

Principios de Comunicaciones

Tarea 3

Integrantes: Jean Cherubini F.
Profesores: César Azurdia M.
Auxiliares: Alejandro Cuevas
Sandy Bolufe
Ayudante: Nicolás Ortega
Fecha de entrega: Monday 4th June, 2018
Santiago, Chile

Problema 1

El ancho de banda necesario para transmitir cualquiera de estas 4 modulaciones será de 10 [kHz], pues siempre es el doble del ancho de banda de la señal moduladora que en este caso es 5 [kHz]. El ancho de banda de la señal modulada en DSB-SC y DSB-LC no depende de la frecuencia de la señal portadora.

Problema 2

A.-

Para una potencia en la portadora P_c se tiene que la potencia en la carga P_t para distintos valores de índice de modulación m corresponde a lo mostrado en la ecuación 1.

$$P_t = P_c + \frac{m^2}{2} \cdot P_c \quad (1)$$

Por lo tanto, las potencias para distintos índices de modulación son:

- $m=0.25$:

$$40 \text{ kW} + \frac{0.25^2}{2} \cdot 40 \text{ kW} = 41.25 \text{ kW}$$

- $m=0.5$:

$$40 \text{ kW} + \frac{0.5^2}{2} \cdot 40 \text{ kW} = 45 \text{ kW}$$

- $m=0.75$:

$$40 \text{ kW} + \frac{0.75^2}{2} \cdot 40 \text{ kW} = 51.25 \text{ kW}$$

- $m=0.95$:

$$40 \text{ kW} + \frac{0.95^2}{2} \cdot 40 \text{ kW} = 58.05 \text{ kW}$$

B.-

Es claro que, siguiendo la Ecuación 1, al aumentar el índice de modulación la potencia total P_t aumentará considerablemente, pues es una curva cuadrática. Se puede observar como esta potencia aumenta en la Figura 1.

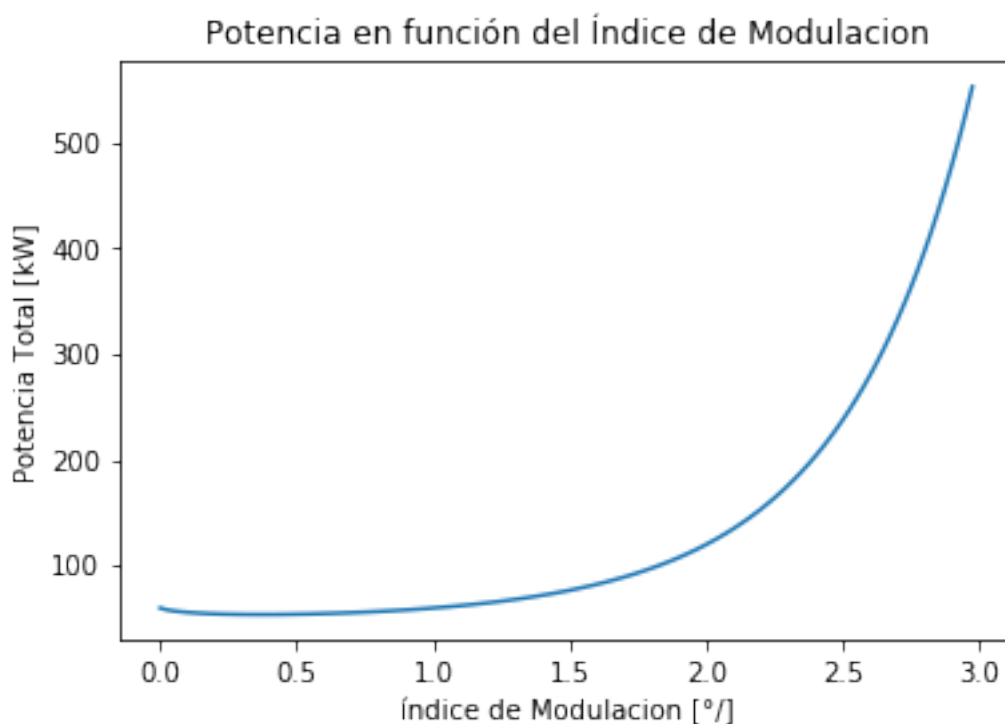


Figura 1: Potencia en función de Índice de Modulación

C.-

Si el índice de modulación es mayor a 1, es decir, la amplitud de la señal moduladora es mayor que la amplitud de la señal portadora, la señal modulada resultante estará sobremodulada, lo que significa que al ser enviada estará mal codificada y no podrá ser demodulada correctamente, imposibilitando la recuperación de la señal moduladora (o información) que se quería enviar en un principio.

