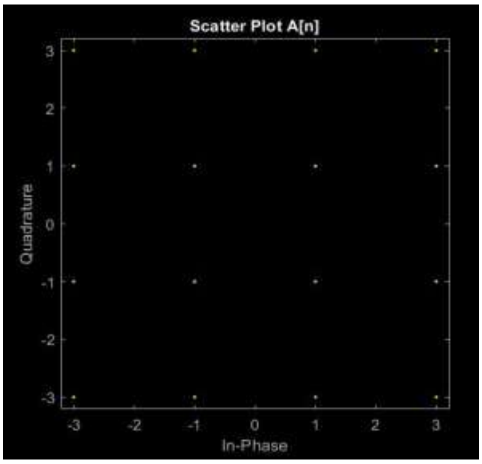
DETECCIÓN DE SEÑALES DE COMUNICACIONES

Belén Mª Iniesta Tejera (100451458) Pablo Fernández Martín (100451533)

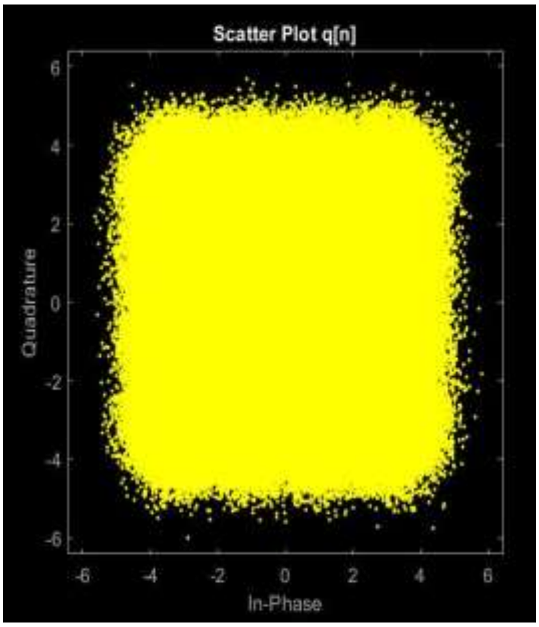
1. Efecto del ruido - Relación Eb/N0

En este apartado se puede observar la representación del diagrama de dispersión para una modulación 16-QAM transmitida sobre un canal gausiano, sin distorsión lineal, para diferentes valores de la relación Eb/N0

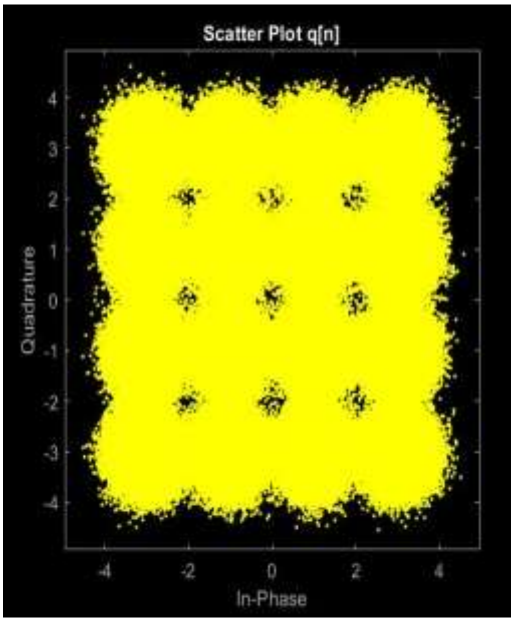
» Representación de la codificación de bits en símbolos



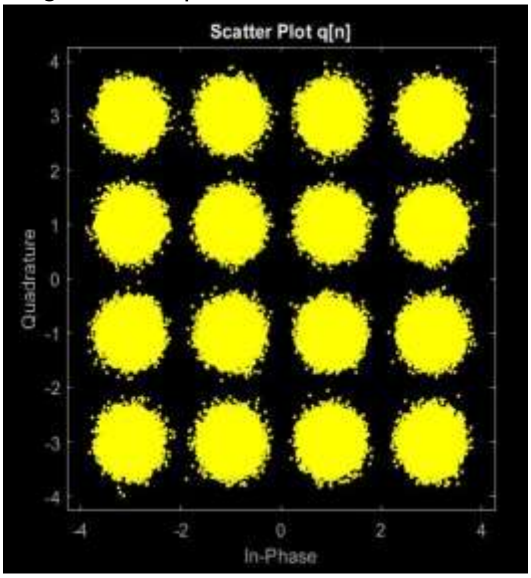
» Figura de ruido aditivo gaussiano para valor de 5 dB



