

|                                                                                         |              |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--|
| Apellidos: .....<br>Nombre: .....<br>Nº de matrícula o DNI: ..... Grupo: .....<br>Firma | Calificación |  |
|                                                                                         | 1            |  |

## Ejercicio 1

Un proceso aleatorio  $X(t)$ , estacionario, tiene media  $m_X = 1$  y función de autocorrelación  $R_X(\tau) = \frac{1}{2} + \text{sinc}(\frac{\tau}{2})(1 + \cos(2\pi\tau))$ .

- a) Calcule la densidad espectral de potencia y la potencia de  $X(t)$ .
- b) El proceso aleatorio  $X(t)$  se filtra con un filtro paso banda ideal, con frecuencia central  $2\pi$  rad/s y ancho de banda  $2\pi$  rad/s. Calcule la media, la potencia, la función de autocorrelación y la densidad espectral de potencia del proceso de salida  $Y(t)$ .

\_\_\_\_\_ (2,5 puntos)

|                                                                                         |              |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--|
| Apellidos: .....<br>Nombre: .....<br>N° de matrícula o DNI: ..... Grupo: .....<br>Firma | Calificación |  |
|                                                                                         | 2            |  |

## Ejercicio 2

Un sistema de comunicaciones transmite  $M = 8$  señales equiprobables en el intervalo de tiempo  $(0, T)$  por un canal AWGN con d.e.p  $\frac{N_0}{2} = 1$ :

$$\begin{aligned}
 s_0 &= -3\sqrt{\frac{2}{T}} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) & s_1 &= -\sqrt{\frac{2}{T}} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) & s_2 &= \sqrt{\frac{2}{T}} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) & s_3 &= 3\sqrt{\frac{2}{T}} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \\
 s_4 &= -3\sqrt{\frac{2}{T}} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) & s_5 &= -\sqrt{\frac{2}{T}} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) & s_6 &= \sqrt{\frac{2}{T}} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) & s_7 &= 3\sqrt{\frac{2}{T}} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)
 \end{aligned}$$

- Obtenga una base generadora del conjunto de señales. Dibuje la constelación.
- Obtenga la distancia entre símbolos y la energía media de la constelación.
- Dibuje las regiones de decisión.
- Obtenga la probabilidad de error utilizando la cota de la unión.

(2,5 puntos)

|                                                                                         |              |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--|
| Apellidos: .....<br>Nombre: .....<br>N° de matrícula o DNI: ..... Grupo: .....<br>Firma | Calificación |  |
|                                                                                         | 3            |  |
|                                                                                         | 4            |  |
|                                                                                         |              |  |

## Ejercicio 3

La señal moduladora de un sistema analógico de comunicaciones tiene la siguiente densidad espectral de potencia

$$S_M(j\omega) = \begin{cases} \frac{A_M}{2} + \frac{A_M}{2} \left( \frac{\omega}{4\pi \times 10^6} \right)^2, & \text{si } |\omega| \leq 4\pi \times 10^6 \text{ rad/s} \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

un rango dinámico  $-2 \leq m(t) \leq 2$  y una potencia de 1 W. Se va a modular con varios tipos de modulación, en todos los casos con una portadora de amplitud 1 y frecuencia 100 MHz. En la transmisión, la temperatura de ruido es de 290° Kelvin y la potencia de la señal modulada que llega a la entrada del receptor es de 8 pW.

- a) Para una modulación de amplitud de banda lateral única (banda lateral inferior):
  - I) Dibuje el diagrama de bloques del modulador de Hartley para esta modulación.
  - II) Dibuje la densidad espectral de potencia de la señal modulada.
  - III) Calcule el ancho de banda en Hz de la señal modulada.
  - IV) Calcule la relación señal a ruido en dB a la salida de un receptor coherente.
- b) Para una modulación de amplitud de banda lateral vestigial (banda lateral superior), con un vestigio de 500 kHz:
  - I) Dibuje la respuesta en frecuencia de un filtro de banda lateral vestigial válido, y explique las condiciones que debe cumplir dicho filtro.
  - II) Dibuje la densidad espectral de potencia de la señal modulada.
  - III) Calcule el ancho de banda en Hz de la señal modulada.
  - IV) Calcule la relación señal a ruido en dB a la salida de un receptor coherente.
- c) Para una modulación de frecuencia, con índice de modulación 5, calcule:
  - I) El ancho de banda en Hz de la señal modulada.
  - II) La relación señal a ruido en dB a la salida del receptor.

NOTA: En los dibujos requeridos, los dos ejes de la representación deben estar etiquetados adecuadamente, para identificar de forma precisa frecuencias y amplitudes. Para las relaciones señal a ruido y los anchos de banda, hay que proporcionar los valores numéricos en cada caso.

(2,5 puntos)

## Ejercicio 4

Un canal discreto sin memoria tiene una entrada  $X$  y una salida  $Y$ , con las siguientes probabilidades conjuntas entre entrada y salida

| $p_{X,Y}(x_i, y_j)$ | $y_0$                 | $y_1$                | $y_2$                | $y_3$                       |
|---------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| $x_0$               | $p(1 - 2\varepsilon)$ | $p\varepsilon$       | $p\varepsilon$       | 0                           |
| $x_1$               | 0                     | $(1 - p)\varepsilon$ | $(1 - p)\varepsilon$ | $(1 - p)(1 - 2\varepsilon)$ |

a) Obtenga la matriz de canal y dibuje el diagrama de flechas para el canal.

b) Calcule las siguientes medidas cuantitativas de información:

◦  $H(X)$ ,  $H(Y)$ ,  $H(X, Y)$ ,  $H(X|Y)$ ,  $H(Y|X)$

y dibuje dichas medidas en función de  $p$  para  $\varepsilon = 0.25$ .

c) Calcule la capacidad del canal, explicando claramente cómo se obtiene dicho valor.

---

(2,5 puntos)