Problema 3

A.-

Si se tiene una función $f(t)$ es modulada con una señal portadora de tipo $\cos(w_c t)$ para obtener una modulación de tipo doble banda lateral con portadora suprimida, se obtiene $f(t) \cdot \cos(w_c t)$, mostrada en la figura. Si se hace la transformada de fourier para encontrar el espectro de potencia se obtiene lo mostrado en la Ecuación 2.

$$\begin{aligned} \mathcal{F}(f(t) \cdot \cos(w_c t)) &= F(w) * \left(\frac{\delta(w - w_c)}{2} + \frac{\delta(w + w_c)}{2} \right) \\ &= \frac{F(w - w_c)}{2} + \frac{F(w + w_c)}{2} \end{aligned} \quad (2)$$

Esto indica que la potencia se divide a la mitad al ser modulada, y que existe un traslado del

centro del espectro de frecuencia de la función original $f(t)$ ($0 [Hz]$) hacia la frecuencia de la señal portadora w_c , con un ancho de $2 \cdot w_m$, considerando w_m la frecuencia máxima del espectro de f_t (Además, puede considerarse w_m como el ancho de banda de la señal original). Es por esto que se le llama de dos bandas, y es por este motivo es que el ancho de banda se duplica, pues ahora la información original (onda moduladora entre 0 y w_m) puede ser encontrada dos veces, pero ahora centrada en $w_c + \frac{w_m}{2}$ (banda lateral superior) y en $w_c - \frac{w_m}{2}$ (banda lateral inferior)

Para mostrar esto, se realizó una experimentación utilizando *python*, generando una función moduladora $f(t)$ utilizando lo mostrado en la Ecuación 3, una señal portadora $c(t)$ sinusoidal de 1000 $[Hz]$, mostrada en la Ecuación 4. Ambas pueden ser apreciadas (parcialmente, no completas) en la Figura 2. Teniendo esto, se realizó la modulación utilizando la Ecuación 2 obteniendo la señal mostrada en la figura 3.

Se continuó con el análisis de *python* en el cual calculó y graficó el espectro de potencias de la señal moduladora y modulada. Se puede observar que la potencia disminuyó al ocurrir la modulación pero como es una escala logarítmica no resulta tan obvio cuando es la diferencia, por lo tanto, se calculó el promedio. Esto resultó en un total de 27.798 $[V^2]$ para la señal moduladora y 13.899 $[V^2]$ para la señal modulada, por lo que se puede afirmar que la potencia de la señal modulada es exactamente la mitad de lo original.

$$f(t) = \sum_{f_i=50 \text{ Hz}}^{100 \text{ Hz}} \cos(2\pi \cdot f_i \cdot t) \quad (3)$$