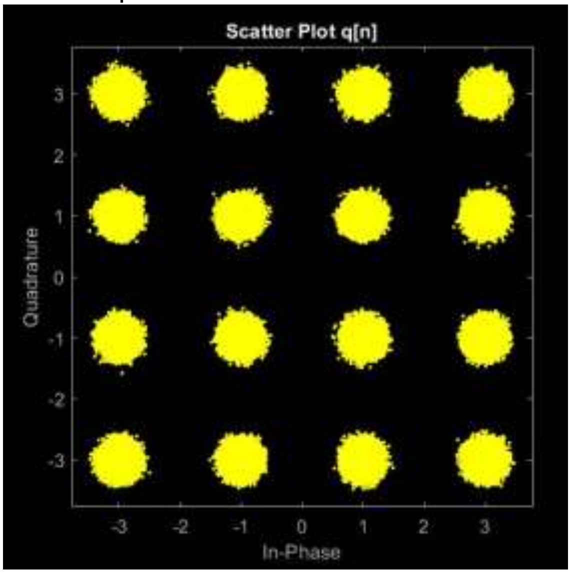
» Figura de ruido aditivo gaussiano para valor de 10 dB



» Figura de ruido aditivo gaussiano para valor de 15 dB



» Figura de ruido aditivo gaussiano para valor de 20 dB



Por lo tanto, podemos observar que cuanto mayor es la relación Eb/No (señal a ruido), la señal se ve menos afectada y obtenemos nubes de símbolos más concentrados, más similares al transmitido inicialmente.

Si nos fijamos en las siguientes expresiones podemos comprobar lo explicado anteriormente:

$$N0 = \frac{\left(\frac{Es}{m}\right)}{10^{\frac{10Es}{N0}}}$$

$$SNR(dB) = \frac{Es}{NO} + 10 * log10(m)$$

2. Efectos de la interferencia intersimbólica (ISI)

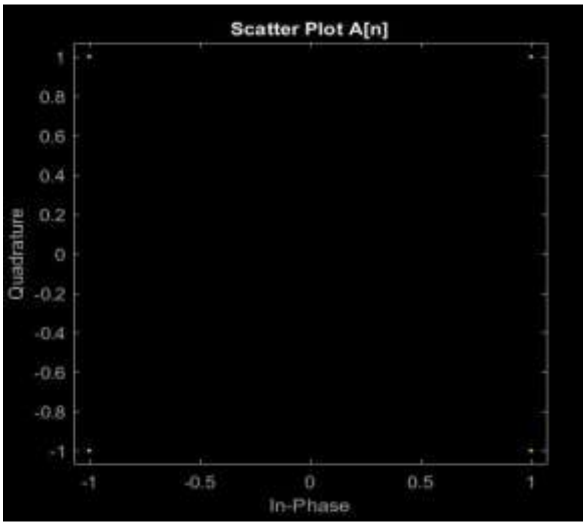
Vamos a analizar el efecto de los factores de los cuales depende la ISI en un sistema de telecomunicaciones, en distintos canales discretos equivalentes.

1. Canal discreto equivalente con longitud 2:

$$p[n] = \delta[n] + a\,\delta[n-1]$$

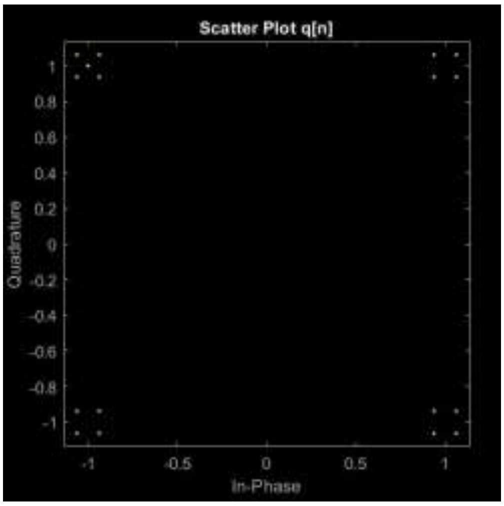
- Modulación 4-QAM

» Constelación enviada

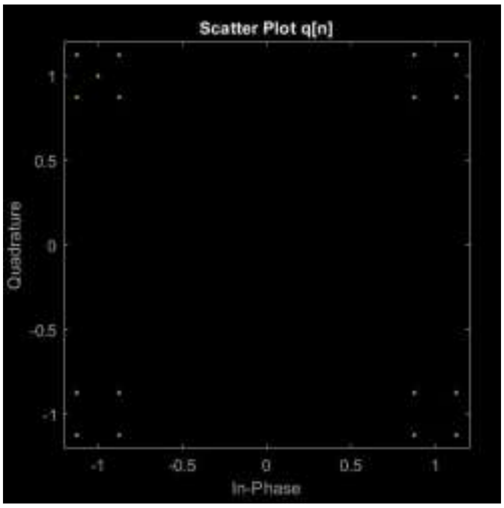


» Diagramas de dispersión según los valores de a:

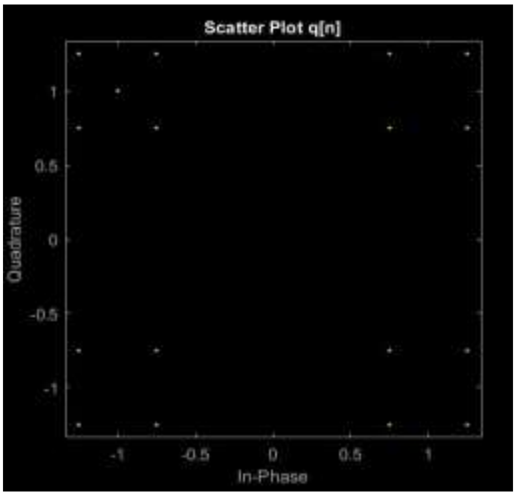
» a=1/16



» a=1/8



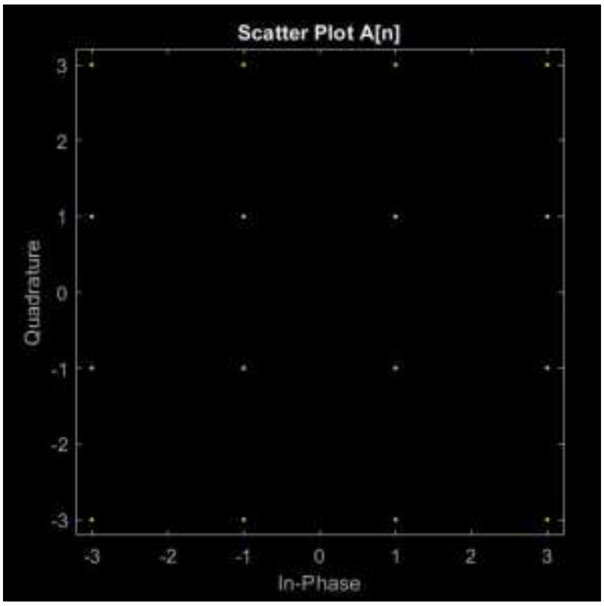
» a=1/4



En este caso cada símbolo enviado tiene 4 salidas distintas, corresponde a las 4 nubes de símbolos asociadas a cada símbolo enviado.
Al aumentar el valor de a, aumentamos el coeficiente que genera la ISI. Esto hace que se aumente la separación entre las nubes de los símbolos.
Esto puede hacer que cuanto mayor sea ‘a’, más se acercan a las fronteras de decisión, se necesita menos ruido para tomar una decisión de símbolo errónea. Lo que hace que para valores muy altos de ‘a’ los símbolos estarían en la región incorrecta.

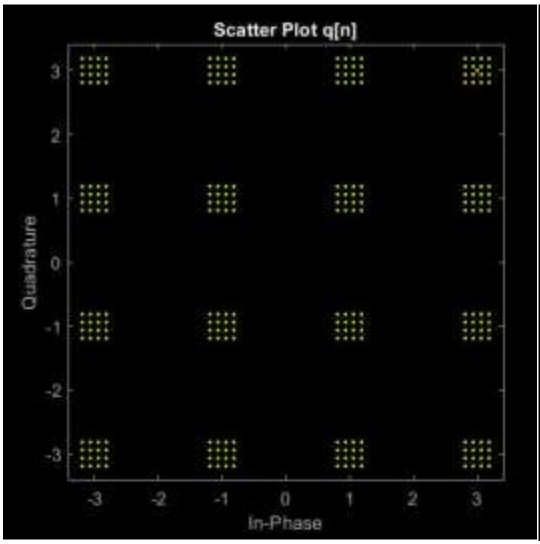
- Modulación 16-QAM

» Constelación enviada

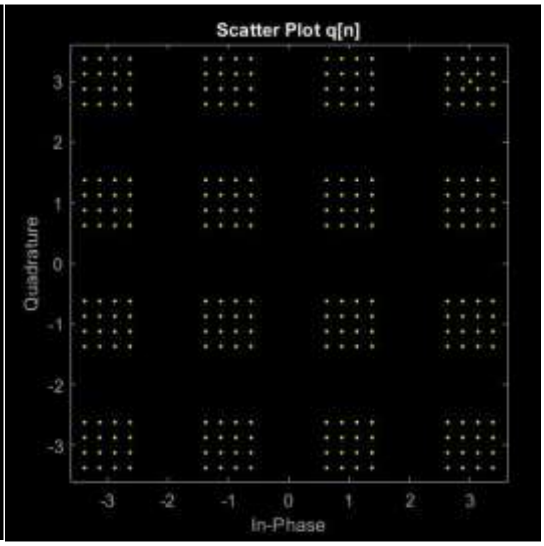


» Diagramas de dispersión según los valores de a:

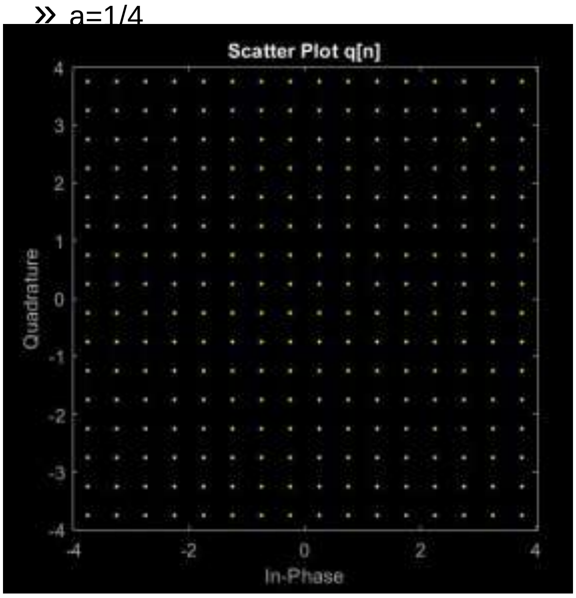
» a=1/16



» a=1/8



» a=1/4



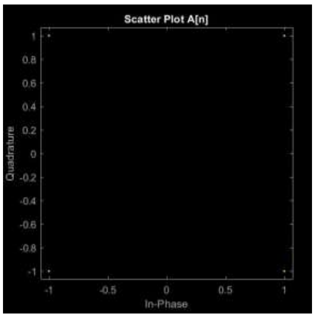
Podemos observar varias diferencias al cambiar a una constelación 16-QAM.
Por cada símbolo enviado tenemos más nubes de símbolos recibidos, ya que al haber más símbolos en la constelación enviada hay más posibles combinaciones A[n]. Además, cada símbolo tiene más nubes.
En este caso las nubes de puntos se han llegado a separar de tal forma que existe la misma distancia entre nubes del mismo símbolo y nubes del símbolo adyacente.
En conclusión, las constelaciones de mayor tamaño, se ven más afectada por el aumento del valor de ‘a’. Al aumentar este valor aumenta el efecto de la ISI sobre los símbolos enviados y cuanto mayor sea la constelación menos tiene que ser ‘a para que sucedan estos problemas.

2. Canal discreto equivalente de longitud 3

$$p[n] = \delta[n] + a\ \delta[n-1] + a\ 4\ \delta[n-2].$$

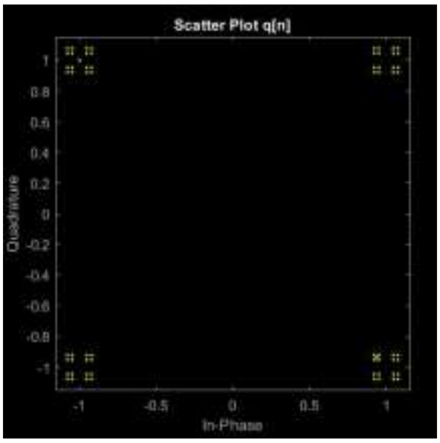
- ### Modulación 4-QAM

» Constelación enviada

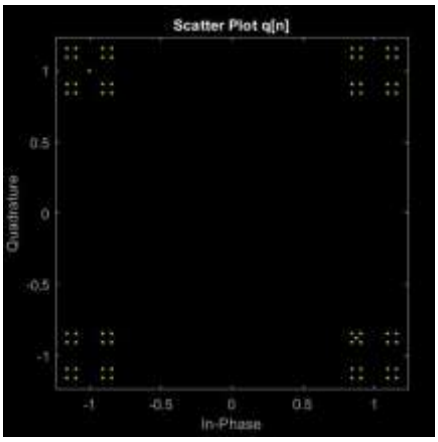


» Diagramas de dispersión según los valores de a:

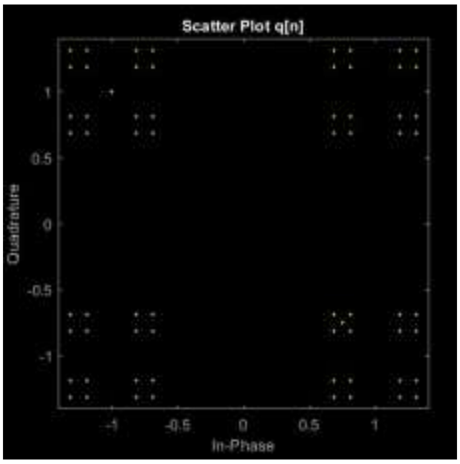
» a=1/16



» a=1/8



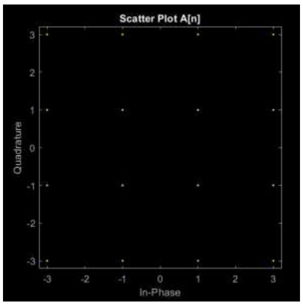
» a=1/4



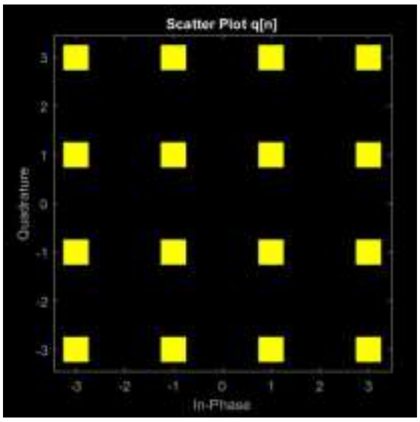
En este caso la constelación tiene más nubes de símbolos recibidos que el otro canal.
Al aumentar el valor de a, aumentamos el coeficiente que genera la ISI. Esto hace que se aumente la separación entre las nubes de los símbolos, como en el otro canal.

