

Modulación

Trabajo Práctico

El Objetivo de esta tarea es comprender adecuadamente los principios básicos de la modulación ASK; FSK y PSK

Bibliografía

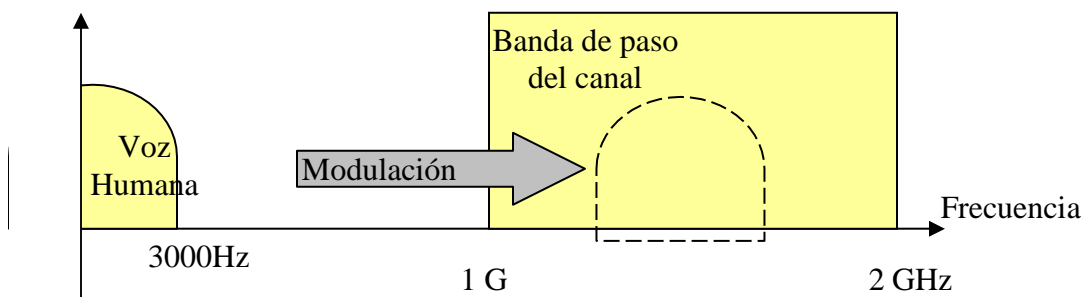
Comunicaciones de Datos, Fred Halsall, Cap 2

Modulación.

Cuando se trata de transmisión de información nos encontramos con el problema de hacer pasar la señal de datos (*Ej: Voz humana*) por el canal de comunicaciones (*ej: canal de Microondas*)

El espectro de la voz humana tiene la máxima cantidad de información hasta los 3000 Hz (ver la siguiente figura), Mientras que el canal de comunicaciones permite pasar desde 1GHz a 2GHz (es solo un ejemplo de las casi innumerables posibilidades de canales).

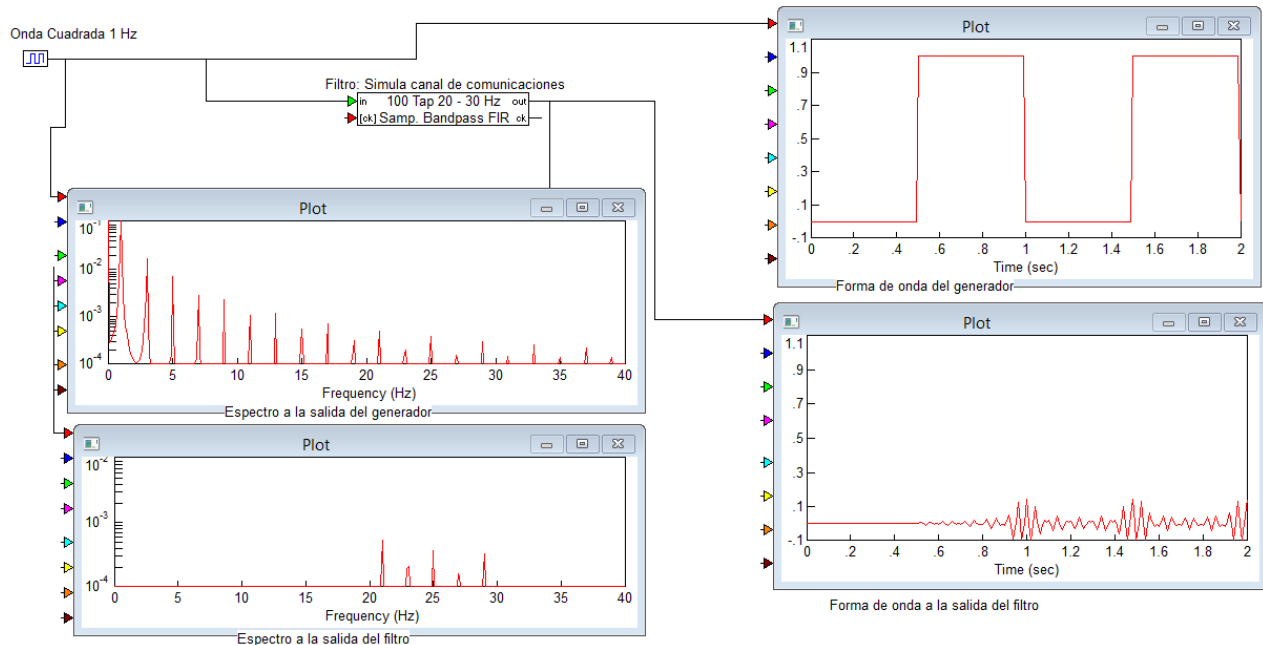
La solución evidente es trasladar el espectro de la señal a transmitir (voz humana en el ejemplo) hasta que entre dentro de la banda de paso del canal. El proceso es conocido como “Modulación”



Haremos un análisis práctico (para el análisis teórico nos remitimos al libro de Halsall)

Para ello simularemos con el VisSin. Hagamos pasar una señal de datos de **1Hz** por un canal que permite el paso desde **20 hasta 30 Hz** y analicemos los resultados.

Arme la siguiente maqueta en el simulador.

