

## GUIA N°1

### LABORATORIO DE COMUNICACIONES II

#### INTRODUCCION

##### DIAGRAMA DE CONSTELACIONES

El diagrama de constelación es un método de representación en el plano complejo de los estados de símbolo en términos de amplitud y fase en los esquemas de modulación tales como QAM o PSK típicamente, el eje horizontal se refiere a los componentes de los símbolos que están en fase con la señal portadora y el eje vertical a los componentes en cuadratura ( $90^\circ$ ). Los diagramas de constelaciones también pueden usarse para reconocer el tipo de interferencia y distorsión en una señal.

En la constelación se representa la relación de amplitud y fase de una portadora modulada digitalmente y, por lo tanto, el modulo y la fase de cada uno de las posibles señales que conforman la modulación.

##### PSK

Es un tipo de modulación digital angular en donde la amplitud de la portadora se mantiene constante. Teóricamente se aproxima al concepto de modulación en fase convencional (PM), con la diferencia que aquí la señal de entrada es digital binaria, por lo que se tiene dos fases de salida para una sola frecuencia de portadora.

##### QAM-Digital

Tiene como entrada un flujo de datos binarios, el cual es dividido en grupos de  $m$  bits como se requieran para generar  $N$  estados de modulación, de allí que se hable de  $N$ -QAM, por ejemplo, en 8-QAM, cada tres bits de entrada, que proporcionan ocho valores posibles (0-7), se alteran la fase y la amplitud de la portadora para derivar ocho estados de modulación únicos.

En general en  $N$ -QAM, cada grupo de  $m$ -bits genera  $2^m = N$  estados de modulación.

#### MATERIALES

-Software Matlab

#### PROCEDIMIENTO

El ideal de esta práctica es conocer conceptos básicos para dar un paso al conocimiento de las comunicaciones digitales, conocer la representación del diagrama de constelaciones para dos de las modulaciones digitales y de esto deducir como los conceptos se relacionan con las gráficas visualizadas para ello la práctica se divide en tres etapas

##### ETAPA 1

Para iniciar a conocer la visualización de diagrama de constelaciones y la modulación digital con QAM y PSK se deben conocer diferentes términos para entender que se va a visualizar.

- a) ¿Qué es la relación señal a ruido?

- b) ¿Qué es AWGN?
- c) ¿Qué es el SER?
- d) ¿Qué es el BER?
- e) ¿Qué es un símbolo?
- f) ¿Qué representa el EBNO?
- g) ¿Qué es la velocidad de transmisión?

## ETAPA 2

Se quiere implementar un código en Matlab capaz de generar un diagrama de constelaciones para QAM en canal AWGN y para PSK.

### PSK

Cree objetos de sistema de modulador y demodulador 16-PSK en los que se utiliza la asignación de símbolos personalizada. Estime el BER en un canal AWGN.

Cree una asignación de símbolos personalizada para el esquema de modulación 16-PSK. Los 16 símbolos enteros deben tener valores que se encuentren entre 0 y 15. Para cada uno de estos valores (0:15) en el diagrama se representa con el valor del Angulo donde este se va a graficar. Para este caso el vector CustomMap está dividido en 16 posiciones diferentes donde la primera posición representa 22.5°, la segunda 50°, y así sucesivamente hasta tomar las 16 posiciones, cada una de estas posiciones es un símbolo y está representada en su numero binario (basándonos en la Figura 1 y Figura 2)

```
custMap = [];
```

crea un objeto del sistema modulador. Este objeto modula la señal de entrada utilizando el método de codificación por desplazamiento de fase M-ary (M-PSK)

```
hMod=comm.PSKModulator(16,'BitInput',true,'SymbolMapping','Custom','CustomSymbolMapping',custMap);
```

crea un objeto del sistema demodulador. Este objeto demodula la señal de entrada utilizando el método de codificación por desplazamiento de fase M-ary (M-PSK).

```
hDemod=comm.PSKDemodulator(16,'BitOutput',true,'SymbolMapping','Custom','CustomSymbolMapping',custMap);
```

Muestra en plano complejo la constelación del modulador

```
constellation(hMod)
```

Cree un objeto de sistema de canal AWGN para usar con datos de 16 arios

```
hChan = comm.AWGNChannel('BitsPerSymbol',log2(16));
```

Cree un objeto de tasa de error para rastrear las estadísticas BER.

```
hErr = comm.ErrorRate;
```

Inicializar los vectores de simulación. El  $E_b / N_0$  varía de 6 a 18 dB en pasos de 1 dB

```
ebnoVec = 6:18;  
ber = zeros(size(ebnoVec));
```