$$c(t) = \cos(2\pi \cdot 1000 \cdot t) \quad (4)$$

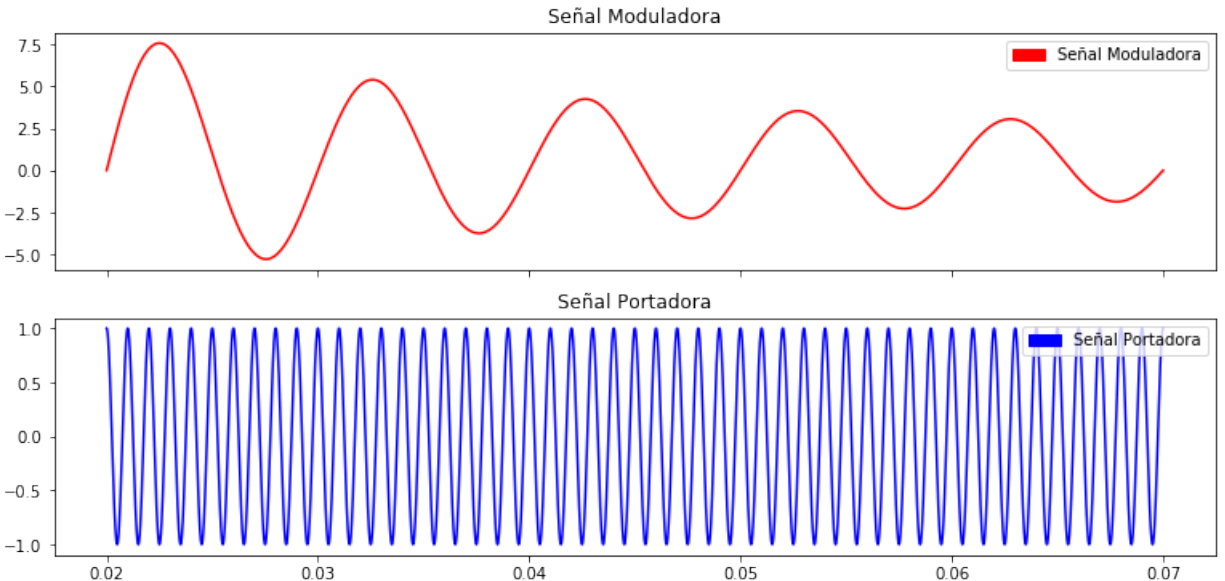


Figura 2: Fragmentos de Señales Moduladora y Portadora

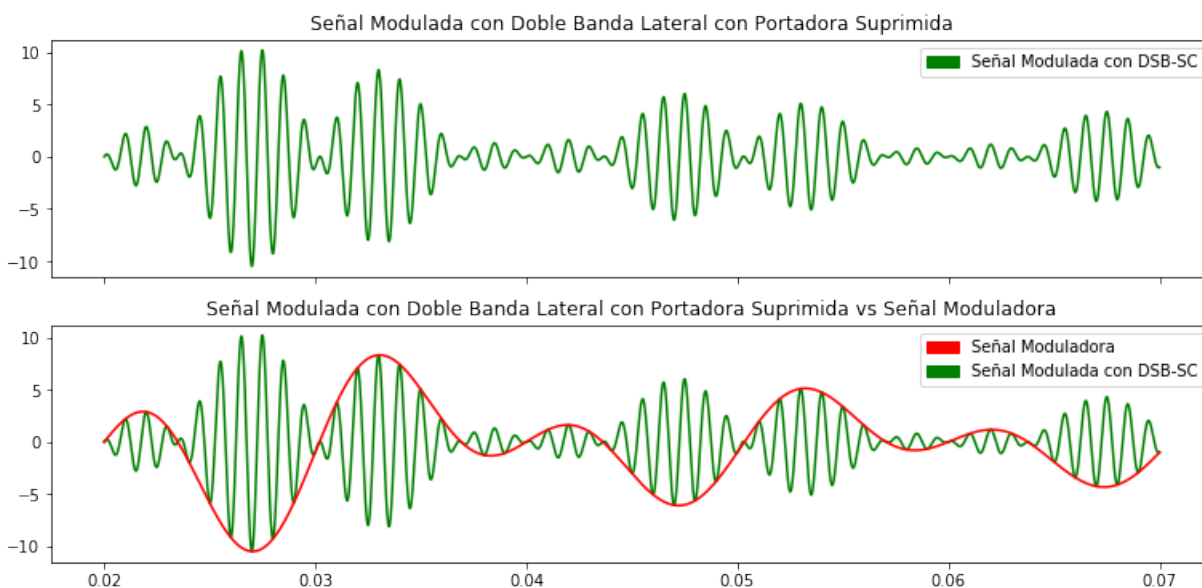


Figura 3: Señal Modulada con DSB-SC

B.-

Como se dijo anteriormente, se presenta el espectro de potencia para ambas señales, los cuales se pueden apreciar en la Figura 4. Es claro que la señal moduladora tiene un ancho de banda original de $100 [Hz]$ (entre 0 y $100 [Hz]$), y que éste se duplica al ser modulada pues se tiene ahora un ancho de $200 [Hz]$ en total (100 entre 900 y $1000 [Hz]$ y 100 entre 1000 y $1100 [Hz]$).