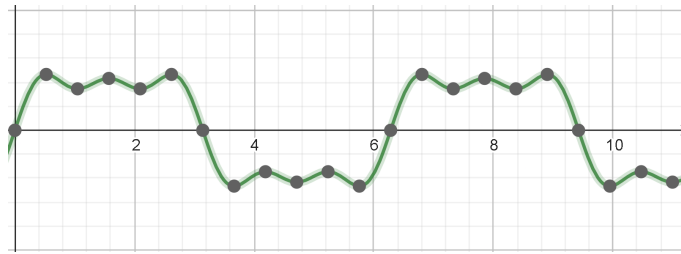


Si armó todo correctamente, los resultados deberían ser similares a los del gráfico anterior. ¿Qué conclusión obtiene? Explique en relación a los gráficos visualizados

La gráfica inferior de la derecha muestra claramente que solo están "pasando" frecuencias entre 20 y 30 Hz (que es lo que ha el filtro pasa-banda): las frecuencias observadas pertenecen a los armónicos que reconstruyen la onda cuadrada de 1Hz (los armónicos que se ubican en ese rango). La gráfica inferior de la derecha muestra la ausencia de la frecuencia original de 1 Hz.

Tal como esperábamos, a la salida del canal de comunicaciones **no tenemos** la onda cuadrada de **1Hz** usada como señal de información. Es decir debemos “modular” la entrada del canal

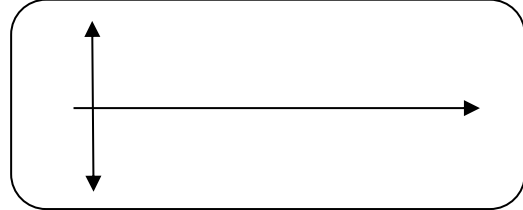
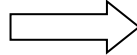
Modulación ASK



Comenzamos considerando que la señal de datos es una onda cuadrada (recordar TP anterior)

$$V_d = \sin(x) + (1/3)\sin(3x) + (1/5)\sin(5x)$$

Dibuje en forma de onda aproximada y sin escala como se vería V_d (a mano)



Para que la anterior sea realmente cuadrada debería tener infinitos términos pero para el ejemplo nos conformamos con llegar hasta la 5ta armónica.

Multipliquemos la señal de datos V_d con una onda portadora sinusoidal V_p

$$V_p = \sin(10x)$$

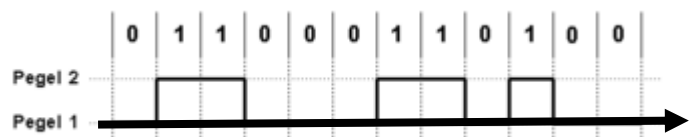
Observe que la frecuencia portadora es en este ejemplo **10 veces** superior a la fundamental (Primera armónica o primer término) de V_d

Graficamos con Graphmatica $V_{ask} = V_d * V_p$, imprimimos el gráfico y lo pegamos en el recuadro correspondiente de la próxima hoja.

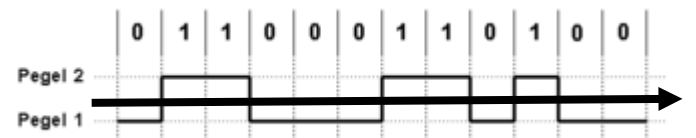
IMPORTANTE: La onda de datos (V_d) DEBE ser retorno a cero (RZ), por lo cual antes de ingresarla en el Graphmatica puede ser necesario transformarla.

NOTA:

Retorno a Cero (RZ) es un sistema de codificación usado en telecomunicaciones en el cual la señal que representa al bit retorna a cero en algún instante.

