

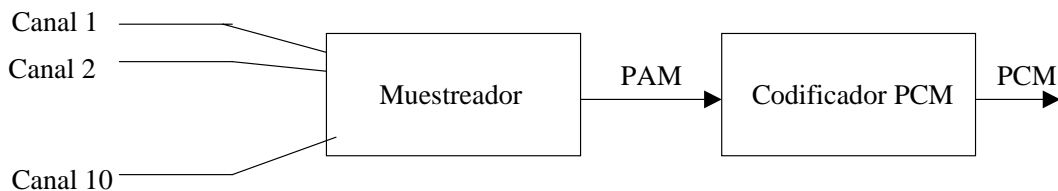
### Problema PTC0003-02

Diez canales de señal de 10 KHz. se muestrean y multicanalizan a una velocidad de 25.000 muestras/sg. por canal. Cada muestra se codifica entonces en seis dígitos binarios.

- Encuéntrese la velocidad de salida de PCM en bits/sg. Estímese el ancho de banda necesario para transmitir la hilera PCM.
- Usando el mismo número de niveles de cuantización que antes, cada muestra se transmite ahora como una secuencia de pulsos de cuatro niveles. ¿Cuál es la velocidad de salida de bits/sg.? Estímese el ancho de banda requerido para la transmisión.
- Repítase la parte b) para el caso en que cada muestra cuantizada se transmite como un pulso multinivel sin ninguna codificación posterior.

### Solución PTC0003-02

Apartado a)



La velocidad de la señal PAM dependerá del número de canales multiplexados (10) y de la velocidad de muestreo (25 KHz).

$$v_{PAM} = 10 \text{ canales} \cdot 25 \frac{\text{Kmuestras}}{\text{segundo} \cdot \text{canal}} = 250 \frac{\text{Kmuestras}}{\text{segundo}}$$

Si cada muestra se codifica utilizando 6 bits, la velocidad de la señal PCM será

$$v_{PCM} = 250 \frac{\text{Kmuestras}}{\text{segundo}} \cdot 6 \frac{\text{bits}}{\text{muestra}} = 1500 \text{ Kbps}$$

La señal PCM es una señal digital que necesitará para su transmisión un sistema con ancho de banda que dependerá de la conformación concreta que adopten los diferentes pulsos. En términos generales, y en ausencia de otros detalles, podemos considerar que el ancho de banda necesario coincidirá con la velocidad de transmisión de símbolos (en baudios). En este caso tenemos

$$B = v_s$$

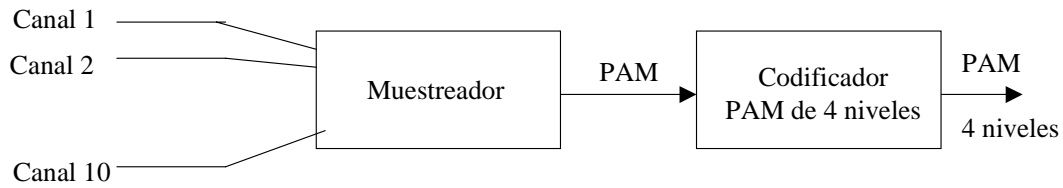
Pero en una transmisión PCM simple como la que nos ocupa cada símbolo, cada pulso, cada forma de onda, es portadora de un único bit de información. Por tanto, la velocidad de transmisión de símbolos y de bits coincide, por lo que

$$B = v_s = v_{PCM} = 1500 \text{ KHz}$$

Apartado b)

En el caso anterior cada pulso PAM sin cuantizar (cada muestra) se convertía en una hilera de 6 pulsos PCM, cada uno de ellos con 2 niveles y, por tanto, llevando cada uno de ellos 1 bit. En definitiva, cada muestra daba lugar a 6 bits. En el caso actual, se mantienen los niveles de cuantización por lo que seguirá siendo verdad que cada muestra da lugar a 6 bits. Pero ahora la señal resultante no está formada por pulsos PCM de 2 niveles sino por pulsos PAM cuantizados de 4 niveles, es decir, llevando

cada uno de ellos 2 bits de información. Por tanto serán necesarios 3 de estos pulsos PAM cuantizados para enviar los 6 bits de información que requiere cada muestra.



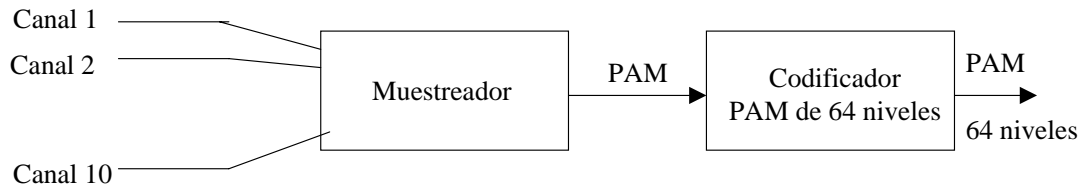
Como puede verse, en este caso la velocidad de transmisión de información no sufre alteraciones y sigue siendo

$$v_b = 250 \frac{Kmuestras}{segundo} \cdot 6 \frac{bits}{muestra} = 1500 Kbps$$

Sin embargo ahora la velocidad de transmisión de símbolos se reduce a la mitad, pues mientras antes se mandaban 6 pulsos PCM por muestra, ahora sólo se envían 3 pulsos PAM cuantizados por muestra. Ello hace que el ancho de banda del canal necesario sea también la mitad del caso anterior.

$$B = v_s = \frac{v_b}{2} = \frac{1500}{2} KHz = 750 KHz$$

Apartado c)



En este caso cada pulso PAM sin cuantizar (cada muestra) se convierte en un único pulso PAM cuantizado en 64 niveles, llevando cada uno de ellos, por tanto, 6 bits de información. La velocidad de transmisión de información sigue, por tanto, inalterada y vale

$$v_b = 250 \frac{Kmuestras}{segundo} \cdot 6 \frac{bits}{muestra} = 1500 Kbps$$

Sin embargo ahora la velocidad de transmisión de símbolos se reduce a la sexta parte del caso original, pues mientras antes se mandaban 6 pulsos PCM por muestra, ahora sólo se envían 1 único pulso PAM cuantizado por muestra. Ello hace que el ancho de banda del canal necesario sea también la sexta parte del caso original.

$$B = v_s = \frac{v_b}{6} = \frac{1500}{6} KHz = 250 KHz$$