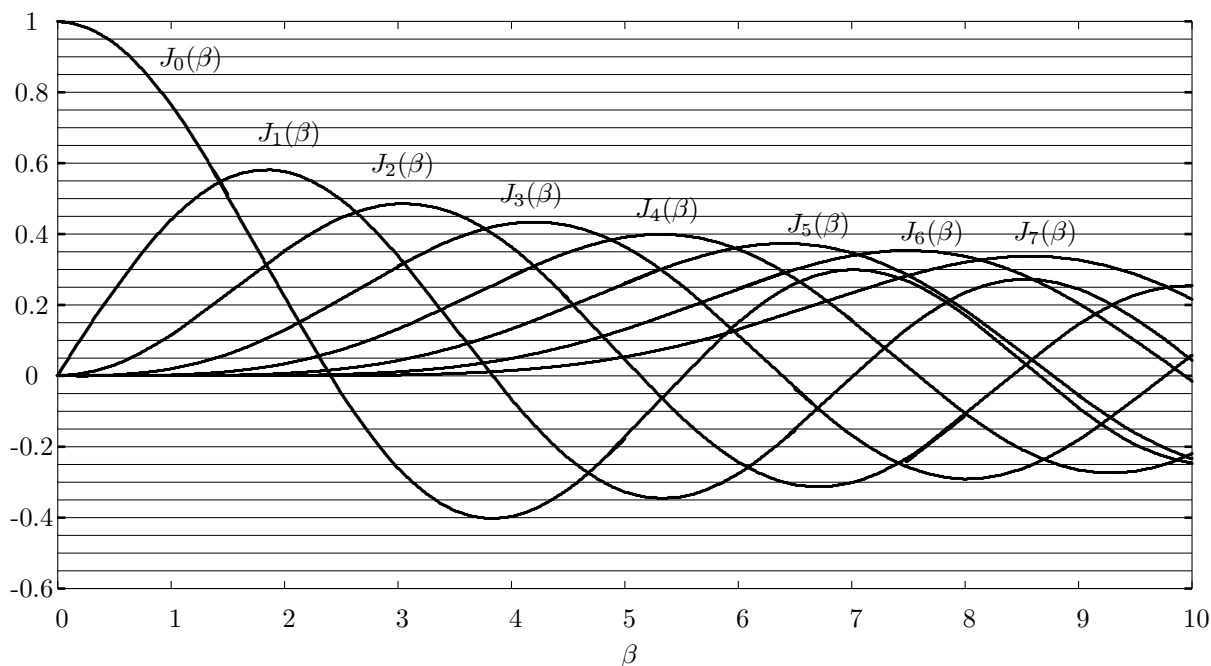


**TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN**  
**CUESTIONES**

(Tiempo: 60 minutos. Puntos 4/10)

Apellidos: ..... Nombre: ..... N° de matrícula o DNI: ..... Grupo ..... Firma	Calificación								
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td style="width: 40px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">T</td> <td></td> </tr> </table>	1		2		3		T	
1									
2									
3									
T									

**Cuestión 1**



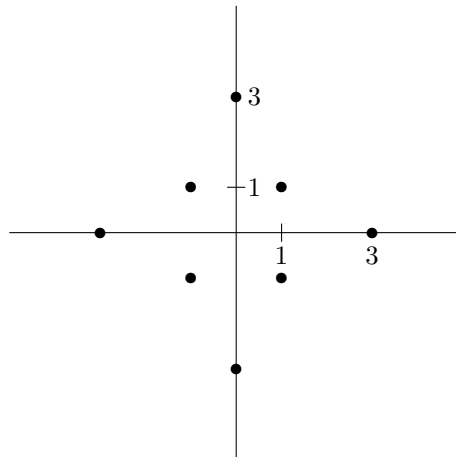
La señal moduladora de un sistema de comunicaciones analógico es  $m(t) = \cos(2\pi f_m t)$ , con  $f_m = 2$  MHz. La portadora  $c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t)$ , tiene una frecuencia  $f_c = 100$  MHz.

- a) Dibuje la densidad espectral de potencia de la señal modulada  $s(t)$  si se emplea una modulación de amplitud con índice de modulación  $a = 0.5$ .
- b) Dibuje la densidad espectral de potencia de la señal modulada  $s(t)$  si se emplea una modulación AM de doble banda lateral.
- c) Dibuje la densidad espectral de potencia de la señal modulada  $s(t)$  si se emplea una modulación AM de banda lateral única (banda lateral inferior).
- d) Dibuje el espectro de la señal modulada  $s(t)$  si se emplea una modulación FM con índice de modulación  $\beta = 2$ .

(1 punto)

## Cuestión 2

Un sistema de comunicaciones diseñado para transmitir sobre un canal con ruido aditivo gaussiano con densidad espectral de potencia  $N_0/2$ , utiliza la siguiente constelación, donde los ocho símbolos se utilizarán con la misma probabilidad.



- a) Diseñe el decisor óptimo del sistema.
- b) Obtenga una expresión aproximada de la probabilidad de error.
- c) Acote la probabilidad de error mediante la cota holgada.
- d) Acote la probabilidad de error mediante la cota de la unión.