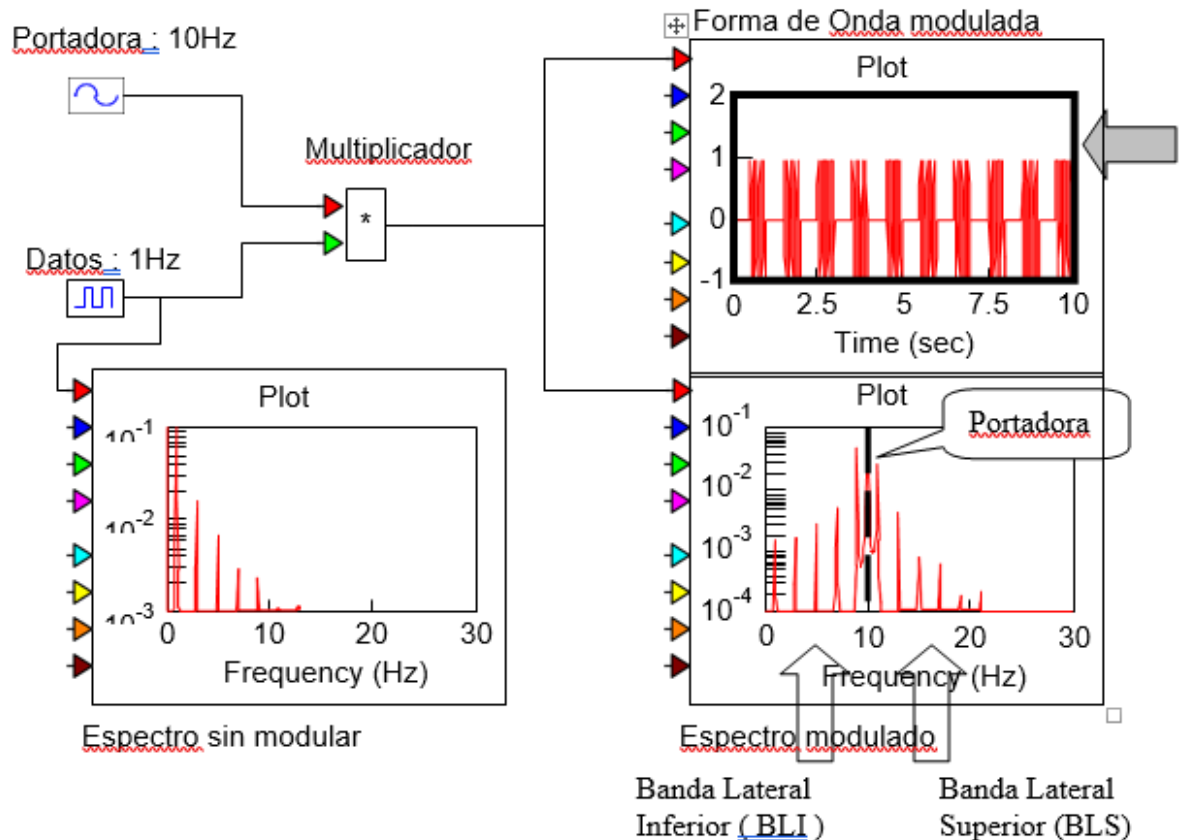


No Retorno a cero (NRZ) es un sistema en el cual la representación de los bits no toma el valor cero



$$V_d * V_p$$

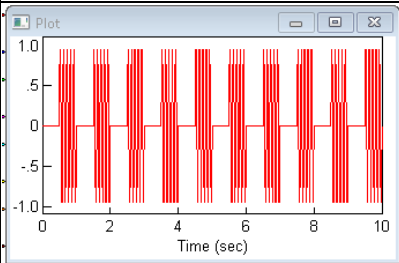
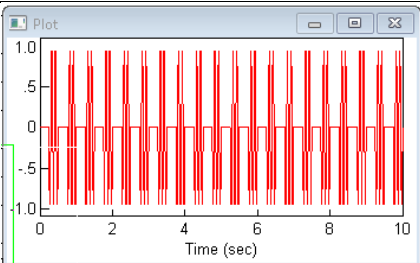
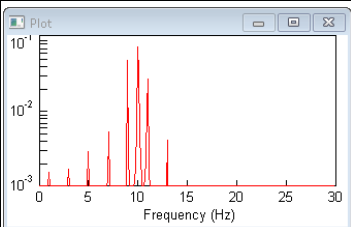
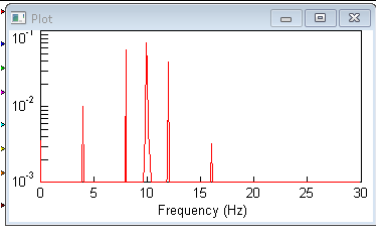
Interesa conocer también el espectro de la señal ask, en el libro de Halsall se tiene el desarrollo matemático, aquí lo obtendremos mediante simulación. Para ello armamos un esquema como el de la figura siguiente y hacemos correr la simulación. Observe que la forma onda (función del tiempo) es similar a la obtenida con el graphmatica y que el espectro de la señal producto (modulada) está desplazado tanto como el valor de la portadora utilizada y se ve doble (una banda lateral a cada lado de la portadora)



Se recomienda comprobar el resultado anterior con el VisSim

Lo obtenido a la salida del multiplicador ya es utilizable para transmitir, pero se suele agregar un filtro *pasa banda* (que deja pasar DESDE una frecuencia de corte inferior HASTA una frecuencia de corte superior dadas) para eliminar la banda no deseable.

