



Redes de Computadores
MODULACIÓN DIGITAL

Integrantes: Javier Pérez

Jorge Ayala

Sección: 0-L-1

Profesor(a): Carlos González

Ayudante: Nicole Reyes

14 de Julio de 2019

Tabla de contenidos

1. Introducción	1
2. Marco Teórico	2
2.1. Ancho de Banda	2
2.2. Interpolación	2
2.3. Modulación AM	2
2.4. Modulación FM	2
2.5. Demodulación AM	2
3. Desarrollo	3
3.1. Modulador AM	3
3.2. Modulador FM	3
3.3. Demodulador AM	3
4. Análisis	4
4.1. Análisis Modulador AM	5
4.2. Análisis Modulador FM	8
4.3. Análisis Demodulador AM	11
4.4. Usos de la Modulación	12
4.4.1. Modulación AM	12
4.4.2. Modulación FM	12
4.5. Problemas de la Sobremodulación	12
4.6. Costo de Modular una Señal	13
4.7. Problemas de la Demodulación	13
5. Conclusiones	14
Bibliografía	15

Índice de figuras

1.	Espectro Frecuencia Original.	4
2.	Modulador AM 0.15.	5
3.	Transformada de Fourier Modulador AM 0.15.	5
4.	Modulador AM 100.	6
5.	Transformada de Fourier Modulador AM 100.	6
6.	Modulador AM 125.	7
7.	Transformada de Fourier Modulador AM 125.	7
8.	Modulador FM 0.15.	8
9.	Transformada de Fourier Modulador FM 0.15.	8
10.	Modulador FM 100.	9
11.	Transformada de Fourier Modulador FM 100.	9
12.	Modulador FM 125.	10
13.	Transformada de Fourier Modulador FM 125.	10
14.	Demodulación AM.	11

1. Introducción

En el día a día, la mayoría somos partícipes de situaciones tales como escuchar música en la locomoción colectiva y, en algunos casos, está se debe a que utilizamos la radio de nuestros variados dispositivos.

Al utilizar estos dispositivos realizamos una sintonización con con la estación de radio de preferencia, ya sea AM o FM. ¿Pero cual es el proceso detrás de todo esto?

La señal es enviada desde una estación y esta pasa por distintos procesos, ya sea la interpolación de esta, la modulación, la desmodulación y finalmente, el filtro para que el receptor pueda obtener la señal original enviada por la estación.

En la presente experiencia se implementara un sistema de modulación AM y FM para una señal de audio, esto para poder comparar experimentalmente que es lo que realmente ocurre con la señal original, mostrando el gráfico de dicha señal luego de aplicarse cada una de las distintas operaciones. Una vez se logra modular de manera correcta la señal, se comienza con el proceso de desmodulación de la señal, para poder comprobar si lo obtenido, luego de aplicar la teoría detrás de la desmodulación, si la señal corresponde a la original comparando el resultado de la desmodulación con la señal enviada originalmente.

Para esto se presenta el proceso de desarrollo de la experiencia en donde se explica los pasos seguidos para aplicar las distintas operaciones, de manera posterior se realiza un análisis de los resultados contrastando lo realmente obtenido y lo esperado según la teoría.

2. Marco Teórico

2.1. Ancho de Banda

El ancho de banda se refiere al rango de frecuencias contenidas en la señal. Por lo general, a mayor ancho de banda, mayor es la capacidad de la señal para transportar información [Stallings (2016)].

2.2. Interpolación

El interpolar consiste en la obtención de nuevos puntos a partir de un conjunto discreto de puntos conocidos. Actualmente será utilizada para poder mantener consistencia entre la información de la señal y la frecuencia de esta [Stallings (2016)].

2.3. Modulación AM

Es una técnica utilizada para la transmisión de información. Su nombre AM se debe a la que funciona mediante la variación de amplitud de la señal original con respecto a la información enviada. En la presente experiencia se utilizará para analizar su efecto dentro de una señal de audio [Stallings (2016)].

2.4. Modulación FM

Es una técnica utilizada para la transmisión de información. Su nombre FM se debe a que permite transmitir información a través de una portadora haciendo variar su frecuencia. En la presente experiencia se utilizará para analizar su efecto dentro de una señal de audio [Stallings (2016)].

2.5. Demodulación AM

Es una técnica utilizada para recuperar la información transportada por una onda portadora, la cual en su inicio fue modulada por desplazamiento de amplitud. En esta experiencia se utilizará esta técnica para verificar si el mensaje enviado puede ser recuperado [Stallings (2016)].

