omega_c)]H(\omega)$$



### Modulador Local

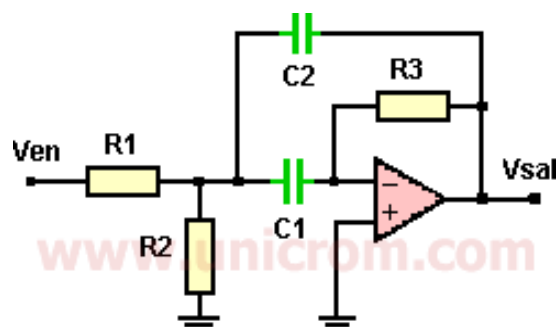
- **Oscilador Local**

Un oscilador local es un oscilador electrónico utilizado para generar una señal, normalmente con el propósito de convertir una señal de interés a una frecuencia diferente usando un mezclador.

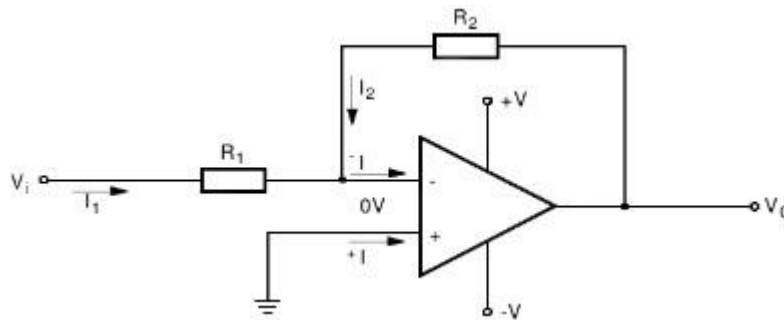


- **Circuito preamplificador y filtro**

$$f_o = 1/[2\pi C \times (R3R)^{1/2}]$$



- **Mezclador por multiplicación analógica**



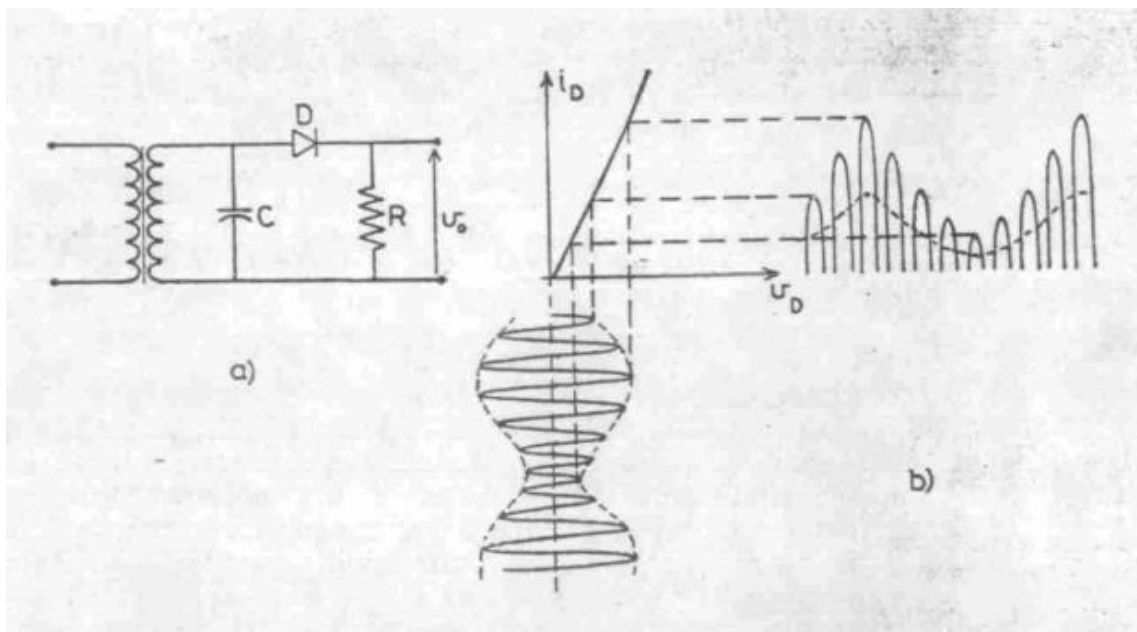
## Demodulación AM

El término demodulación engloba el conjunto de técnicas utilizadas para recuperar la información transportada por una onda portadora, que en el extremo transmisor fue modulada con dicha información. En telecomunicaciones, este término es el opuesto a modulación.