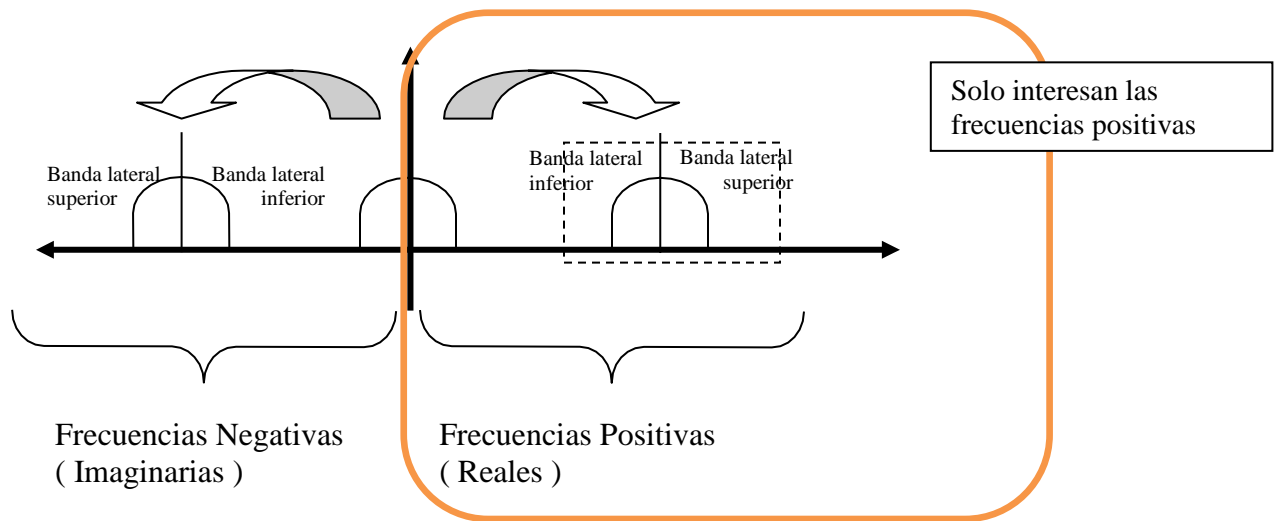
Arme ahora otro ejemplo similar al anterior pero con la señal de datos en **2 Hz** en lugar de 1Hz. Compare dibujando a mano en la tabla siguiente (indique las escalas horizontales)

	Datos : 1Hz	Datos : 2 Hz
Forma de onda del generador de onda cuadrada (Datos)		
Espectro del generador de onda cuadrada (Datos)		
Forma de onda de salida del multiplicador		
Espectro de salida del multiplicador		

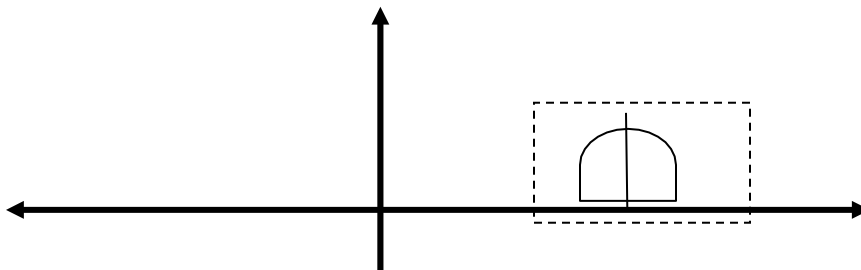
Hasta ahora: *Mediante la multiplicación de la señal de datos (cuadrada RZ) con la señal portadora (sinusoidal) se trasladó el espectro de la señal de datos que antes estaba centrado en cero a estar centrado en el valor de la señal portadora.*

La salida del multiplicador será inyectada al canal de comunicaciones (que representaremos por un filtro pasa banda) y en el extremo remoto se debe recuperar la señal original

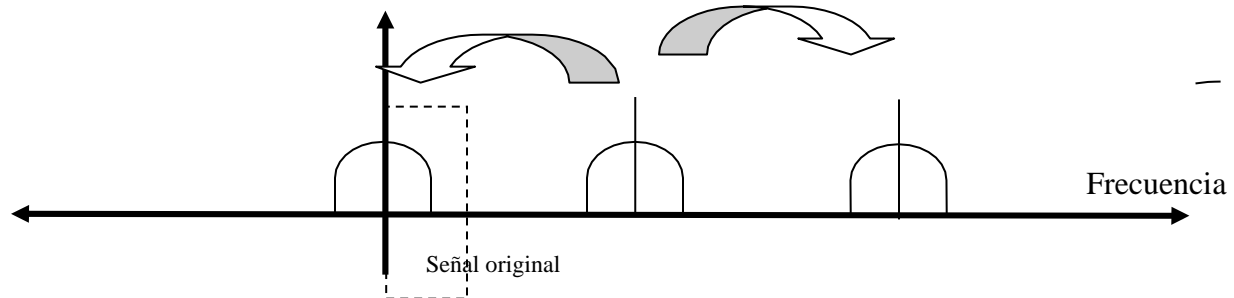
Algunos conceptos básicos: Al multiplicar trasladamos el espectro en una cantidad igual a la de la frecuencia de la portadora y HACIA AMBOS LADOS (En la primera explicación no se tomaron en cuenta las frecuencias negativas) . O sea que a la salida del multiplicador tenemos , ver dibujo.



Al pasar por el filtro pasabanda se elimina lo que no fue modulado, ya que no puede atravesar el canal