- ## Modulación 16-QAM

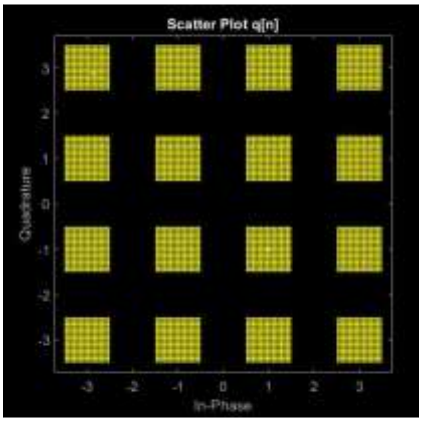
» Constelación enviada



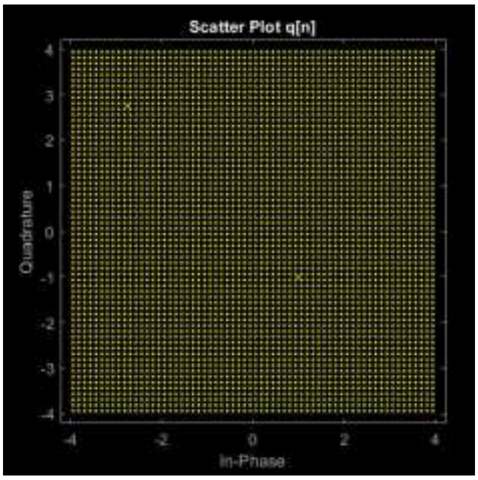
» a=1/16



» a =1/8



» a=1/4

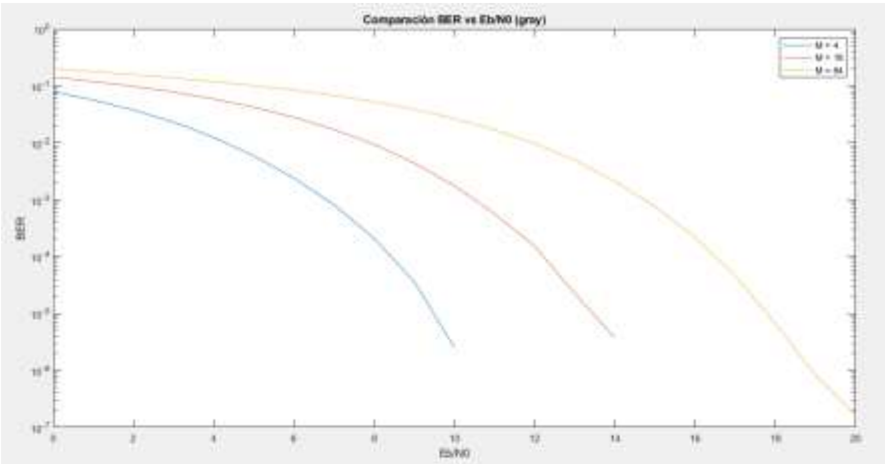


En cuanto a la modulación 16-QAM, podemos apreciar el mismo cambio que en la modulación 4-QAM, en este caso la constelación tiene más nubes de símbolos recibidos que el otro canal. Al aumentar el valor de a, aumentamos el coeficiente que genera la ISI. Esto hace que se aumente la separación entre las nubes de los símbolos, como en el otro canal.

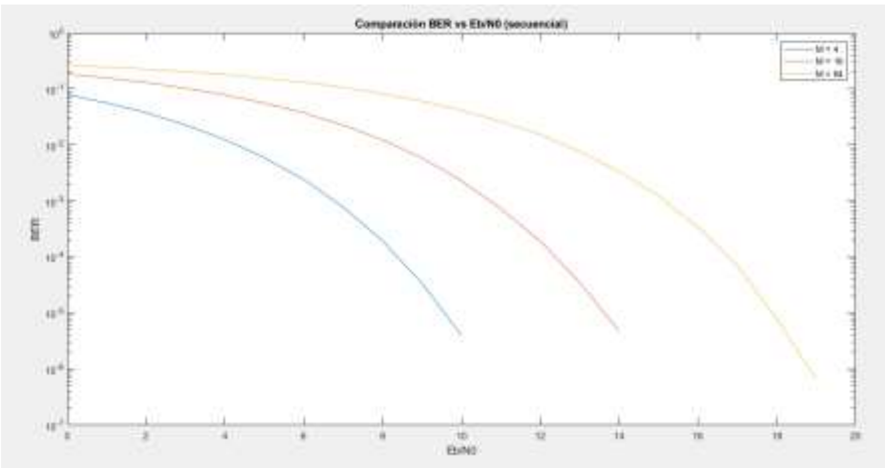
3. Efecto del ruido en las probabilidades de error