### Tipos

- **Detector por diodo detector de pico**

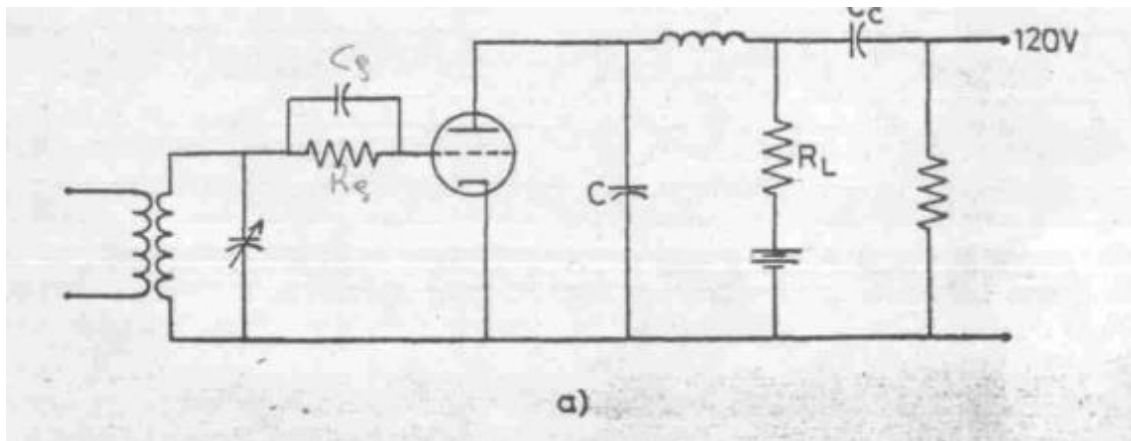
Nos basamos en el cambiador de nivel y le vamos a añadir un rectificador de media onda con filtro por condensador.



- **Detector por resistencia de rejilla**

El detector por escape de rejilla actúa como detector de a diodo combinado con un triodo amplificador.

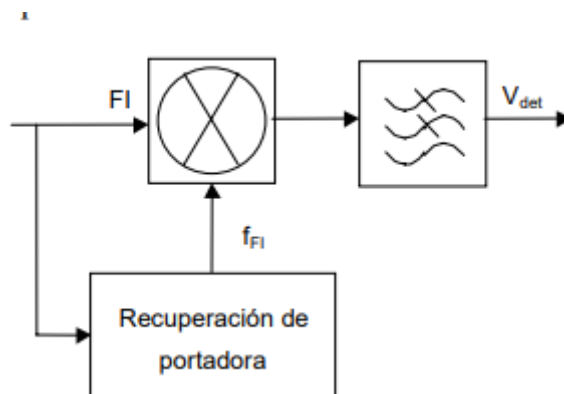




- **Detector con detector coherente**

La detección coherente se obtiene al multiplicar la señal modulada por un tono de la misma frecuencia y fase que la portadora y extraer, mediante filtrado, la señal de banda base resultante. Se puede demostrar fácilmente que la señal obtenida a la salida de este circuito es la señal moduladora