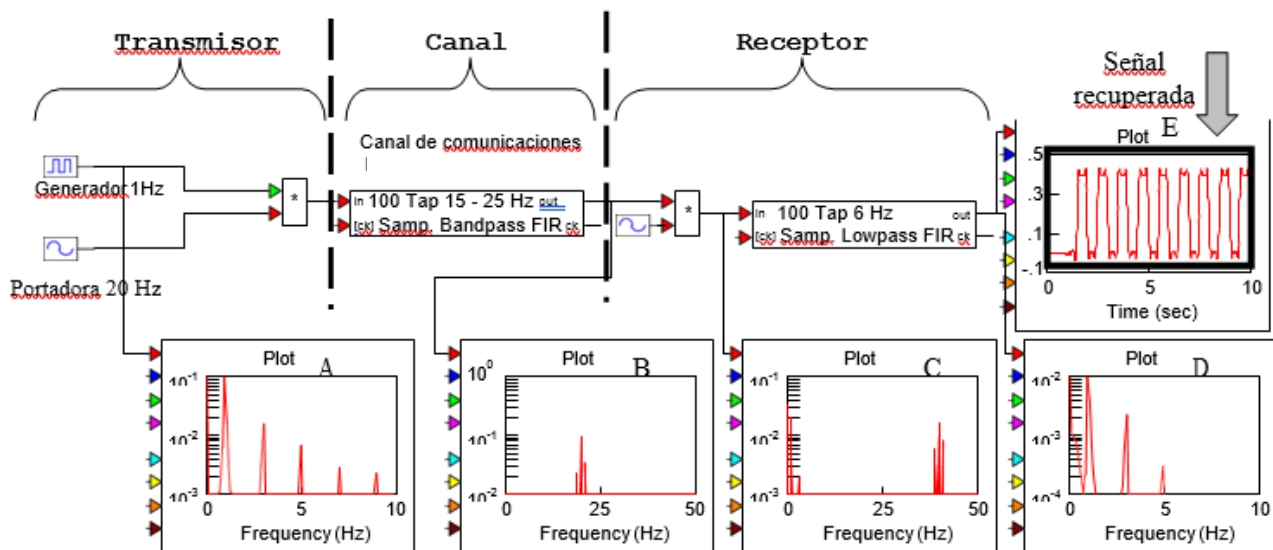


Ya a la salida del canal nos interesa volver a transportar la señal al lugar en que se encontraba originalmente, para ello si volvemos a multiplicar por la misma portadora, se traslada nuevamente el espectro, tanto como la frecuencia portadora.



Notamos que para recuperar la señal original nos basta con filtrar con un filtro pasabajo que tenga el ancho de banda de la señal original (de tratarse de una onda cuadrada que tiene infinitas armónicas, el ancho de banda del filtro nos dará cuan parecida es la salida a la entrada).

Comencemos con el simulador. Arme un esquema como el indicado. Hágalo correr y ajuste las escalas de los plots para que se obtengan la mejor visibilidad de las señales.



Si todo anduvo bien se tienen los grafos de la figura anterior, donde se ve que se recupera la señal de datos luego de atravesar el canal de comunicaciones

Explique Brevemente porque se ve lo que se ve en los plot A, B, C, D y E

Plot A

Plot B

Plot C

Plot D

Plot E

Si se cambia la señal de datos de **1 Hz** a **2 Hz** ¿Qué cambia en cada gráfico y porque?

Plot A

Corrimiento de los armónicos

Plot B

Menos armónicos pasan por el filtro

Plot C

No hay un cambio apreciable

Plot D

La frecuencia más intensa es 2 Hz

Plot E

Se ondula la onda (pierde las "esquinas")

Varíe la frecuencia de corte del **filtro Pasabajos** , diga que pasa y explique el porqué.

Solo noto variación si lo pongo por debajo de los 2 Hz esperados (desaparece)

Conclusiones;

La modulación ASK traslada la señal de información a la frecuencia de la portadora, genera 2 bandas laterales, una por sobre y otra debajo de la portadora, Cada una es una copia del espectro de la información (ya sea en forma directa – BLS- o como imagen especular – BLI -).

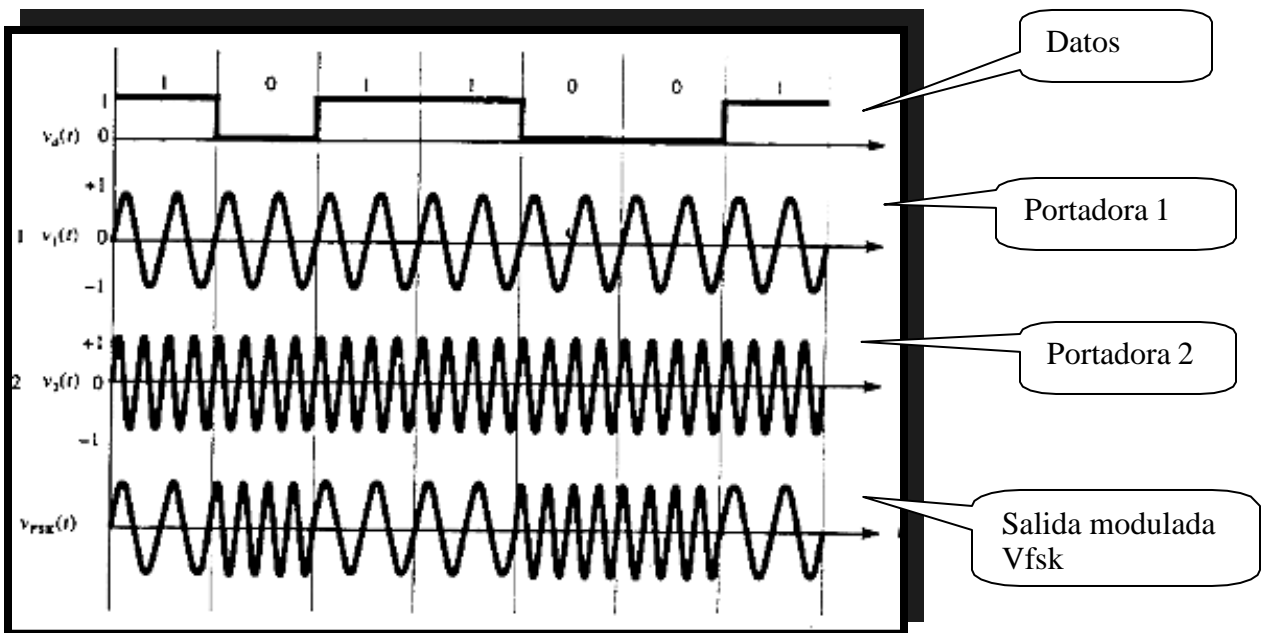
Nótese que la información en **ASK** se encuentra en la **Amplitud** de la señal modulada.