3. Desarrollo

3.1. Modulador AM

Para llevar a cabo el modulador AM fue necesario utilizar dos modelos, los cuales fueron Numpy (el cual nos permite utilizar ndarray para un manejo óptimo de los datos) y Scipy (el cual nos permitió utilizar la interpolate la cual nos permitía interpolar una señal). De esta se creo una función llamada modulationAmTime() la cual recibía como parámetro el índice modulador, esta función utilizaba dos funciones importantes, una era interpolaciónAM() la cual se encargaba de utilizar la función interpolate de Scipy y así interpolar la señal, pero para esto era necesario crear un nuevo vector de tiempo aumentando la frecuencia de muestreo en el doble. La otr función utilizada es funciónPortadoraAM() la cual creaba una función portadora dada por el coseno de 2 veces pi por la frecuencia de la portadora por el tiempo, de esta manera se lograba obtener en base a estas dos funciones, la señal modulada en AM.

3.2. Modulador FM

AL igual que en la modulación AM se utilizaron las dos librerías antes descritas y además se utilizo la función cumsum de Numpy. De esta manera se creo una función llamada modulationFM() la cual en base a un índice de modulación permitía modular una señal, esta función utiliza dos funciones importantes al igual que el modulador AM, las cuales son interpolacionFM() la cual permite utilizando la función interpolate de Scipy de interpolar una señal entregada, junto con la función funciónPortadoraFM() la cual crea una función portadora del coseno de 2 veces pi por la frecuencia de la portadora por el tiempo más la integral de un w() dado por el índice de modulación, de esta manera se lograba obtener en base a estas dos funciones, la señal modulada en FM.

3.3. Demodulador AM

Fue llevado aplicando un filtro paso bajo a la señal modulada en AM, de esta manera era necesario utilizar la función butterLowpassFilter() demodularizando la señal.

4. Análisis

En primera instancia, se mostrará el espectro de frecuencia de la señal original, para tener una métrica de comparación al momento de aplicar ambas modulaciones y verificar si la demulación es la correcta.

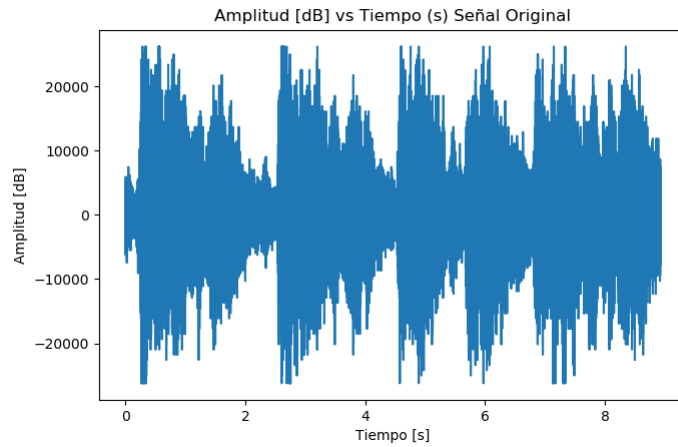


Figura 1: Espectro Frecuencia Original.

Para el análisis del modulador FM, se utilizan tres distintos porcentajes de modulación (0.15, 1.00 y 1,25).

4.1. Análisis Modulador AM

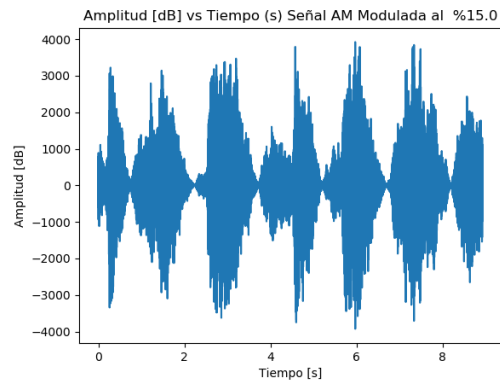


Figura 2: Modulador AM 0.15.

Como se puede apreciar el figura número 2, la imagen representa a la señal modulada con un 15% de modulación, y esta nos muestra los momentos en donde hay bajas frecuencias en la señal original, existe una menor amplitud dentro de la señal modulada.

