

### TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN

#### CUESTIONES

(Tiempo: 60 minutos. Puntos 4/10)

Apellidos: ..... Nombre: ..... Nº de matrícula o DNI: ..... Grupo ..... Firma	Calificación	
	1	
	2	
	3	
	T	

### Cuestión 1

La señal moduladora de un sistema de comunicaciones analógico,  $m(t)$ , es una señal de ancho de banda  $B$  Hz con densidad espectral de potencia

$$S_M(f) = \begin{cases} \frac{|f|}{B}, & \text{si } |f| \leq B \\ 0, & \text{si } |f| > B \end{cases} .$$

La portadora tiene una frecuencia  $f_c \gg B$ .

- a) Indique cual es el ancho de banda de la señal modulada mediante AM convencional y dibuje su densidad espectral de potencia,  $S_S(f)$ .
- b) Indique cual es el ancho de banda de la señal modulada mediante modulación de amplitud de doble banda lateral y dibuje su densidad espectral de potencia,  $S_S(f)$ .
- c) Indique cual es el ancho de banda de la señal modulada mediante modulación de amplitud de banda lateral única y dibuje su densidad espectral de potencia,  $S_S(f)$ , para el caso de banda lateral inferior.
- d) Indique cual es el ancho de banda de la señal modulada mediante una modulación FM con índice de modulación  $\beta = 5$ .

(1 punto)

## Cuestión 2

Un sistema de comunicaciones emplea la constelación mostrada en la Figura 1. Los tres símbolos se transmiten con igual probabilidad, de modo que se obtienen las regiones de decisión mostradas en la misma figura. Se supone que se tiene ruido blanco y gaussiano con densidad espectral de potencia  $N_o/2$ .

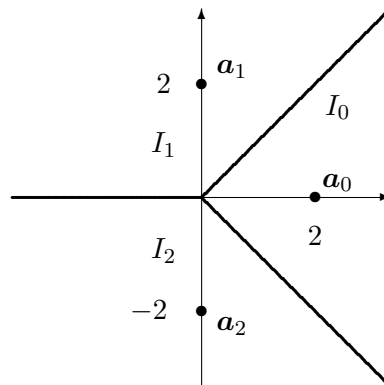


Figura 1: Constelación y regiones de decisión.

- Acote la probabilidad de error mediante la cota holgada.
- Calcule la energía media por símbolo de la constelación.
- Modifique la constelación para, manteniendo la probabilidad de error, minimizar la energía media por símbolo. Proporcione las nuevas coordenadas de cada símbolo,  $\mathbf{a}'_i$ ,  $i \in \{0, 1, 2\}$ , y calcule la nueva energía media por símbolo de la constelación modificada.

(1,5 puntos)

## Cuestión 3

Un proceso aleatorio  $Y(t)$  se define como

$$Y(t) = X \cdot \cos(\omega_0 t + \Theta),$$

donde  $X$  es una variable aleatoria uniformemente distribuida en el intervalo  $(-1, 1)$  y  $\Theta$  es una variable aleatoria uniformemente distribuida en el intervalo  $(0, \pi)$ , e independiente de  $X$ .

- Calcule la media,  $m_Y(t)$ , del proceso  $Y(t)$ .
- Calcule la función de autocorrelación,  $R_Y(t + \tau, t)$ .
- ¿Es  $Y(t)$  estacionario o cicloestacionario? Razone la respuesta.
- Calcule la densidad espectral de potencia,  $S_Y(f)$ , del proceso.

NOTA:  $\cos(A) \cdot \cos(B) = \frac{1}{2} [\cos(A - B) + \cos(A + B)]$ , y  $\sin(A + \pi) = -\sin(A)$ .

---

(1,5 puntos)

**TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN**

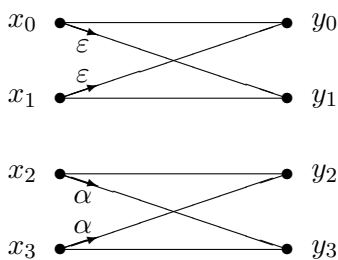
**PROBLEMAS**

(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: 40px; height: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">2</td> <td style="width: 40px; height: 30px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">T</td> <td style="width: 40px; 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  $\epsilon = 0$  y símbolos equiprobables, y representélas en función de  $\alpha$ .
- b) Calcule la capacidad de canal en función de  $\epsilon$  y de  $\alpha$ .

(3 puntos)

## Problema 2

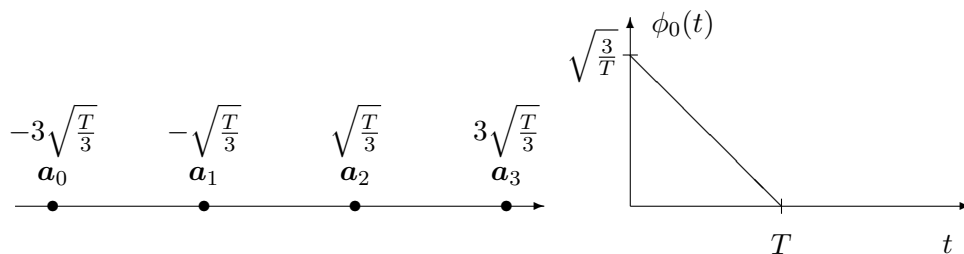
Se tiene un sistema de comunicaciones con un transmisor con una tasa de símbolo  $R_s = 10^3$  baudios. Se asume ruido aditivo blanco, gaussiano, y densidad espectral de potencia  $N_0/2$ , con  $N_0 = 2 \times 10^{-2}$ .

- a) Una aproximación comúnmente empleada en sistemas de comunicaciones digitales para la probabilidad de error de símbolo es

$$P_e \approx kQ \left( \frac{d_{min}}{2\sqrt{N_0/2}} \right), \quad (1)$$

donde  $d_{min}$  es la mínima distancia entre dos puntos de la constelación y  $k$  es el máximo número de símbolos que se encuentran a  $d_{min}$  de un símbolo de la constelación.

- Utilizando la aproximación (1), diseñe el codificador unidimensional óptimo del sistema de comunicaciones, con la menor energía media por símbolo, para obtener una probabilidad de error de símbolo aproximada  $P_e \approx 2 \cdot 10^{-4}$  transmitiendo a una velocidad binaria  $R_b = 2 \times 10^3$  bits/s.
  - Realice una asignación óptima de bits a cada símbolo, explicando la razón de dicha asignación, y calcule la tasa de error binaria aproximada.
- b) Si el sistema de comunicaciones utiliza el codificador y el modulador definidos en la figura siguiente:



- Diseñe el demodulador óptimo utilizando un correlador y utilizando un filtro adaptado causal (en este último caso proporcione la expresión analítica de la respuesta al impulso del filtro o bien dibújela).
- Si por simplicidad, en lugar del demodulador óptimo se emplea un demodulador que realiza la siguiente operación sobre la señal recibida ( $r(t)$ )

$$q = 2 \cdot \int_0^T r(t) dt,$$

diseñe el decisor óptimo y calcule la probabilidad de error de símbolo asumiendo símbolos equiprobables. Discuta si esta probabilidad de error será mayor o menor que la obtenida con el demodulador del apartado anterior.

(3 puntos)