Modulación FSK

Es este otro tipo de modulación en que la información se encuentra en la **frecuencia** y no en la amplitud de la señal modulada.

NOTA : Leer previamente los aspectos teóricos en el Cap 2 del libro de Halsall y ver el video de ayuda del TP

El concepto básico es tener una portadora para transmitir el “1” lógico y otra para el “0” lógico.



La operación a hacer seria : Multiplicar los datos por la portadora 1 y sumarlos a la multiplicación del inverso de los datos por la portadora 2.

En forma similar a lo hecho con ASK comenzaremos con ver la forma de onda con el Graphmatica.

Los datos son entonces :

$$V_d = \sin(x) + (1/3) \sin(3x) + (1/5) \sin(5x)$$

Las portadoras serán

$$V_{c1} = \sin(10x)$$

$$V_{c2} = \sin(14x)$$

Según lo dicho :

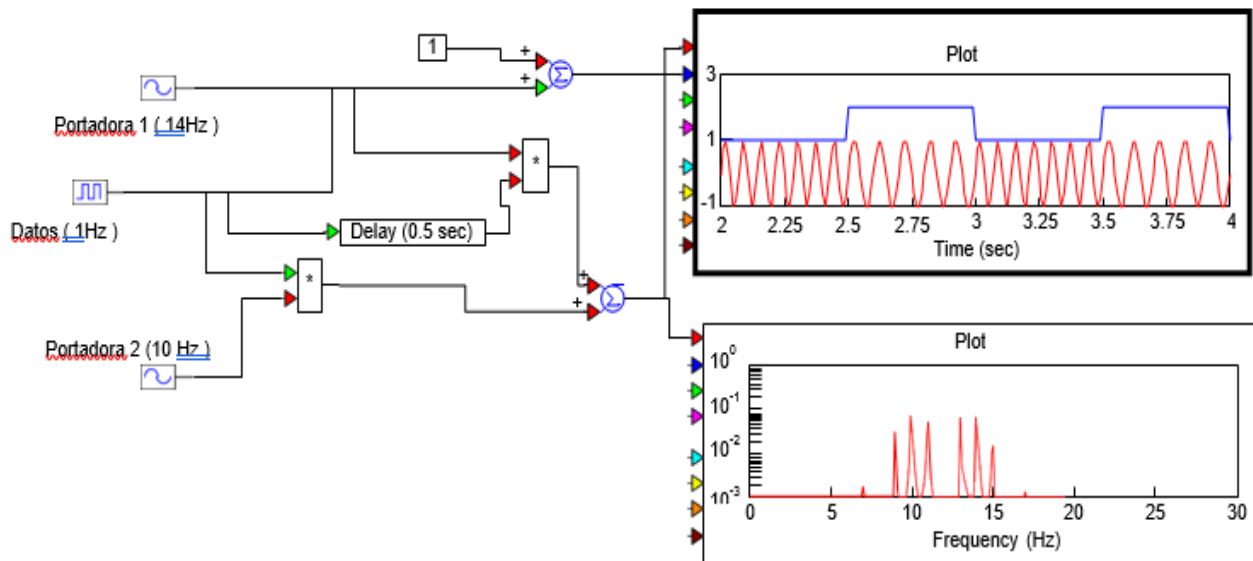
$$V_{fsk} = V_d * V_{c1} + V_d' * V_{c2}$$

Donde V_d' son el inverso de los datos (recordar que tanto V_d como V_d' deben ser RZ)