En este caso vamos a crear usar modulaciones QAM para una señal en paso banda

1. Usando una asignación de binaria de Gray



2. Usando una asignación binaria secuencial:



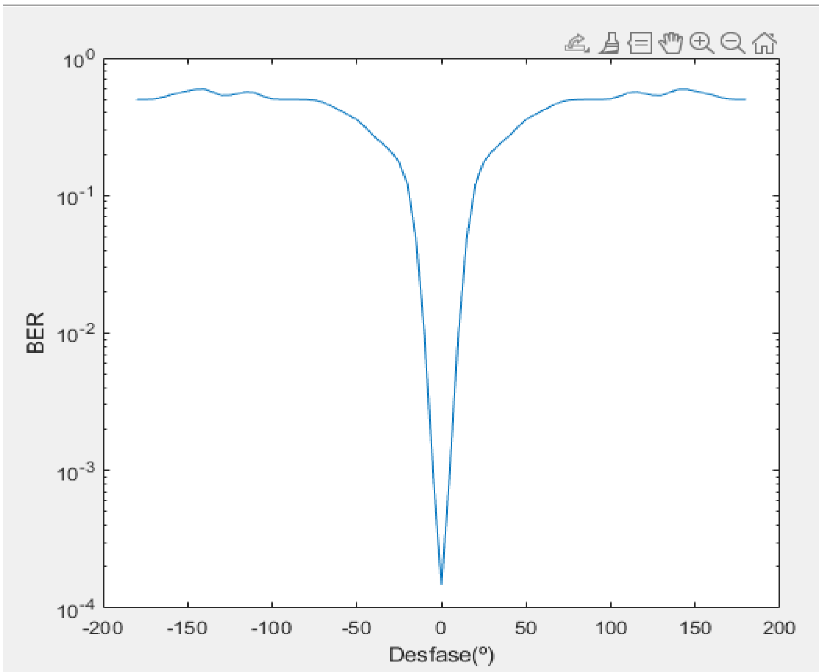
Podemos observar que, en ambas codificaciones, para un bajo coeficiente N0/Eb todas las modulaciones tienen una tasa error de bit (BER) similar, y todas evolucionan de igual manera, disminuyendo de forma exponencial cuanto mayor es Eb.
Cabe destacar que se puede conseguir un BER menor en las modulaciones con más símbolos a cambio de un mayor consumo.

3. Ahora compararemos ambas asignaciones en una 16QAM

Bits_Gray				Codificacion_Gray	Bits_Sec				Codificacion_Sec
0	0	0	0	-3+3i	0	0	0	0	-3+3i
0	0	0	1	-3+1i	0	0	0	1	-3+1i
0	0	1	0	-3-3i	0	0	1	0	-3-1i
0	0	1	1	-3-1i	0	0	1	1	-3-3i
0	1	0	0	-1+3i	0	1	0	0	-1+3i
0	1	0	1	-1+1i	0	1	0	1	-1+1i
0	1	1	0	-1-3i	0	1	1	0	-1-1i
0	1	1	1	-1-1i	0	1	1	1	-1-3i
1	0	0	0	3+3i	1	0	0	0	1+3i
1	0	0	1	3+1i	1	0	0	1	1+1i
1	0	1	0	3-3i	1	0	1	0	1-1i
1	0	1	1	3-1i	1	0	1	1	1-3i
1	1	0	0	1+3i	1	1	0	0	3+3i
1	1	0	1	1+1i	1	1	0	1	3+1i
1	1	1	0	1-3i	1	1	1	0	3-1i
1	1	1	1	1-1i	1	1	1	1	3-3i

Se puede apreciar que para una misma combinación de bits se asignan valores distintos en la mayoría de los casos.

4. Probabilidades de error con receptores no coherentes



Se puede observar que según nos acercamos más a el máximo desfase posible (+180º/-180º) mayor es la tasa de error, menos que esta disminuye según baja el desfase total.

5. Efecto de la ISI en las probabilidades de error

Transmitiremos una señal de una 16-QAM sobre el siguiente canal:

$$p[n] = -\frac{b}{2}\,\delta[n] + b\,\delta[n-1] + a\,\delta[n-2] + b\,\delta[n-3] - \frac{b}{2}\,\delta[n-4]$$

Y compararemos el BER y la probabilidad de error de símbolo de la señal en esta canal respecto a la que tendría en un canal discreto equivalente ideal. También veremos como esta medida evoluciona para un retardo de decisión d ∈ {0, 1, 2, 3, 4}.

Los resultados obtenidos en el canal ideal son los siguientes:

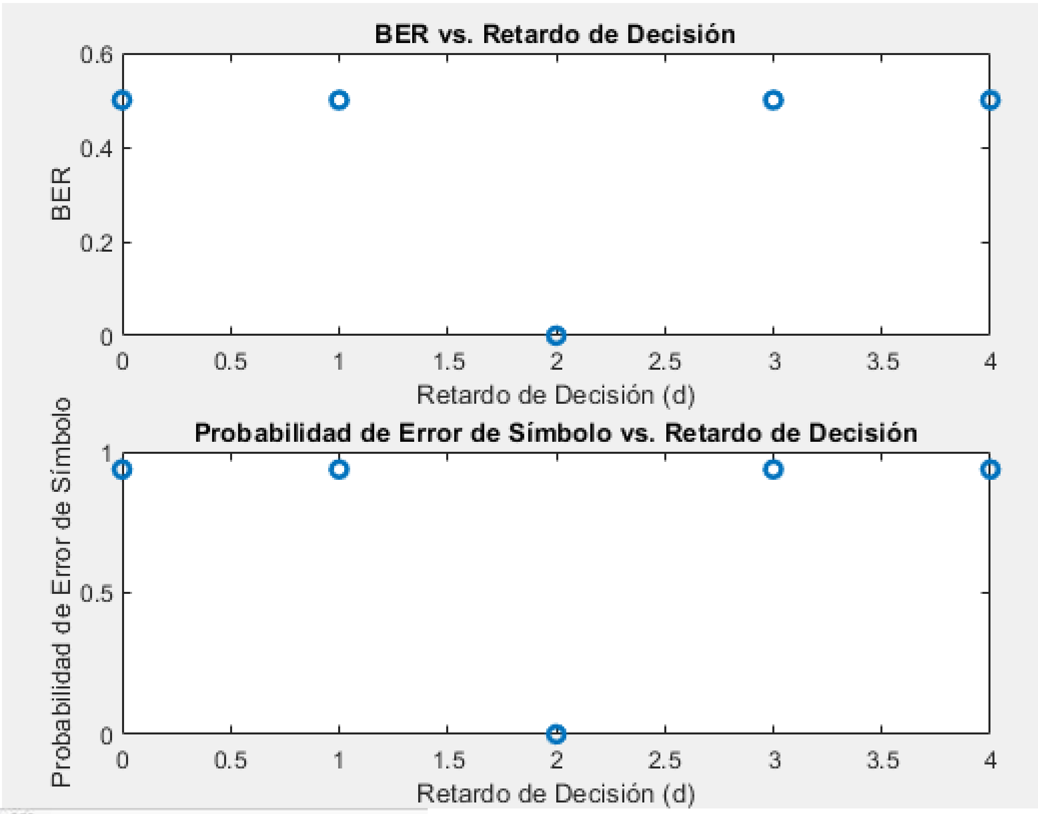
```
BER_ideal =

   2.5000e-07


PES_ideal =

   1.0000e-06
```

1. Caso con a = 1 y b = 1/16, con una relación Eb/N0 de 15 dB:



Variables - BER

BER 1x5 double

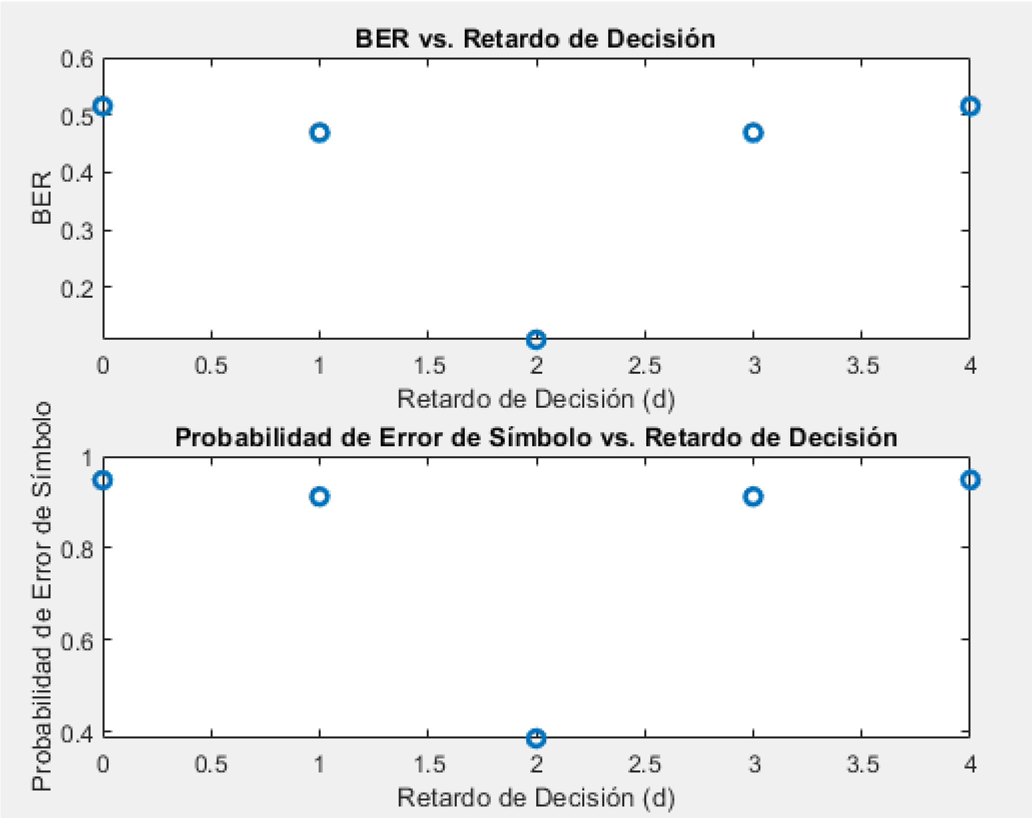
	1	2	3	4	5
1	0.5002	0.4999	1.5450e-04	0.4999	0.5002
2					