Estime la BER modulando datos binarios, pasándolos a través de un canal AWGN, de modulando la señal recibida y recopilando las estadísticas de error.

```
for k = 1:length(ebnoVec)  
  
    reset(hErr)  
    errVec = [0 0 0];  
    hChan.EbNo = ebnoVec(k);  
  
    while errVec(2) < 200 && errVec(3) < 1e7  
        data = randi([0 1],4000,1);  
        modData = step(hMod,data);  
        rxSig = step(hChan,modData);  
        rxData = step(hDemod,rxSig);  
        errVec = step(hErr,data,rxData);  
    end  
    ber(k) = errVec(1);  
end
```

Grafica el Ber generado por la modulación en el canal AWGN

```
figure  
semilogy(ebnoVec,[ber])  
xlabel('Eb/No (dB)')  
ylabel('BER')  
grid  
legend('Simulation','Theory','location','ne')
```

## QAM

Para la implementación de QAM en diagrama de constelaciones se debe tener en cuenta que varía tanto en amplitud como en fase y está representada en un plano complejo para cada uno de los símbolos.

Al encontrar el vector que representa cada una de las posiciones de las constelaciones, se genera de forma aleatoria la cantidad de veces que va a ser utilizado cada símbolo esto se realiza

```
data = randi([0 M-1],K,1);
```

donde M representaría la longitud del vector de constelaciones y K representaría en número total de símbolos que se están utilizando en la señal.

```
modData = genqammod(data,c);
```

En este caso los valores aleatorios generados se le aplican a cada uno de los puntos del vector aleatoriamente.

```
rxSig = awgn(modData,SNR,'measured')
```

La función `AWGN(x,SNR)` donde  $x$  representa el vector de cada una de las posiciones de las constelaciones, funciona para agregarle ruido a este vector ahora el comando utilizado es lo mismo, excepto que `AWGN` mide la potencia de  $x$  antes de agregar ruido.

```
h = scatterplot(rxSig);
hold on
scatterplot(c,[],[],'r*',h)
grid
```

Se graficaría el diagrama de constelaciones en el plano complejo para ver cómo sería la modulación QAM.

```
z = genqamdemod(y,const)
```

Demodula la envoltura compleja de la Señal transmitida en este caso  $y = rxSig$  de una señal modulada en amplitud de cuadratura. Para `Const` especifica el mapeo de la señal en este caso se basa en el vector de las posiciones de las constelaciones

```
[numErrors,ser] = symerr(data,z)
```

Determina el número de errores de símbolos y la relación de errores de símbolos

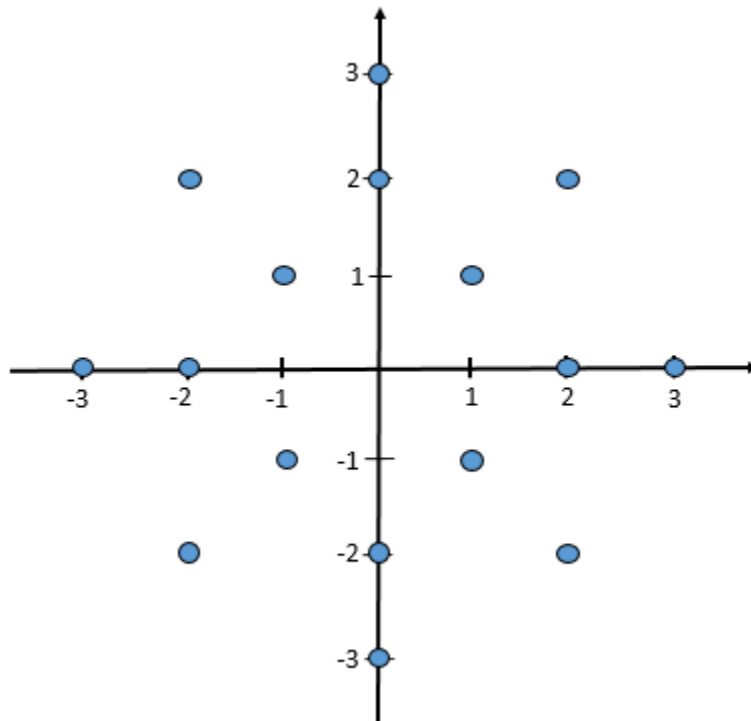


Figura. Diagrama de constelaciones basado en estándar para módems de línea telefónica V.29