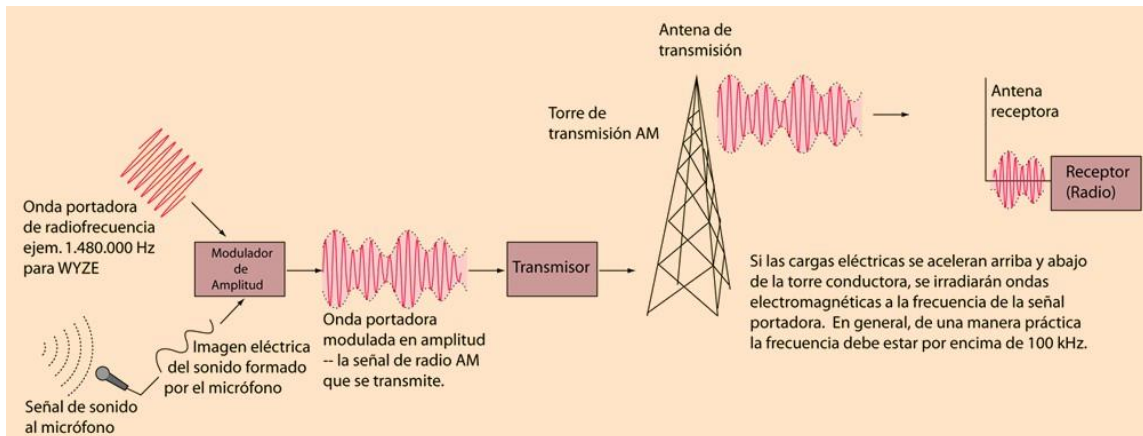
$$v_o(t) = A \cdot \cos(\omega_o t)$$



### Parámetros Técnicos de la comunicación por modulación AM

APARTADO	BANDA (MHz)	CAPACIDAD Int. canales telefónicos	Anchura de Banda de Referencia (MHz)	U.T.R. por cada frecuencia asignada en transmisión
1.14.a)2.24.	16500 - 16680	Compatible con la canalización del Informe 607-4 CCR	7,000	1,00
1.14.a)2.25.	16700 - 16780	1020	40,000	1,000
1.14.a)2.26.	12750 - 13250	120/480	7,000	4,000
1.14.a)2.27.	14500 - 15350	30 (2 Mb/s)	2,000	0,36
1.14.a)2.28.	14500 - 15350	120 (8 Mb/s)	2,000	1,26
1.14.a)2.29.	14500 - 15350	240 (2x8 Mb/s)	2,000	2,52
1.14.a)2.30.	14500 - 15350	480 (34 Mb/s)	2,000	5,04
1.14.a)2.31.	17700 - 16700	Equivalentes hasta 10 Mb/s	20,000	0,36
1.14.a)2.32.	17700 - 16700	480 (34 Mb/s)	20,000	0,50

