

**Ejercicio 1:**

Considere una modulación que utiliza estos símbolos de duración T:

$$s_m(t) = A \sin\left(\frac{2\pi(N+m)t}{T}\right) \quad 0 \leq t \leq T$$

para  $m=0,1,2,3$ , donde N es un entero. El ruido del canal es AWGN de densidad  $N_0/2$ .

a) Dibuje la estructura del receptor ML y halle una cota el máximo de ajustada de la probabilidad de error de bit (BER).

b) Suponga ahora que mantiene el receptor ML diseñado en a), pero que los símbolos recibidos son:

$$\tilde{s}_m(t) = A \sin\left(\frac{2\pi(N+m)t}{T} + \theta_m\right)$$

debido a que el canal introduce un desfase distinto y desconocido para cada símbolo. Halle la BER resultante y compruebe de qué modo se degrada.

c) Proponga una modificación del receptor ML para el caso en que las fases  $\theta_m$  sólo puedan tener los valores 0 o  $\pi$ , pero igualmente desconocidas por el receptor. Halle la BER de este nuevo detector.

**Ejercicio 2:**

Considere una modulación que utiliza estos símbolos de duración T:

$$s_m(t) = p_m(t) - \gamma c(t)$$

para  $m=0,1,2,3$ , donde

$$p_m(t) = A \sin\left(\frac{2\pi(N+m)t}{T}\right) \quad 0 \leq t \leq T$$

$$c(t) = \frac{1}{4} \sum_{m=0}^3 p_m(t) \quad (\text{centroide de la constelación})$$

a) Halle una cota el máximo de ajustada de la probabilidad de error de bit (BER) del detector ML. Explique en qué difiere el detector ML respecto al propuesto en el apartado a) del ejercicio 1.

b) Halle el valor de  $\gamma$  que da lugar a la menor BER posible y justifique que la BER obtenida es todavía mejor que la de cualquier modulación ortogonal de cuatro símbolos.