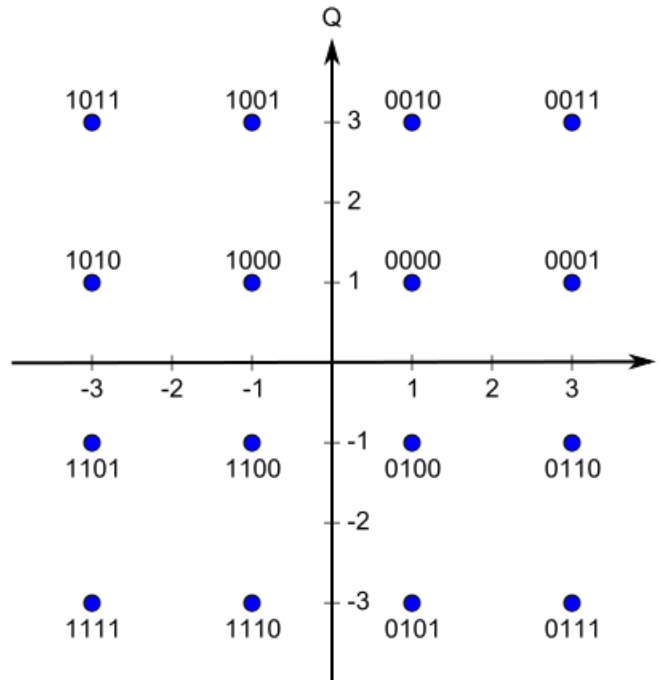
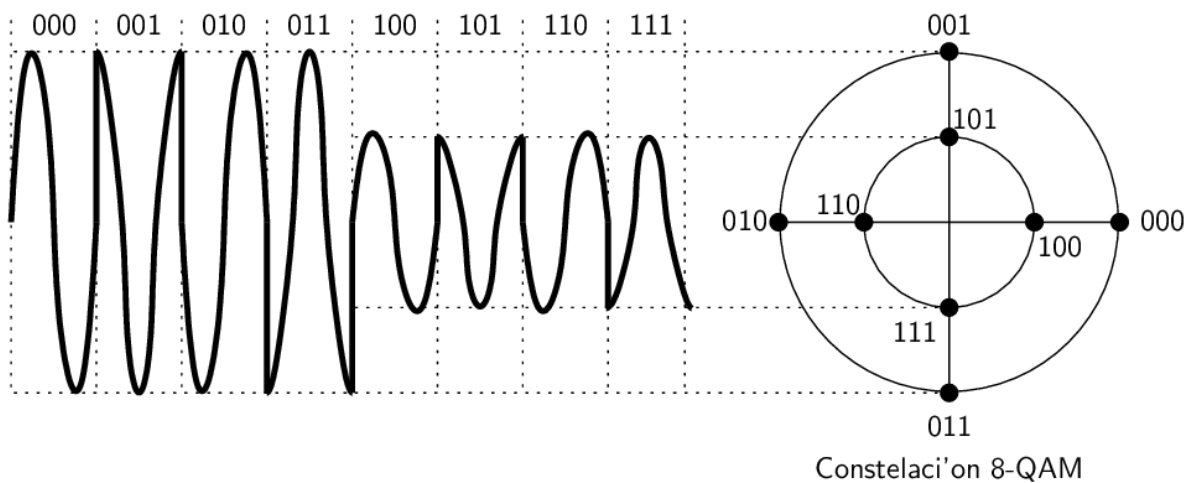


Figura . Diagrama de constelaciones 16-QAM

Para las dos graficas anteriores se debe tomar un vector de posición y aplicar la modulación y demodulación utilizando el código anterior en MATLAB. Se requiere hacer la comparación para los casos en los que la relación señal a ruido 1,5,10,20,50



Para modulación 8-QAM mostrada en la gráfica anterior generar en tiempo la Onda generada para la secuencia:

110101001010110001010100101011

### ETAPA 3

- Para el código dado para la modulación PSK agregar

Genere datos teóricos de BER para un canal AWGN usando berawgn.

```
berTheory = berawgn(ebnoVec,'psk',16,'nondiff');
```

Y grafique de esta forma el BER teórico y el generado en la modulación PSK

```
berTheory = berawgn(ebnoVec,'psk',16,'nondiff');
```

- ¿Qué puede concluir de la modulación PSK y de las graficas mostradas en el código anterior?
- ¿Qué sucedería si se varia el rango del ebno con el cual se grafico el VER en la modulación PSK?
- ¿Al variar la relación Señal a Ruido como interpretaría la comunicación como Ingeniero?
- ¿Qué pasa con los errores de símbolos y la relación de errores de símbolos?
- ¿Qué ventajas y desventajas y como compararía las modulaciones Digitales QAM y PSK?
- ¿Cómo se vería reflejada la velocidad de transmisión respecto al ancho de banda en cada una de las modulaciones?

#### BIBLIOGRAFIA

<https://la.mathworks.com/help/comm/ug/general-qam-modulation-in-an-awgn-channel.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=tcWTZV7YUOU>

<https://la.mathworks.com/help/comm/ref/comm.pskmodulator-system-object.html>