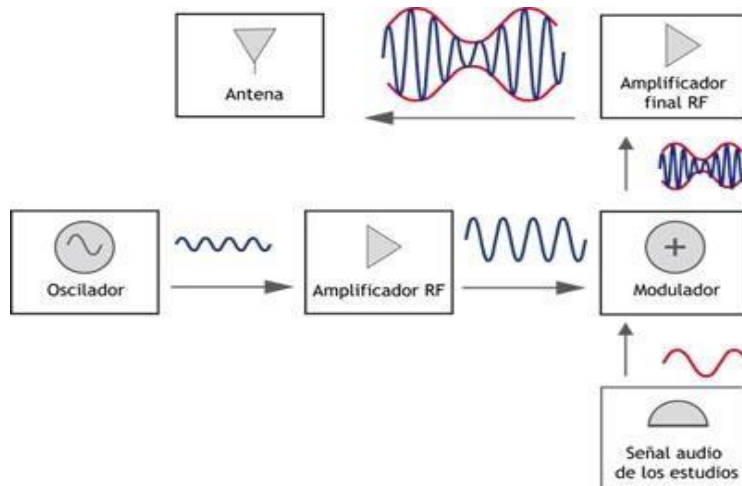
## Trasmisión AM



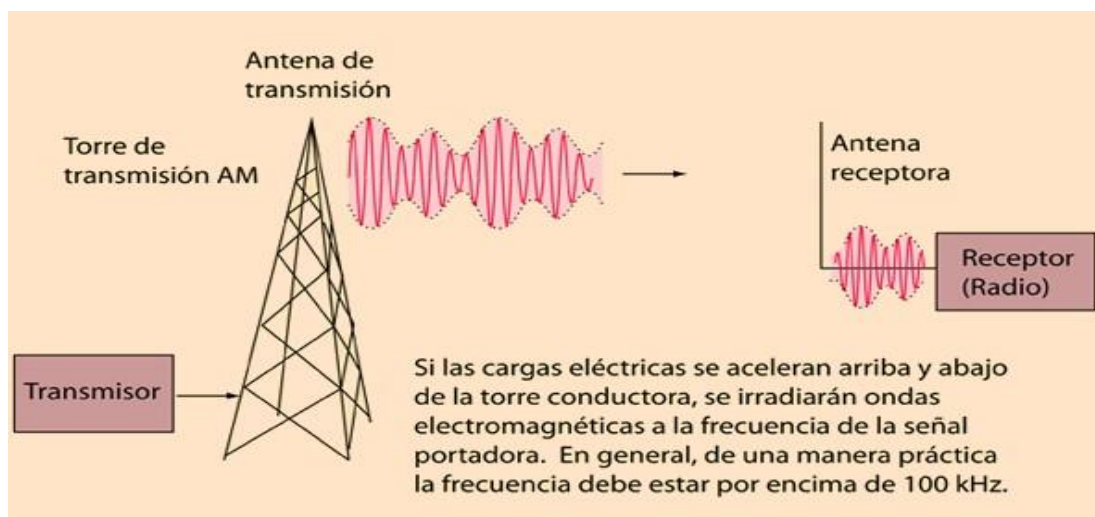
## Transmisor

Los transmisores, también denominados transductores, sirven para convertir las magnitudes físicas clásicas en una señal eléctrica

