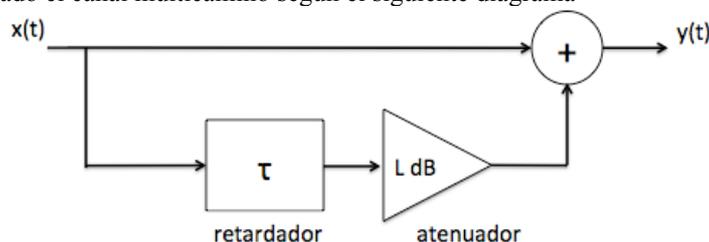


Apellidos:		 Departamento de Ingeniería de Telecomunicación
Nombre:		
<b>TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN</b> <b>PROBLEMAS (2º curso)</b>	Ing. Tec. de Telecom (ITT) Grado Ing. Tec. Telecom / Telemat (GITT)	
<b>09 Enero de 2014</b>	<b>Duración máxima: 1h 30min</b>	

- Sólo se tendrá en cuenta aquello escrito con **bolígrafo azul o negro**.
- Se permite el uso de calculadora.
- Si se detecta a algún alumno consultando teléfonos móviles, apuntes o libros es motivo de expulsión.
- Se permite el uso de un formulario (dos caras A4, escrito a mano por el alumno). Un formulario no escrito a mano será eliminado. Un formulario con problemas resueltos es motivo de expulsión.
- No se considera correcto un ejercicio si no se expresa las soluciones con sus unidades adecuadas.

### PROBLEMA 1 (TODOS): (3.5 puntos) (30 minutos)

Un grupo de alumnos de la asignatura Comunicaciones Digitales Avanzadas (5º Ingeniería de Telecomunicación) de la EPS de Linares han simulado una transmisión multicamino. La transmisión multicamino (multipath) se caracteriza porque el receptor recibe la señal transmitida por dos o más trayectos diferentes, lo que implica que la señal transmitida sufre diferentes retardos y atenuaciones. Estos alumnos han modelado el canal multicamino según el siguiente diagrama



- a) Considerando que el retardo es de  $\tau = 2s$ , y el atenuador proporciona una atenuación (a la salida se ha realizado una reducción de la potencia de la entrada) de  $L=3dB$ , determine la respuesta al impulso y la respuesta en frecuencia del canal (**1p**)

Estos alumnos han implementado un determinado tipo de señal  $x(t)$  que puede ser modelada mediante un proceso estocástico estacionario en sentido estricto cuya función de autocorrelación vale:

$$R_x(\tau) = 14 \cdot (e^{-3|\tau|} + 2),$$

- b) Determine la potencia de alterna y de continua y la densidad espectral de potencia de  $x(t)$  (**1p**)
- c) Si la señal  $x(t)$  del apartado b) se transmite a través del canal con transmisión multicamino del apartado a), determine la densidad espectral de potencia  $G_y(f)$  a la salida del sistema. Expresar en su forma más simplificada posible utilizando tres sumandos (**1.5p**)

### PROBLEMA 2 (TODOS): (3 puntos) (30 minutos)

Una empresa andaluza de análisis de datos pretende transmitir en banda base a ocho niveles por un canal cuya función de transferencia se puede modelar utilizando la siguiente expresión

$$H_m(f) = A \Pi\left(\frac{f}{40000}\right)$$

con un régimen binario  $R_b \geq 100Kbps$ . Suponiendo que la señal de datos  $x(t)$  que se quiere transmitir al canal se modela como se muestra a continuación,

$$x(t) = \sum_k h_t(t - kT) \quad \text{siendo} \quad h_t(t) = \text{sinc}\left(\frac{t}{B}\right)$$

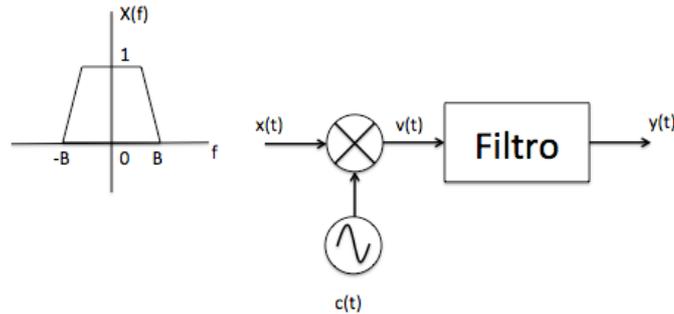
donde T representa el periodo de símbolo.