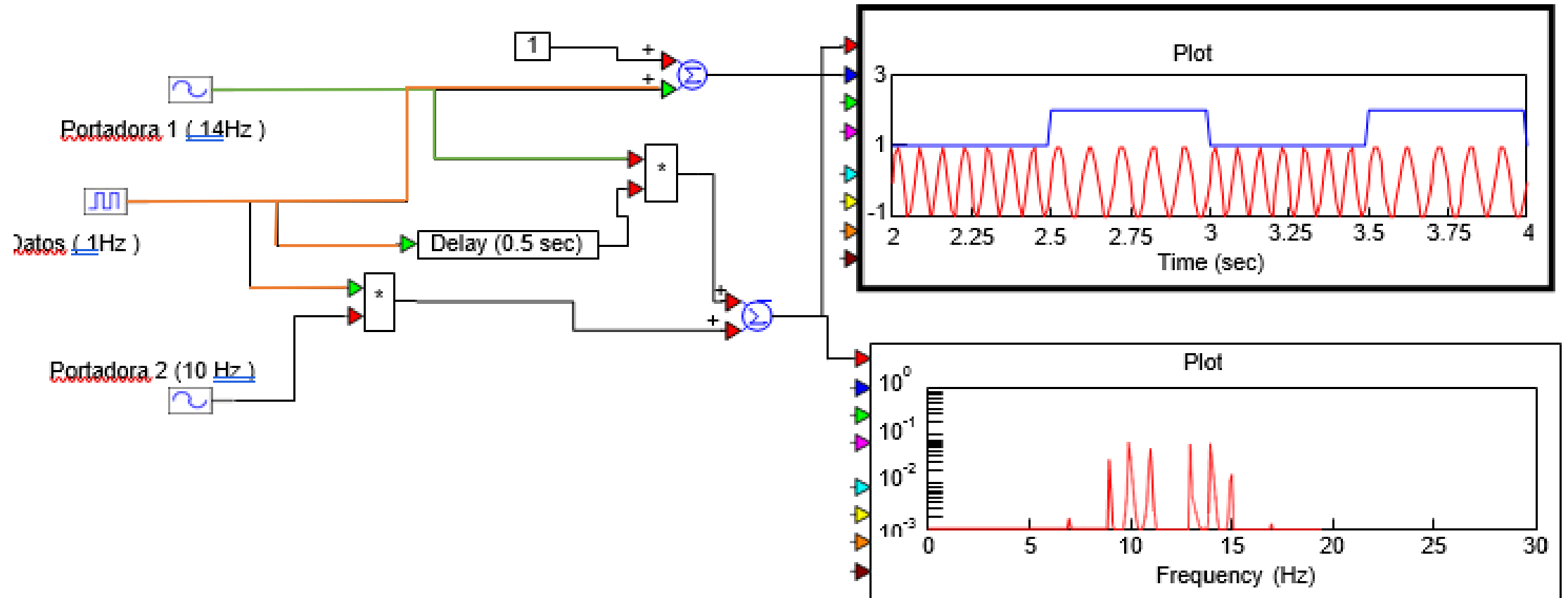
Representamos Vfsk con el graphmatica, lo imprimimos y pegamos a continuación;



Una vez que conocemos la forma de onda continuaremos profundizando el tema mediante la simulación. Armamos el diagrama en bloques en el simulador tal como indica la figura.



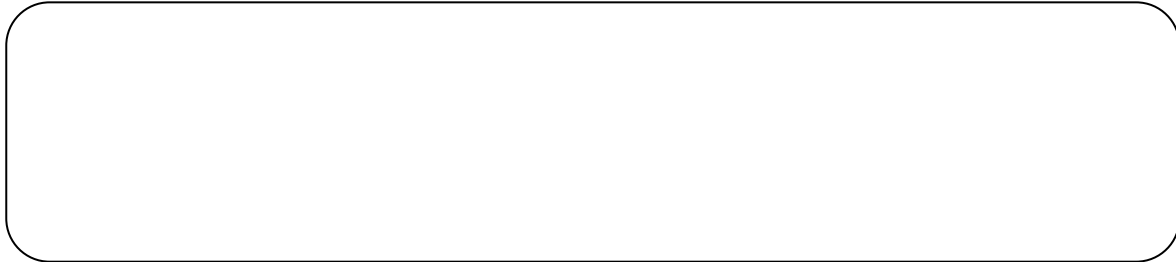
Aclaración de cruce de conectores



Si todo funcionó correctamente los gráficos obtenidos se parecerán a los dados en la figura anterior.

Responda

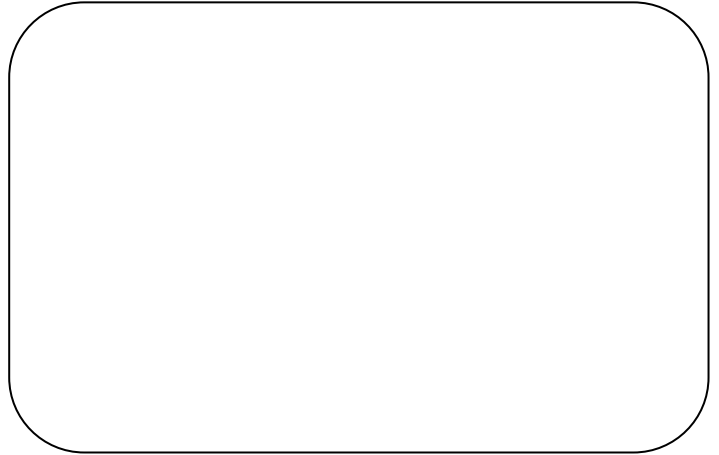
¿Qué función cumple el bloque **Delay (0.5 seg)**?