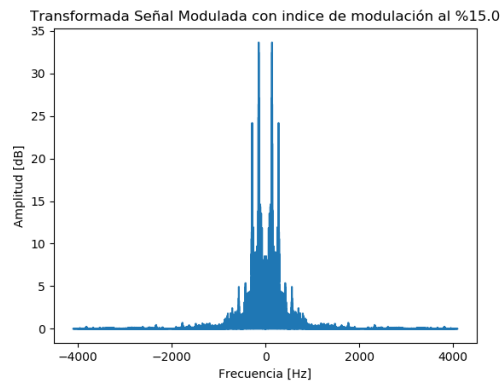


Figura 3: Transformada de Fourier Modulador AM 0.15.

Mirando la figura número 3, se muestra la transformada de Fourier de la señal modulada al 15%, en esta se puede apreciar que los intervalos de frecuencia siguen siendo los esperados tras aplicar la transformada de Fourier a la imagen original y que presenta una baja amplitud, esta baja se debe a que esta siendo modulada solo con un 15% de porcentaje de modulación.

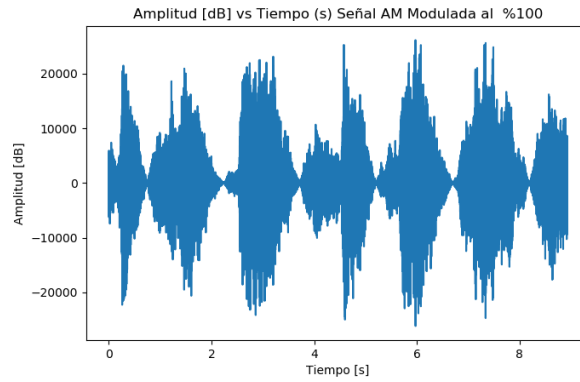


Figura 4: Modulador AM 100.

Como esta vez se esta modulando con un porcentaje igual al 100 %, aumenta la amplitud de la señal pero esta sigue manifestando bajos de amplitud en las ocasiones donde existe menor frecuencia en la señal original.

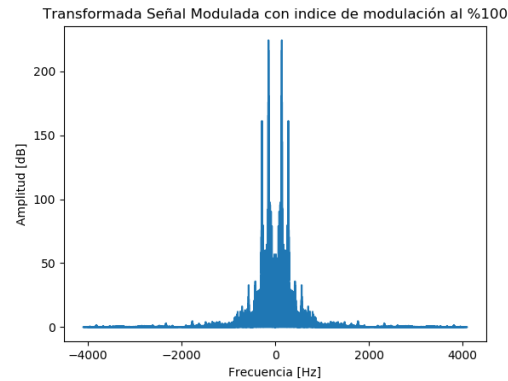


Figura 5: Transformada de Fourier Modulador AM 100.

Al igual que en la figura número 5, en la figura número 6 también ocurre un incremento de amplitud ocasionado gracias al aumento del porcentaje de modulación, si bien aumenta la amplitud de la transformada de Fourier, los rangos de frecuencia se mantienen constantes.

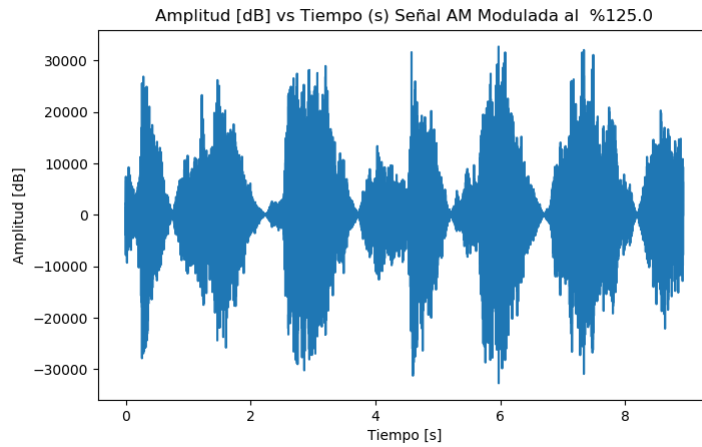


Figura 6: Modulador AM 125.