Explique razonadamente (matemáticamente) si alguna de las siguientes opciones, utilizando el dominio de la frecuencia, es la correcta si no se desea tener ISI y además se desea satisfacer la condición respecto al régimen binario ( $R_b \geq 100Kbps$ )

- a)  $B = \frac{1}{20000} \text{ s}, T = \frac{1}{40000} \text{ s}$  (1.5 p)
- b)  $B = \frac{1}{20000} \text{ s}, T = \frac{1}{20000} \text{ s}$  (1.5 p)

**PROBLEMA 3 (ITT): (3.5 puntos) (30 minutos)**

Un alumno de Ingeniería de Telecomunicación se encuentra realizando su Proyecto Fin de Carrera acerca de las modulaciones lineales. El alumno utiliza como señal moduladora  $x(t)$  (cuya transformada de Fourier  $X(f)$  se muestra en la figura) y como señal portadora  $c(t) = \cos^3(2\pi f_c t)$ . Sin embargo, se desea obtener a la salida del sistema una modulación DSB de la forma  $y(t) = x(t)\cos(2\pi f_c t)$ .



- a) Representar gráficamente  $V(f)$ , es decir, la transformada de Fourier de la señal  $v(t)$  salida del multiplicador, indicando los valores en el eje de abscisas y ordenadas con sus unidades correspondientes (1.5p)
- b) Explique razonadamente cuál debe ser el valor mínimo de la frecuencia de portadora  $f_c$  para que el sistema pueda funcionar (1p)
- c) ¿Qué tipos de filtros son válidos para que la salida del sistema  $y(t)$  esté modulada en DSB? Explicar razonadamente ¿Cuáles son los anchos de banda mínimos y máximos? (1p)

NOTA:  $\cos^3(a) = \cos^2(a) \cdot \cos(a)$

**PROBLEMA 4 (GITT): (3.5 puntos) (30 minutos)**

Se desea evaluar en un sistema de comunicación digital el uso de diferentes modulaciones. El régimen binario transmitido será de 1Mbps, la amplitud de pico de la señal recibida será de 10mV y la densidad espectral de potencia de ruido a la entrada del receptor  $n/2 = 0.5 \cdot 10^{-11} \text{ W/Hz}$ . Suponiendo un ancho de banda del canal infinito y símbolos equiprobables, determinar:

- a) La probabilidad de error de bit para las modulaciones QPSK, MSK y 4-FSK (Sunde). Suponer para la modulación 4-FSK que por cada símbolo se producen en media un error de 4/3 bits. Explicar detalladamente los cálculos realizados (1.5p)
- b) El ancho de banda de primer nulo a nulo para las modulaciones del apartado anterior (0.5p)
- c) Considerando las modulaciones del apartado a),
- i. ¿Qué modulación elegiría para si se pretende tener máxima eficiencia en ancho de banda? Explicar razonadamente (0.5p)
  - ii. ¿Qué modulación elegiría para tener menor interferencia fuera de banda? Explicar razonadamente (0.5p)
- d) El menor valor de M que permite obtener para modulación M-FSK (Sunde) una BER inferior a la obtenida en el apartado a) para modulación QPSK. Calcular el valor de la BER obtenido con ese valor mínimo de M. Suponer que para  $M = (8, 16, 32, 64)$  se producen en media por cada símbolo erróneo un error de (12/7, 28/15, 80/31, 202/63) bits, respectivamente (0.5p)

$$\text{erfc}(x) \approx \frac{e^{-x^2}}{x\sqrt{\pi}}$$

NOTA: Realizar la siguiente aproximación:

**Justifique adecuadamente sus respuestas, no se considerarán válidas aquellas que, correctas numéricamente, no estén suficientemente justificadas. Exprese en su forma más simplificada posible todas las expresiones.**