---

(1,5 puntos)

### Cuestión 3

Una modulación AM de doble banda lateral se puede definir mediante el siguiente proceso aleatorio

$$S(t) = A_c M(t) \cos(\omega_c t),$$

donde  $M(t)$  es el proceso aleatorio que modela la señal moduladora. Se supone que  $M(t)$  es un proceso aleatorio estacionario, de media nula, función de autocorrelación  $R_M(\tau)$ , densidad espectral de potencia  $S_M(j\omega)$ , y potencia  $P_M$ .

- a) Calcule la media del proceso aleatorio  $S(t)$ ,  $m_S(t)$ .
- b) Calcule la función de autocorrelación del proceso  $S(t)$ ,  $R_S(t + \tau, t)$ .
- c) Calcule la densidad espectral de potencia del proceso  $S(t)$ ,  $S_S(j\omega)$ , y obtenga su potencia,  $P_S$ .

NOTA: Igualdades trigonométricas

$$\cos(a) \cos(b) = \frac{1}{2} \cos(a - b) + \frac{1}{2} \cos(a + b), \quad \sin(a) \sin(b) = \frac{1}{2} \cos(a - b) - \frac{1}{2} \cos(a + b),$$

$$\sin(a) \cos(b) = \frac{1}{2} \sin(a - b) + \frac{1}{2} \sin(a + b)$$

---

(1,5 puntos)

**TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN**

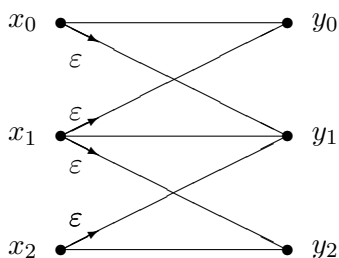
**PROBLEMAS**

(Tiempo: 120 minutos. Puntos 6/10)

Apellidos: ..... Nombre: ..... N° de matrícula o DNI: ..... Grupo ..... Firma	Calificación						
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">1</td> <td style="width: 50px; height: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">2</td> <td style="width: 50px; height: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">T</td> <td style="width: 50px; height: 30px;"></td> </tr> </table>	1		2		T	
1							
2							
T							

**Problema 1**

Para el canal de la figura

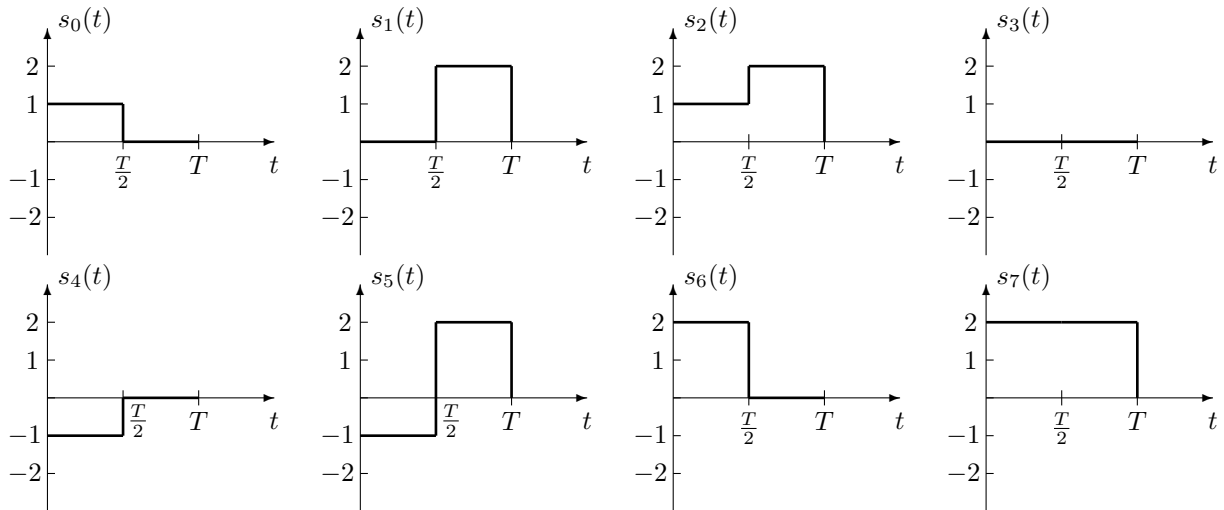


- a) Calcule  $H(X, Y)$ ,  $H(Y|X)$  y  $H(X|Y)$ , para símbolos equiprobables.
- b) Calcule la capacidad de canal en función de  $\varepsilon$ .

(3 puntos)

## Problema 2

Se va a diseñar un sistema de comunicaciones que utilizará las ocho señales de la figura para transmitir ocho símbolos con igual probabilidad. El canal únicamente introduce ruido, que se considerará blanco, gaussiano, estacionario y con densidad espectral de potencia  $N_0/2$ . Por simplicidad en los cálculos, considere  $T = 2$ .



- Realice la asignación de los bits que transporta cada una de las señales para obtener la mínima probabilidad de error de bit, y justifique la razón para elegir dicha asignación.
- Obtenga otras 8 señales alternativas (dibuje las ocho señales o proporcione sus expresiones analíticas) con las que se pueda obtener la misma probabilidad de error que con el conjunto original, pero que requieran una mínima energía media por símbolo, y calcule esa energía media por símbolo mínima.
- Diseñe el receptor óptimo (demodulador + decisor), y calcule la probabilidad de error obtenida (puede hacerlo utilizando tanto el conjunto original de señales como el obtenido en la sección b), ya que en ambos casos la probabilidad de error ha de ser la misma).

(3 puntos)