



Práctica 3: MODULACIONES LINEALES

SANCHEZ BRITO GERSON ALEXANDER - 2192987
ABELLO PLATA ARMAN YERLAITH - 2201523

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones
Universidad Industrial de Santander

7 de noviembre de 2023

Resumen

Las modulaciones AM son una de las modulaciones más sencillas y más utilizadas que existen hoy en día al momento de enviar información en un canal. Sin embargo, se presentan una serie de limitantes. Por lo tanto, desde la teoría y la práctica se ponen en comparación los tipos de modulación AM y SSB (Single Side Band) con el fin de profundizar en los pros y contras de estos tipos de modulaciones y los efectos que estos tipos de modulaciones le hacen a las señales que estamos estudiando.

Palabras clave: índice de modulación, eficiencia, potencia

1. Introducción

Históricamente la modulación en amplitud tuvo gran importancia en la forma de comunicarse, debido a las características de este modo de modulación, permitiendo mejorar la calidad de la señal y aumentando la distancia a la que se puede transmitir la señal. [1]

Estas señales tienen una gran facilidad al analizarse al analizarse tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia debido a que, en el caso del dominio del tiempo las señales moduladas en amplitud nos permite hallar de forma sencilla el índice de modulación y la frecuencia del mensaje, y al usar el osciloscopio para realizar dicho análisis, se adquiere competencia en el manejo de la medición de amplitud y frecuencia de una señal.[2]

En el caso del dominio de la frecuencia nos permite identificar la frecuencia portadora y las bandas laterales, así como también nos permite medir al ancho de banda y detectar interferencias en la señal, facilitando el análisis de la señal, a través de esto, al usar el analizador de espectros para medir en frecuencia se adquieren las habilidades y la comprensión para comprobar el estado de

la señal, así como también garantizar el funcionamiento de sistemas de transmisión AM.[3]

Una vez mencionado esto se tiene que tener en cuenta los principales parámetros que se pueden medir en cualquier tipo de señal modulada linealmente las cuales son: el índice de modulación, la frecuencia del mensaje, la potencia de la señal portadora y la potencia de la banda lateral, pero para observar estos parámetros se tiene que tener unas consideraciones mínimas para poder medir dichos parámetros, los cuales son ajustar el RBW a 30 Hz, el SPAN en 100kHz y ajustar la frecuencia central de la señal, es decir, ajustar la frecuencia central en la frecuencia de la portadora.

2. Procedimiento

Para medir el índice de modulación. En primer lugar, se ubicaron dos marcadores tipo M en el espectro de la portadora y en una de las bandas laterales del mensaje. Finalmente, se ubicó un tercer marcador tipo D en la banda restante para así obtener el N_{dB} como se muestra en la figura 1

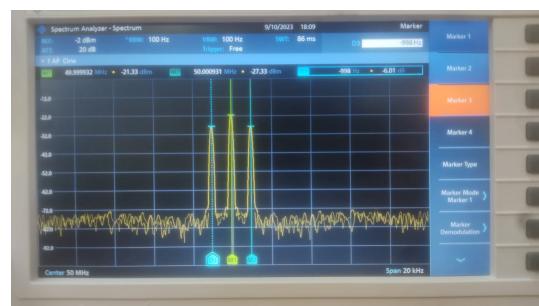


Fig. 1: Espectro de la señal modulada

y usando la ecuación 1 se despeja el índice de modulación m de la señal modulada.



$$N_{\text{dB}} = 20 \log_{10} \left(\frac{m}{2} \right) \quad (1)$$

Por otro lado, para medir el índice de modulación en amplitud se utilizaron los marcadores de este instrumento de medición en los valores máximos y mínimos visualizados en la señal de la señal modulada como se muestra en la figura 2.

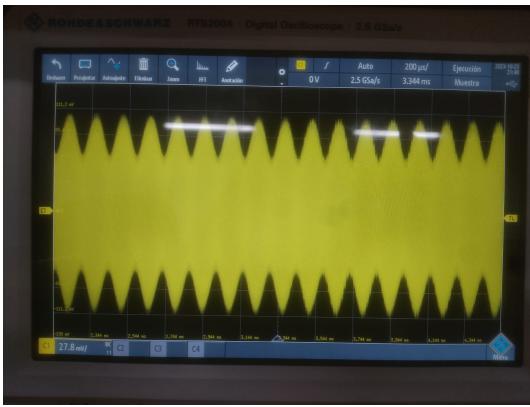


Fig. 2: Señal modulada en el dominio del tiempo

Del estudio de la modulacion AM de una señal seno se tomaron los datos de potencia total medida en [μW] y se hizo el calculo de eficiencia η para cada uno de los casos al ir variando el coeficiente de sensibilidad k_a como se observa en la tabla 1.

A_c	k_a	A_m	Offset	μ	P_T	P_c	η
0.25	1	1	0	1	22	14.64	0.33
0.25	0.5	1	0	0.5	16.5	14.64	0.11
0.25	1.5	1	0	1.5	31	14.54	0.53

Tab. 1: Datos tomados modulacion AM

La modulación SSB, es un tipo de modulación lineal que consiste en transmitir una de las bandas laterales de la señal mensaje y gracias a esto se debe su principal atractivo esta al transmitir una parte del ancho de banda su densidad espectral de potencia es menor y por lo consiguiente su consumo de potencia también es menor. como se muestra en la figura 3 el ancho de banda de una señal cuadrada con modulación SSB



Fig. 3: Espectro señal cuadrada con modulación SSB



Fig. 4: Señal cuadrada con modulación SSB

Sin embargo, al transmitir una señal seno en banda superior sin portadora al momento de observarla en el osciloscopio se obtuvo la figura 5 con muchas interferencias y susceptible al ruido por lo tanto la mayor limitante que tiene este tipo de modulación es cuando no esta presente la portadora.