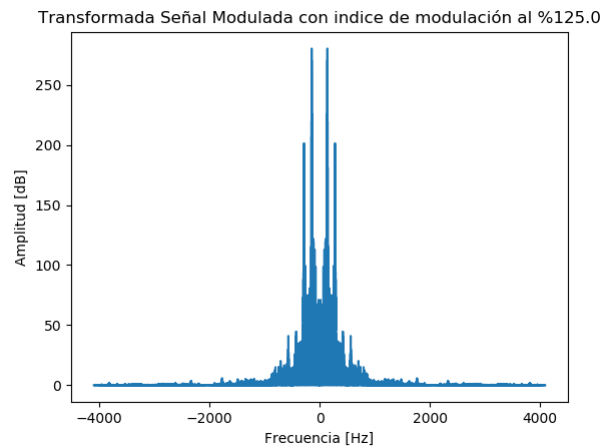


Figura 7: Transformada de Fourier Modulador AM 125.

Finalmente en la figura número 6 y 7, se presenta el modulador con un porcentaje de modulación del 125 % y la transformada de Fourier de esta modulación. Al igual que en el caso anterior, el aumento en el porcentaje de modulación solo afecta en la amplitud de la señal de manera directamente proporcional. Se cree que obtener un % muy alto de modulación puede llevar a la distorsión del mensaje original.

4.2. Análisis Modulador FM

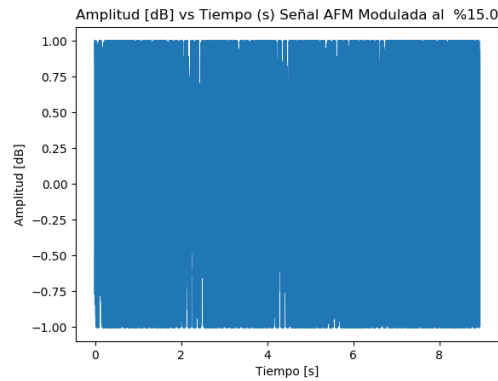


Figura 8: Modulador FM 0.15.

Dentro de la modulación FM de la señal original, se obtiene el resultado mostrado en la figura número 8, esta confirma lo pensado teóricamente ya que posee una amplitud peak to peak, en la mayoría de los casos, igual a dos, lo cual comprueba la hipótesis ya que en la modulación FM esta predominada por la función trigonométrica cos.

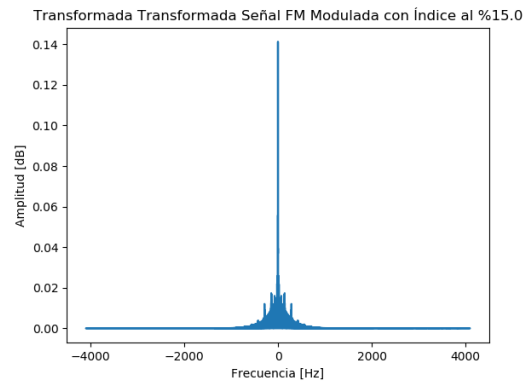


Figura 9: Transformada de Fourier Modulador FM 0.15.

Se puede observar, en la figura número 9, que la transformada de Fourier de la modulación FM al 15 % tiene por resultado un espectro parecido al de un impulso, el cual presenta una considerable baja de amplitud con respecto a la modulación AM.

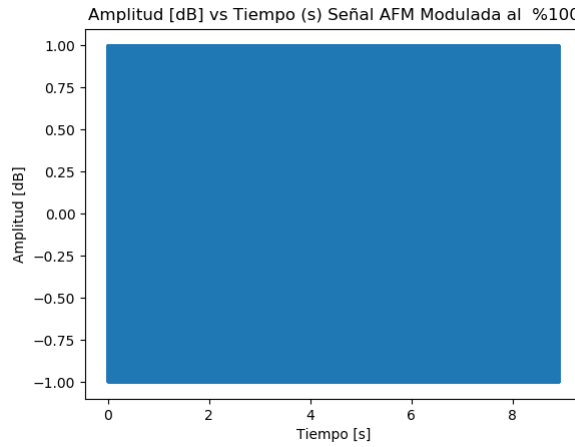


Figura 10: Modulador FM 100.

En la figura número 10, se aumento el porcentaje de modulación de 15 % a 100 %, y es desde este punto que podemos afirmar que la amplitud de la señal con el tiempo corresponde fielmente a la generada por la función sen.