PES 1x5 double

	1	2	3	4	5
1	0.9377	0.9375	5.6700e-04	0.9375	0.9377

Podemos observar que hay una gran diferencia entre ambos canales, en el canal ideal las probabilidades de error son tan bajas que se pueden considerar 0 (por debajo de 10^-6). Sin embargo, en el canal con ISI, excepto en el caso en el que el retraso de decisión d=2; se obtiene una probabilidad de error de 0.5, lo cual es pésima. Sería igual de fiable tirar una moneda al aire y decidir el bit según su resultado.
Para el retraso de decisión d=2, obtenemos un error muy bajo, cercano a 0 (10^-4), esto se debe a que coincide con la delta con mayor coeficiente en el canal discreto equivalente (cuyo coeficiente es a=1), y esta aporta la mayoría de la información y es mucho mayor que el resto de coeficientes que empeoran un poco la probabilidad de error, pero no son determinantes

2. Caso cambiando b a b = 1/4:



BER

1x5 double

	1	2	3	4	5
1	0.5155	0.4687	0.1080	0.4685	0.5155

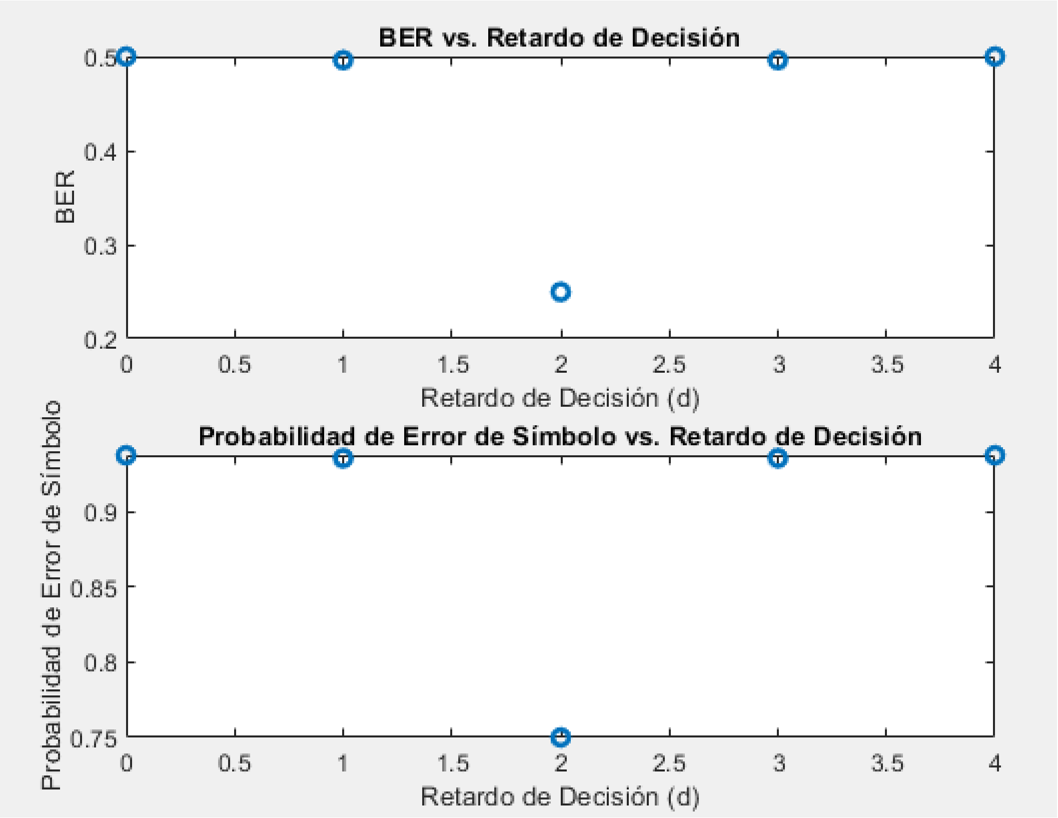
PES

1x5 double

	1	2	3	4	5
1	0.9481	0.9122	0.3860	0.9121	0.9486

En este caso que hemos aumentado los coeficientes de todas las deltas menos la de [n-2], se puede ver que como se ha reducido la relación entre a y b, el efecto de ISI es mayor aún en el caso óptimo para este canal (d=2). También cabe destacar que para d=1; d=3, ha disminuido un poco su probabilidad de error debido a que no se ven tan afectadas por la delta [n-2] debido a que ahora son mayores.

3.Caso con a = 1/2 y b = 1/32, con una relación Eb/N0 de 21 dB



Aquí podemos observar que al disminuir a y b, a la mitad de su valor en el apartado 1, obtenemos unas tasas de error peores que antes, esto se debe a que en el caso del retraso óptimo (d=2), a ya no es tan grande y se ve más afectada por el ruido (ya que la relación con respecto a b se mantiene igual), para el resto de retrasos se obtiene una probabilidad de error básicamente pésima, como ya antes hemos mencionado.