

ITT-TELEMÁTICA
TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN
(2º curso - Septiembre 2009)

Apellidos:

Nombre:

Nº de matrícula o DNI:

Grupo:

Se ha presentado al examen

Firma

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

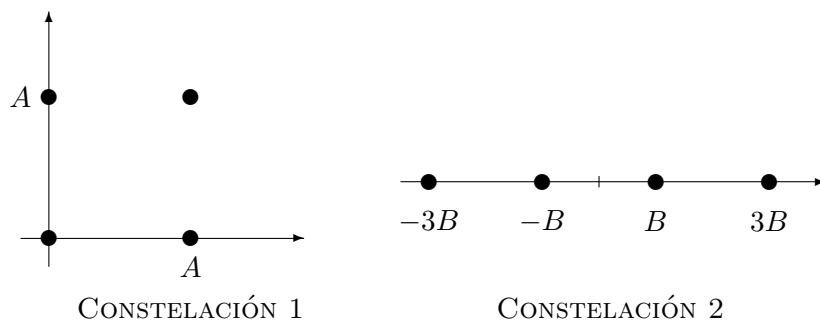
En un sistema de comunicaciones analógicas la señal a transmitir (señal moduladora) es una señal en banda base de ancho de banda B Hz.

- a) Proporcione la eficiencia espectral (dando el ancho de banda) de una modulación AM convencional (con portadora), y diga cómo se comporta frente al ruido comparándola con una transmisión sin modular.
- b) Proporcione la eficiencia espectral (dando el ancho de banda) de una modulación AM de doble banda lateral sin portadora, y diga cómo se comporta frente al ruido comparándola con una transmisión sin modular.
- c) Proporcione la eficiencia espectral (dando el ancho de banda) de una modulación AM de banda lateral única, y diga cómo se comporta frente al ruido comparándola con una transmisión sin modular.
- d) Proporcione la eficiencia espectral (dando el ancho de banda) de una modulación FM con índice de modulación $\beta = 5$, y diga cómo se comporta frente al ruido comparándola con una transmisión sin modular.

_____ (1 punto)

Cuestión 2

Para la realización de un sistema de comunicaciones, con 4 símbolos equiprobables, que se diseñará para transmitir sobre un canal con ruido aditivo blanco y gaussiano de densidad espectral de potencia $N_0/2$, se consideran las dos constelaciones de la figura.



- Calcule los valores de A y B necesarios para obtener una energía media por símbolo unidad para ambas constelaciones.
- Para estos valores de A y B , obtenga una expresión aproximada de la probabilidad de error de símbolo, una expresión aproximada de la probabilidad de error de bit asumiendo una relación señal a ruido alta y una codificación de Gray, y compare las prestaciones obtenidas con ambas constelaciones.
- Para la constelación número 1, calcule la cota holgada y la cota de la unión.

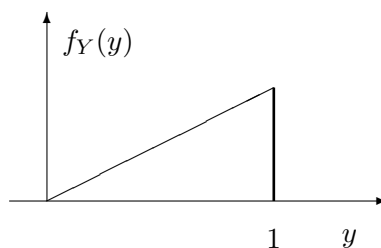
(1,5 puntos)

Cuestión 3

Se define el siguiente proceso aleatorio

$$S(t) = X \cdot M(t) \cdot \cos(\omega_c t) + Y \cdot M(t) \cdot \sen(\omega_c t),$$

donde $M(t)$ 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 , y X e Y son dos variables aleatorias independientes, la primera con una distribución gaussiana de media nula y varianza $1/2$, y la segunda con la función densidad de probabilidad, $f_Y(y)$, indicada en la figura.



1. Calcule la media del proceso aleatorio $S(t)$, $m_S(t)$.
2. Calcule la función de autocorrelación del proceso $S(t)$, $R_S(t + \tau, t)$, y diga si el proceso es estacionario o cicloestacionario.
3. Calcule la densidad espectral de potencia del proceso, $S_S(j\omega)$, y obtenga su potencia, P_S .

NOTA: Igualdades trigonométricas

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

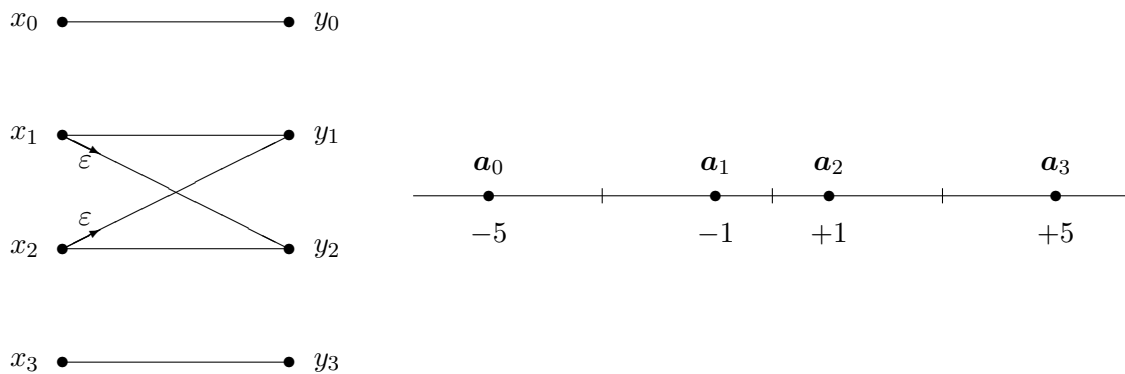
$$\sen(a) \cos(b) = \frac{1}{2} \sen(a - b) + \frac{1}{2} \sen(a + b)$$