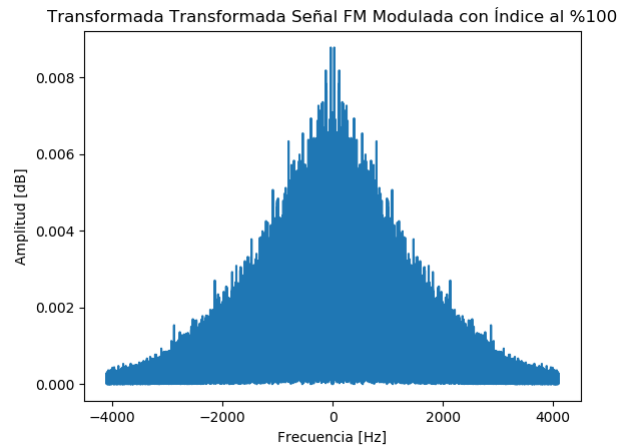


Figura 11: Transformada de Fourier Modulador FM 100.

La transformada de Fourier de la modulación con 100 %, genera un espectro con una menor amplitud que el de la figura número 9, es por este acercamiento a la señal, en términos de amplitud, que se puede apreciar como si esta tuviera una mayor cantidad de amplitud, pero sucede todo el fenómeno contrario.

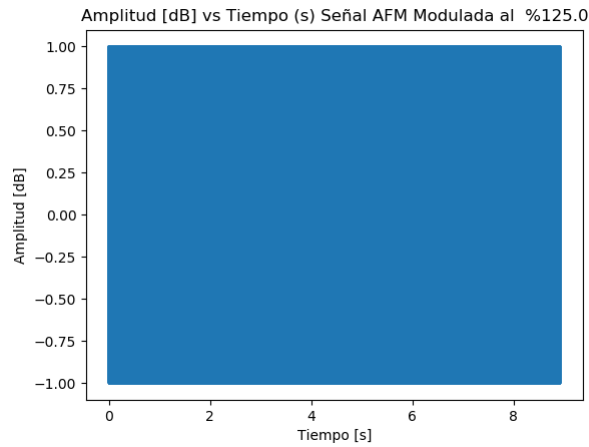


Figura 12: Modulador FM 125.

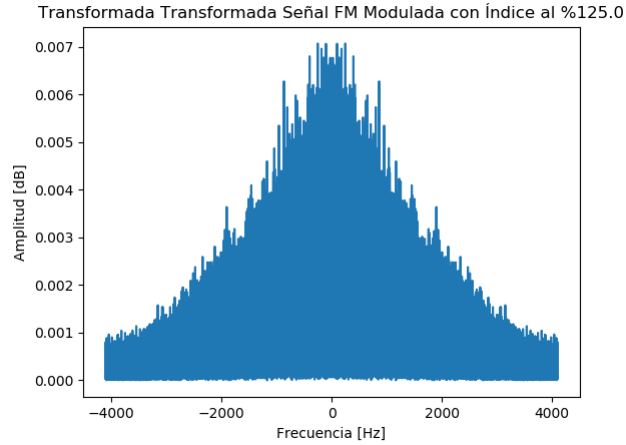


Figura 13: Transformada de Fourier Modulador FM 125.

En la figura 12 y 13 se muestran la modulación FM con un porcentaje del 125 % y la transformada de Fourier de dicha modulación respectivamente. Al momento de aumentar el porcentaje de modulación, se puede verificar experimentalmente, que al aumentar este porcentaje, la representación de la modulación FM es más fiel a la teoría, mientras que en la transformada de Fourier, se puede apreciar que esta genera una gran baja de la amplitud de esta, manteniendo de manera constante los rangos de frecuencia de la señal original.

4.3. Análisis Demodulador AM

A continuación se mostrará el resultado de demodular la señal y se realizará un análisis basado en la comparación con la señal original.

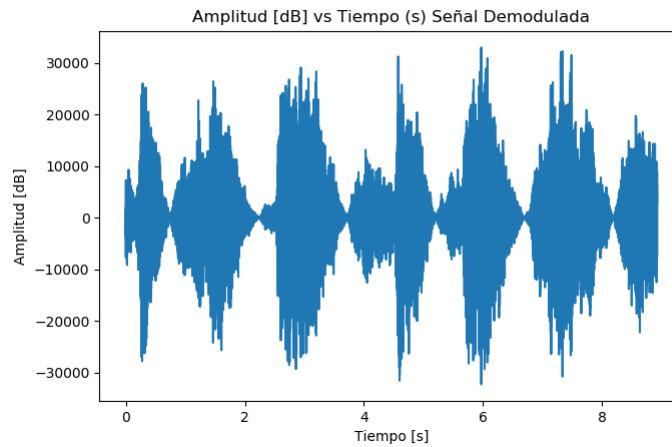


Figura 14: Demodulación AM.