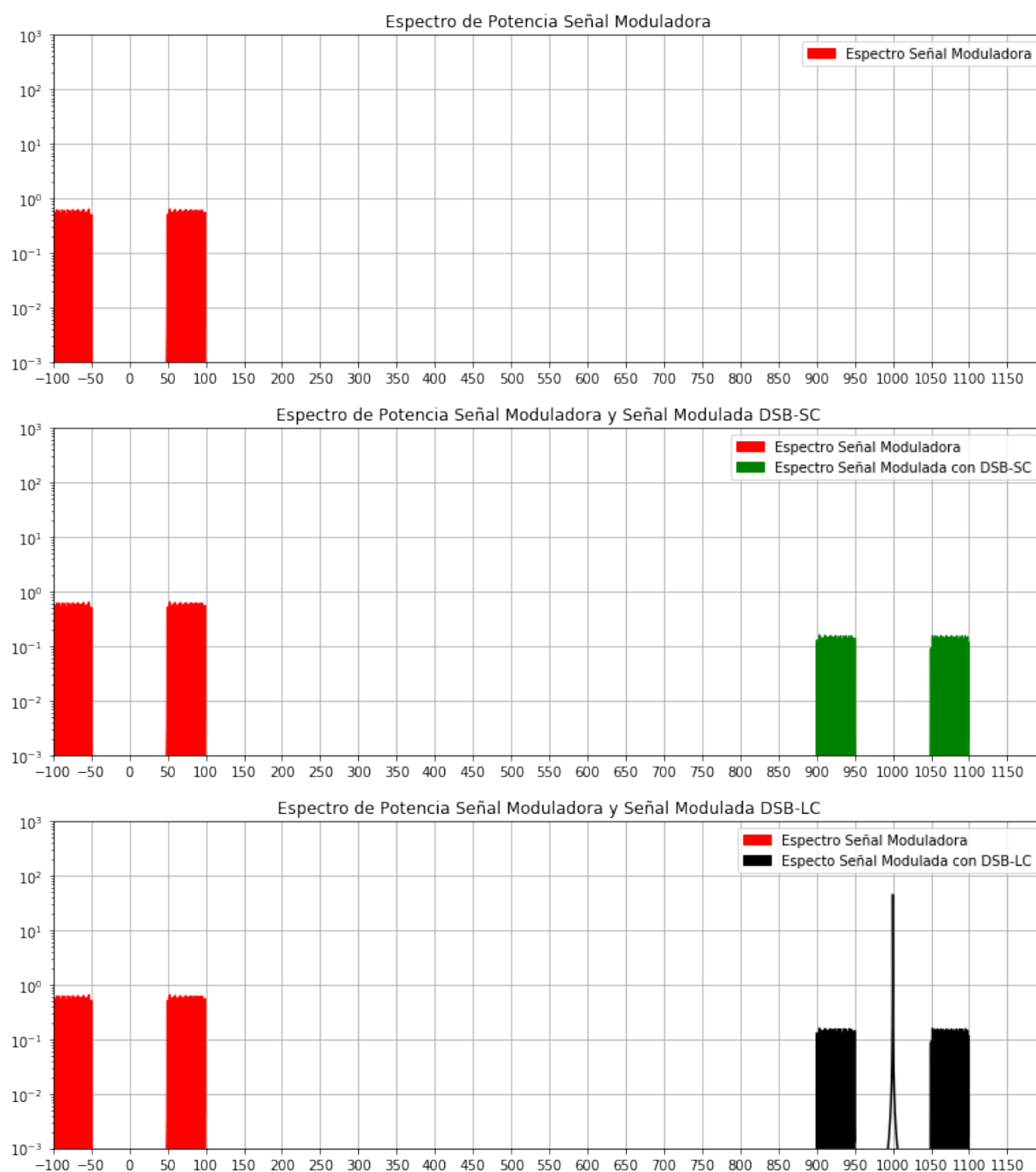


Figura 4: Espectros de Frecuencia Para Señales Moduladora, Modulada utilizando DSB-SC y Modulada utilizando DSB-LC con portadora de amplitud 10