(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="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;">T</td> <td></td> </tr> </table>	1		2		T	
1							
2							
T							

Problema 1



- a) Si el canal discreto sin memoria (DMC) que se muestra arriba corresponde al modelo estadístico de canal de un sistema de comunicaciones que utiliza la constelación de cuatro símbolos de la figura, escriba la matriz de canal asociada a la representación esquemática del DMC, compárela con la matriz de canal para dicha constelación, explique qué aproximación se ha considerado sobre un sistema de comunicaciones con dicha constelación, y obtenga el valor de ϵ para ese caso (suponga transmisión sobre un canal gaussiano de densidad espectral de potencia de ruido $N_0/2$).
- b) Calcule $H(Y|X)$, $H(X|Y)$, $H(X, Y)$ e $I(X, Y)$ para el canal de la figura si los símbolos de entrada son equiprobables, representélas en función de ϵ , y obtenga el valor de ϵ que hace máximas $H(X, Y)$, $H(Y|X)$ y $H(X|Y)$, y mínima $I(X, Y)$.
- c) Calcule la capacidad del canal de la figura en función de ϵ .

NOTA: Para el cálculo de la capacidad de canal, tenga en cuenta la simetría del canal, que hace que la dependencia de $I(X, Y)$ con respecto a $p_X(x_0)$ y a $p_X(x_3)$ por un lado, y con respecto a $p_X(x_1)$ y $p_X(x_2)$ por el otro, sea equivalente.

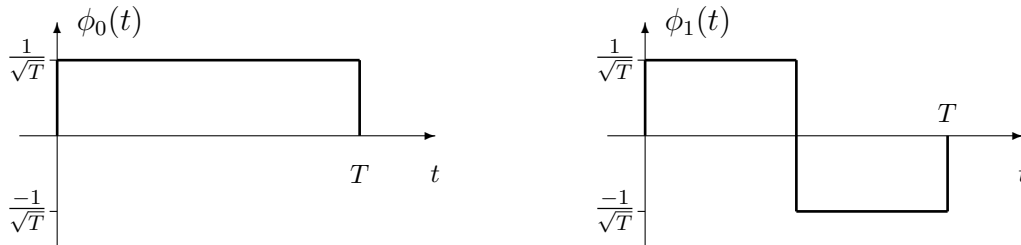
(3 puntos)

Problema 2

Un sistema de comunicaciones utiliza una constelación formada por los siguientes 4 símbolos,

$$\mathbf{a}_0 = \begin{bmatrix} +1 \\ +1 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ +1 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_2 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \end{bmatrix}, \mathbf{a}_3 = \begin{bmatrix} +1 \\ -1 \end{bmatrix},$$

que se transmiten con igual probabilidad, y un modulador dado por las siguientes funciones base

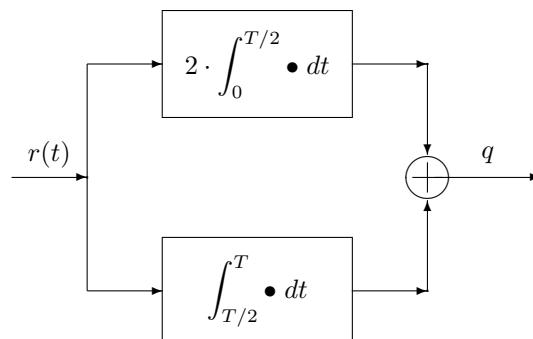


Por simplicidad en los cálculos, en lo sucesivo considere $T = 1$. Considere también la transmisión sobre un canal gaussiano con densidad espectral de potencia de ruido blanco $N_0/2$.

- Realice la asignación binaria que minimiza la probabilidad de error de bit, justificando dicha asignación (sin la justificación adecuada, la asignación no será valorada), y calcule la velocidad de transmisión de símbolos, R_s , y la velocidad de transmisión binaria, R_b .
- Represente las cuatro señales utilizadas para la transmisión de cada símbolo, $s_i(t)$, $i = \{0, 1, 2, 3\}$, y la señal resultante de la transmisión de la siguiente secuencia de símbolos

$$\mathbf{A}[0] = \mathbf{a}_1, \mathbf{A}[1] = \mathbf{a}_0, \mathbf{A}[2] = \mathbf{a}_3, \mathbf{A}[3] = \mathbf{a}_0, \mathbf{A}[4] = \mathbf{a}_2.$$

- Diseñe el receptor óptimo (demodulador + decisor), y calcule la probabilidad de error obtenida con este receptor.
- Si en lugar del demodulador óptimo se utiliza el demodulador de la figura, diseñe el decisor óptimo para ese demodulador y calcule la probabilidad de error resultante.



(3 puntos)