En la aplicación de la demodulación AM, los resultados no fueron los esperados ya que la señal demodulada no es similar a la señal original, esto se debe a que el proceso de demodulación no fue realizado correctamente, por ende los resultados no fueron los esperados.

4.4. Usos de la Modulación

A continuación se mostrarán usos y ventajas de las dos modulaciones implementadas en el presente laboratorio.

4.4.1. Modulación AM

La modulación AM es frecuentemente utilizada en dispositivos de radios actuales, como por ejemplo en el caso de la comunicación radial entre aviones y la comunicación de estos mismos con las torres de comunicación.

Una ventaja que posee la modulación AM es que su proceso de demodulación es bastante simple, y en la practica, no requiere de dispositivos altos en precio. Es por esto que se ha decidió implementar la demodulación AM para recuperar la señal original.

4.4.2. Modulación FM

Los usos más frecuentes de la modulación FM es la que ocurre con las ondas de radios enviadas por las estaciones a los distintos dispositivos, por lo general esta es utilizada en dispositivos más domésticos.

Una de las ventajas que posee la modulación FM sobre la modulación AM, es la mayor calidad de reproducción de mensaje ya que presenta una suerte de inmunidad a las interferencias eléctricas, por esto mismo es la modulación elegida para poder transmitir programar de mayor calidad.

4.5. Problemas de la Sobremodulación

El fenómeno de la sobremodulación, ocurre cuando la onda moduladora excede el nivel máximo de la modulación establecido anteriormente. Los problemas que contrae la sobremodulación, es que ocurre un efecto llamado distorsión, esto ocasiona que la señal no sea legible por el receptor que demodula y la señal llegue, finalmente, de manera errónea.

4.6. Costo de Modular una Señal

Al momento de modular una señal, esta se puede ver mediante una convolución. En un principio la señal esta dividida dentro del eje positivo y el eje negativo de las frecuencias, al momento de convolucionar la señal con función de modulación, es por esto que al momento de modular la señal se traslada hacia el impulso y esto genera que se deba usar el doble de ancho de banda con la señal modulada. Por otro lado, con respecto a la energía, esta se reduce a la mitad ya que como se desplaza la función de frecuencia, la energía inicial que presentaba se disipa.

4.7. Problemas de la Demodulación

Los problemas existentes con la demodulación, es que la señal recuperada no sea parecida a la original o esta presente ciertas fallas ya que es un proceso delicado ya que se necesita recuperar la señal original modulada. La señal modulada al viajar por el medio, y por causa de la misma modulación, es una señal distinta a la original ya que presenta ruidos y distintos peaks de amplitud. Esto se puede dar ya que no se aplica un filtro bueno, existe una interferencia en la señal o simplemente no se esta sintonizando de manera correcta el receptor del mensaje con el emisor de este.

5. Conclusiones

Con respecto a los dos tipos de modulaciones abordadas dentro de la experiencia, se lograron realizar ambas modulando de manera correcta ya que se obtuvieron los resultados esperados, esto se puede ver en los distintos gráficos con sus respectivos análisis en el capítulo del análisis del presente informe. Por otro lado, se probaron distintas frecuencias de portadora para comprar distintos resultados.

Con respecto a la demodulación implementada, esta no logra recuperar el mensaje original, no lo hace de manera precisa ya que se cree que el audio presenta cierta distorsión o ruido y una gran falta de información, esto se debe a que la demodulación no fue implementada correctamente, y , por lo tanto, no se asemeja fielmente al audio original con el cual se trabaja en esta experiencia.

Comparando con la experiencia anterior, se cree que se ha realizado un avance en lo que se trata la transmisión de mensajes, pero aún existen distintos problemas al momento de aplicar filtros o la misma teoría para realizar una transmisión correcta del mensaje enviado.

Por último, se ha indagado sobre qué pasaría en los distintos casos en los cuales se pueden presentar problemas en la modulación o en la demodulación, explicando las consecuencias que estas pueden tener y, en el caso de las modulaciones, las ventajas que estas presentan con respecto a las otras.

Bibliografía

Stallings, W. (2016). Comunicaciones y redes de computadores. [Online] <https://drive.google.com/file/d/0B8x5X-vCag4BeVRodG1MeUJyMFk/view>.