C.-

Para generar una señal de SSB de una señal $f(t)$ se pueden utilizar varios métodos:

- Se puede utilizar un filtro pasabanda para obtener solamente una de las bandas que se quieren transmitir, las cuales son obtenidas en primer lugar a través de modulación de doble banda. Esta solución no es ideal pues requiere de muy buenos filtros, por lo que se suelen producir muchos errores.
- Para eliminar la otra banda, se puede al momento de la modulación sumar una señal con una frecuencia desfasada 90° para cada frecuencia de $f(t)$, es decir, utilizando $\hat{f}(t) = f(t) + 90^\circ$. Esto se traduciría como

$$f(t)_{ssb} = f(t) \cdot \cos(w_c t) + \hat{f}(t) \cdot \sin(w_c t)$$

D.-

Problema 4

A.-

Si se supone una señal moduladora $f(t)$ y una señal portadora $A_p \cdot \cos(w_c t)$ y una modulación de doble banda lateral con gran portadora, se obtiene la función mostrada en la ecuación 5. Aplicando la transformada de fourier se observa un aporte en potencia de la mitad de la potencia original, pero además, un aporte en la potencia gracias a la amplitud de la señal portadora.

Para poner un ejemplo, se utilizó la misma señal moduladora que en el problema 3, pero esta vez con una portadora de amplitud 10. Se realizó entonces la modulación obtenida en la figura 5. Si se observa la figura 4, es posible ver el aporte del impulso en la frecuencia 1000 Hz, y el resto del aporte en las bandas laterales. Es así que se puede afirmar que la potencia de la señal es mayor que al no enviar la portadora. como en el problema 3. Se calculó además el valor para esta potencia y resultó ser $63.9073 [V^2]$, lo que es $50.007 [V^2]$ más que lo requerido sin la portadora.

$$\phi_{DSB-LC} = (A_p + f(t)) \cdot \cos(w_c t) \quad (5)$$

$$\mathcal{F}(\phi_{DSB-LC}) = A_p \cdot \left(\frac{\delta(w - w_c)}{2} + \frac{\delta(w + w_c)}{2} \right) + \frac{F(w - w_c)}{2} + \frac{F(w + w_c)}{2} \quad (6)$$