Repita la simulación, pero para una señal de datos de **2Hz**.



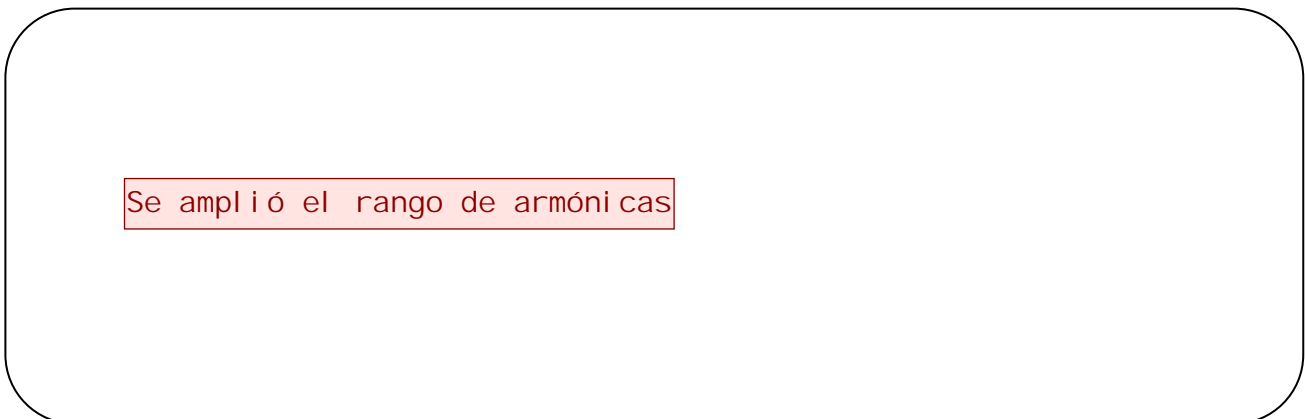
Forma de onda FSK para datos 2Hz



Espectro FSK para datos 2Hz

Explique que cambió.

Se amplió el rango de armónicas



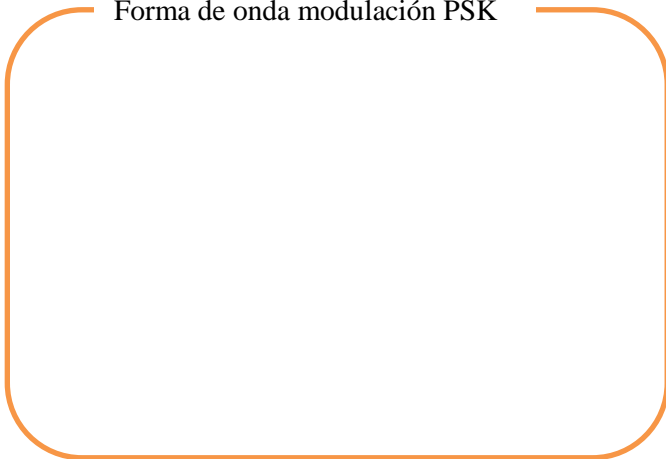
Modulación PSK

De forma similar a lo hecho con ASK y FSK, simule una modulación **BPSK**, dibuje el esquema utilizado y las formas de onda y espectro de la señal modulada. Utilice como datos una onda cuadrada de 1Hz y como portadoras dos señales de **12Hz** desfasadas **180** grados

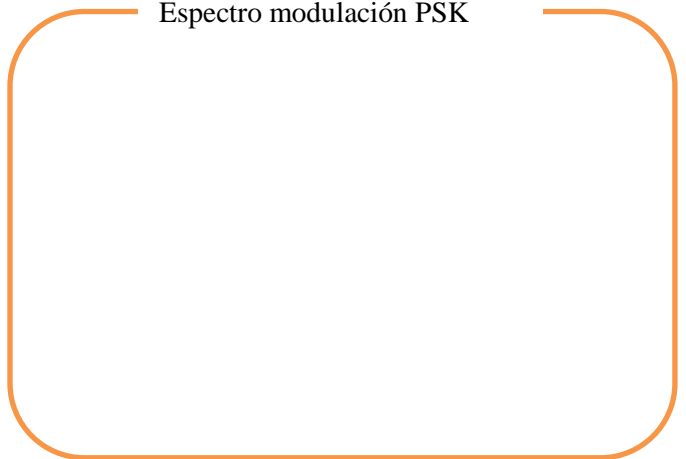
Esquema utilizado (dibuje a mano tal como lo simularía con el VisSim)

Dibuje a mano la forma de onda y el espectro de la señal modulada.

Forma de onda modulación PSK



Espectro modulación PSK



¿Que observa en la portadora modulada PSK en el gráfico espectral? Justifique su respuesta.



Conclusiones Generales del TP

Esta es la parte más importante, por lejos, del TP. (SOLO ESTA HOJA, ESCRITURA A MANO)

Explique con sus palabras (*copiar/ pegar invalida todo el TP*) los tres métodos de modulación trabajados, en especial compare los espectros de cada uno de los métodos, su inmunidad al ruido y su ancho de banda.