### Funcionamiento básico

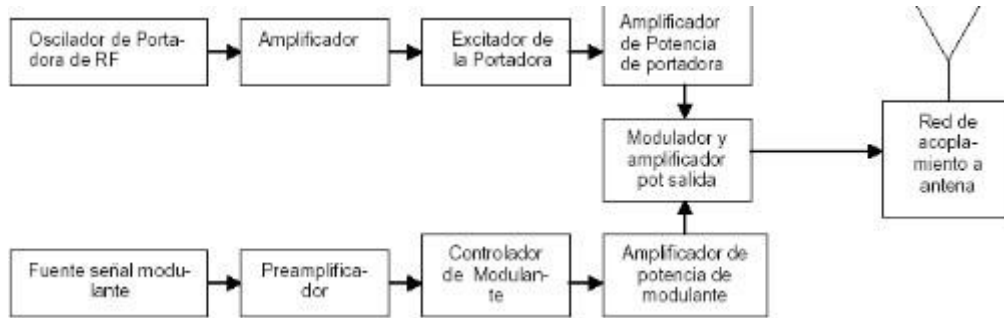


## Etapas



## Tipos de transmisión AM

- Transmisión DBB-FC



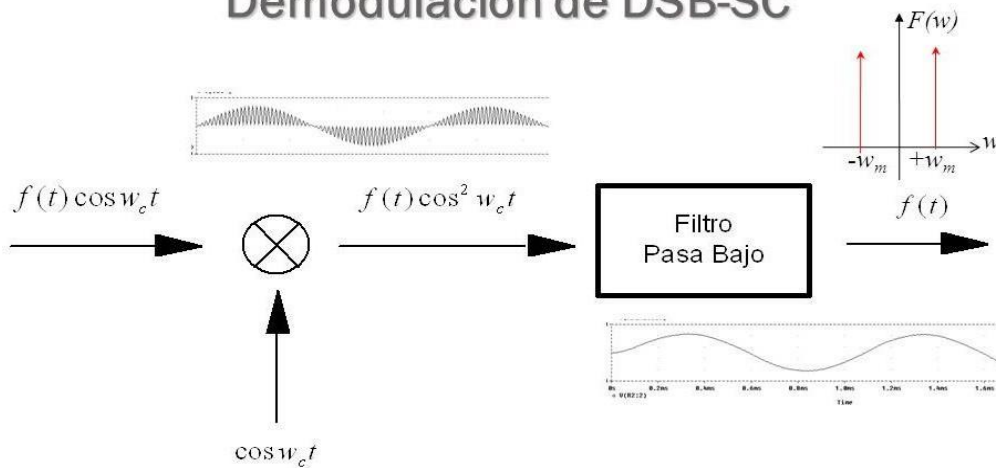
- Transmisores de bajo nivel



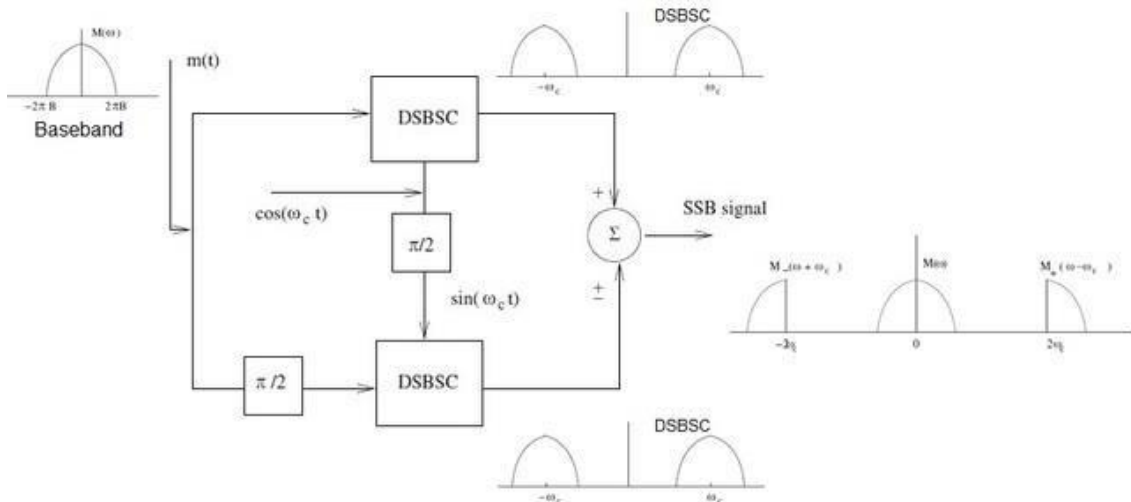
## Transmisores de alto nivel

- Transmisor DSB-SC

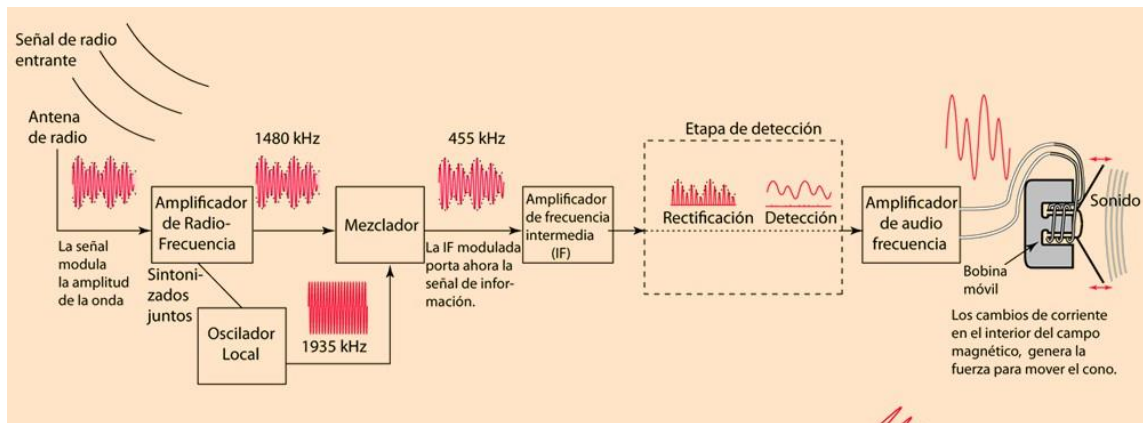
### Demodulación de DSB-SC



- Transmisor SSB-SC



## Receptor de Radio AM



## Bibliografía

- [1] Universidad Nacional Autónoma de México, Diseño e implementación de un transmisor AM, FM y ATSC en plataformas reconfigurables, UNAM, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/10181/3/Tesis.pdf>
- 1
- [2] UTN Facultad Regional Córdoba, Transmisión de Modulación de Amplitud, Departamento de Electrónica Aplicada III. [En línea]. Disponible en: <https://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/electronicaaplicadaiii/Aplicada/Cap03ModulacionAM1.pdf>
- 2
- [3] IPSTORE Telecomunicaciones, "Tipos de Modulación en Telecomunicaciones: AM y FM Explicadas en Detalle," Blog IPSTORE, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ipstore.cl/blogs/telecomunicaciones/modulacion-en-telecomunicaciones-am-y-fm-explicadas-en-detalle>