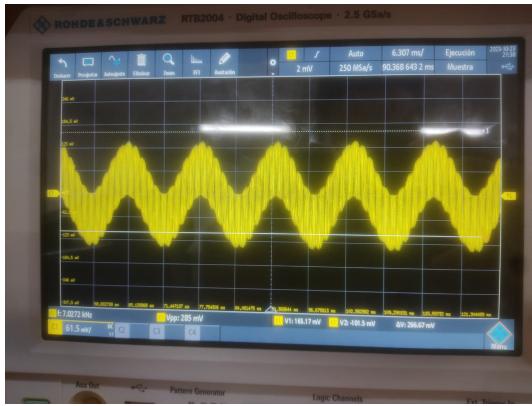


Fig. 5: Modulación SSB coseno sin portadora

Por otro lado, se analizo el índice de modulación en una señal de audio para lo cual se utilizo la ecuación 2 donde k_a es el coeficiente de sensibilidad en amplitud. Para lo cual, usando GNU radio se estudio la señal de audio y se encontró el valor máximo de esta señal como se muestra en la figura 6 obteniendo un valor máximo de 0.857.

$$\mu = \max|k_a m(t)| \quad (2)$$

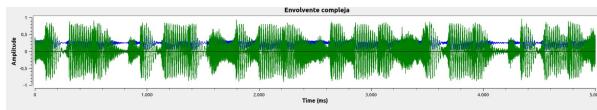


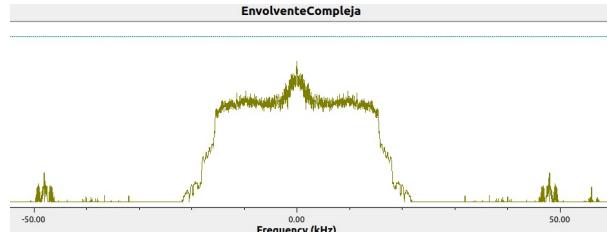
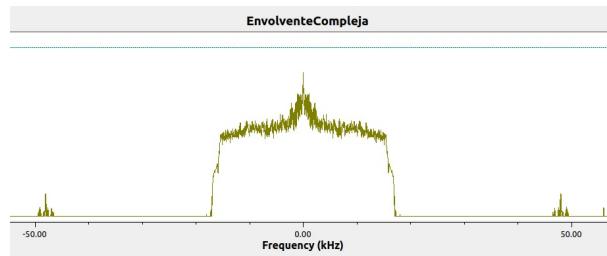
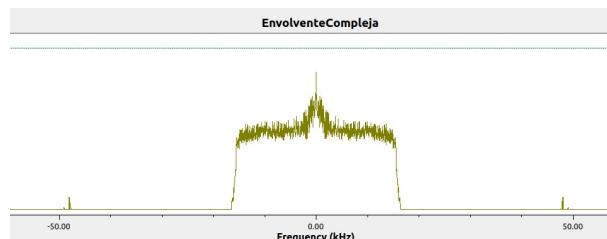
Fig. 6: Comportamiento señal de audio

Por lo tanto, al ir variando el índice de modulación según el coeficiente de sensibilidad en amplitud se obtuvieron los siguientes índices de modulación como se observa en la tabla 2

$\max m(t) $	k_a	μ
0.857	2	1.714
0.857	1	0.857
0.857	0.5	0.4285

Tab. 2: Índice de modulación variando k_a

Finalmente, se analizo el espectro del audio variando el coeficiente de sensibilidad para ver como variaba el indice de modulacion como se observa en las figuras a continuación.

Fig. 7: Espectro señal modulada con $k_a = 2.0$ Fig. 8: Espectro señal modulada con $k_a = 1.0$ Fig. 9: Espectro señal modulada con $k_a = 0.5$

La portadora juega un papel muy importante al momento de demodular como se puedo observar en la figura 5 de una señal SSB-SC que al ser tan susceptible a interferencias es complicada de visualizar incluso para el osciloscopio. en consecuencia, requiriendo de mayores recursos para poder demodular este tipo de señal.

Característica	AM	SSB
Ancho de banda	2B	B
Potencia	Baja	Alta
Susceptible al ruido	Baja	Alta
Complejidad de demodular	Simple	Compleja

Tab. 3: Comparación entre AM y SSB



3. Conclusiones

- Se pudo comprobar como el índice de modulación afecta al espectro de la señal modulada tanto en la señal de audio como en la señal coseno generada en GNU radio. Observando que como al ir aumentando este índice de modulación aumentaba el espectro y por consiguiente aumentaba la potencia de las bandas laterales
- Se observó como el índice de modulación esta estrechamente relacionado con la eficiencia del mensaje en una señal de tipo coseno o como se menciono desde la parte teoría de la asignatura un tono puro.
- Se pudo comprobar la gran importancia de la portadora y como es una de las mayores limitantes de la modulación SSB-SC al momento de recuperar la información transmitida. sin embargo, esto es fá-

cilmente solucionable agregando la portadora a una de las banda.

- Por otro lado, al enviar solo una de las bandas del mensaje reduce su consumo de potencia y mejorando la eficiencia del sistema.

Referencias

- [1] J. R. Pierce and A. M. Noll, *Señales: Ciencia de la Telecomunicación*. Reverte, 1 1995.
- [2] “IEEE Xplore Wrapper Result.” [Online]. Available: <http://web.archive.org/web/20080102101819/http://ieeexplore.ieee.org/search/wrapper.jsp?arnumber=1686149>
- [3] J. G. Proakis and M. Salehi, *Communication Systems Engineering*, 1 2002.