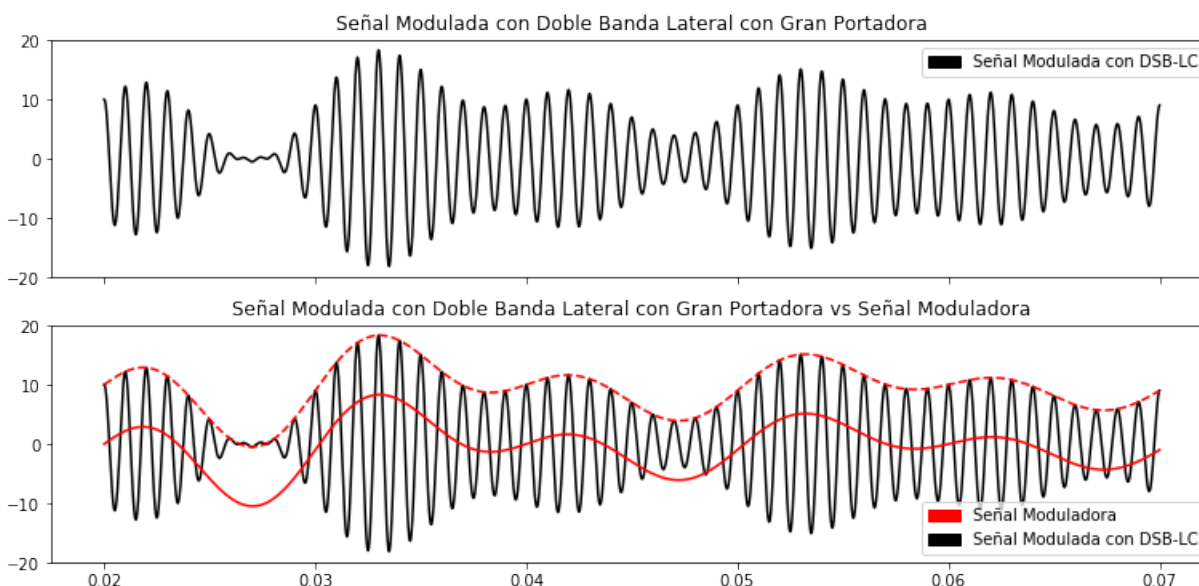


Figura 5: Señal modulada con DSB-LC con portadora de amplitud 10

B.-

En la demodulación de las señales moduladas con doble banda lateral con gran portadora, lo que se rescata es una de las bandas laterales para obtener la información original. Normalmente la banda que se obtiene es la que está por sobre el voltaje cero (banda lateral superior), y lo que está bajo este no se considera (banda lateral inferior). El índice de modulación en la modulación con doble banda lateral de gran portadora es importante pues si este índice es mayor a 1 entonces las bandas laterales se cruzarán (pues cada banda debiese estar por sobre y bajo el voltaje cero respectivamente) y esto producirá pérdida de información, pues no existirá posibilidad de demodulación correcta. Este fenómeno llamado sobremodulación puede observarse en la figura 6, donde para un índice $m = 10$ se ve claramente como las bandas se cruzan por el cero, produciendo una alteración de la información original.

Si este índice es muy inferior a 1, entonces es porque la potencia de la portadora es muy grande, causando que sea necesaria mucha potencia para transmitir la señal. Como ejemplo, para la misma señal mencionada en la Parte A, pero para una portadora que produce un índice $m = 0.01$, la potencia necesaria sería de 5014.0852 [V²]. Es por esto que la condición ideal de modulación es $m=1$, pues así la información puede entregarse correctamente sin utilizar potencia demás.

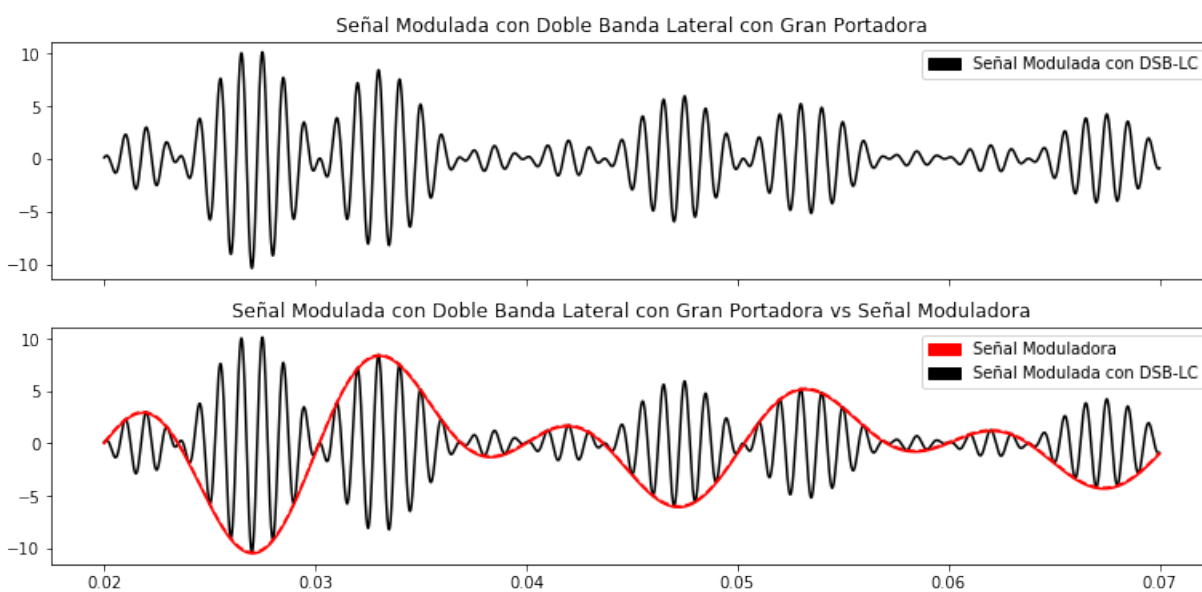


Figura 6: Modulación DSB-LC sobremodulada.

Referencias

[1]