

Fig. 2 Diagrama funcional de un sistema QPSK-OFDM

3. Modelo del Sistema

La "Fig. 2" representa un diagrama funcional de un sistema QPSK-OFDM con recepción coherente e inserción de intervalos de guarda en presencia de un canal gaussiano limitado en banda.

3.1. Señales QPSK-OFDM con intervalo de guarda

La expresión general de una señal QPSK-OFDM usual es:

$$X(t) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n \cos \omega_n t + b_n \sin \omega_n t$$

$$\text{con: } \omega_n = 2\pi \frac{n}{T_s} \quad ; \quad T_s = Nt_s \quad ; \quad 0 < t \leq T_s$$

donde:

- a_n, b_n son las componentes en fase y cuadratura de los símbolos QPSK
- ω_n son las frecuencias de las subportadoras
- T_s es el tiempo de símbolo OFDM
- t_s es el tiempo asociado a los símbolos QPSK

En el caso de considerar una señal con intervalo de guarda, la duración T_s del símbolo pasa a ser $T'_s = T_s + (\text{duración del intervalo de guarda})$. En la "Fig. 3" se puede apreciar una representación temporal y frecuencial de una señal OFDM con intervalo de guarda. La operación que se debe realizar consiste en añadir un intervalo temporal

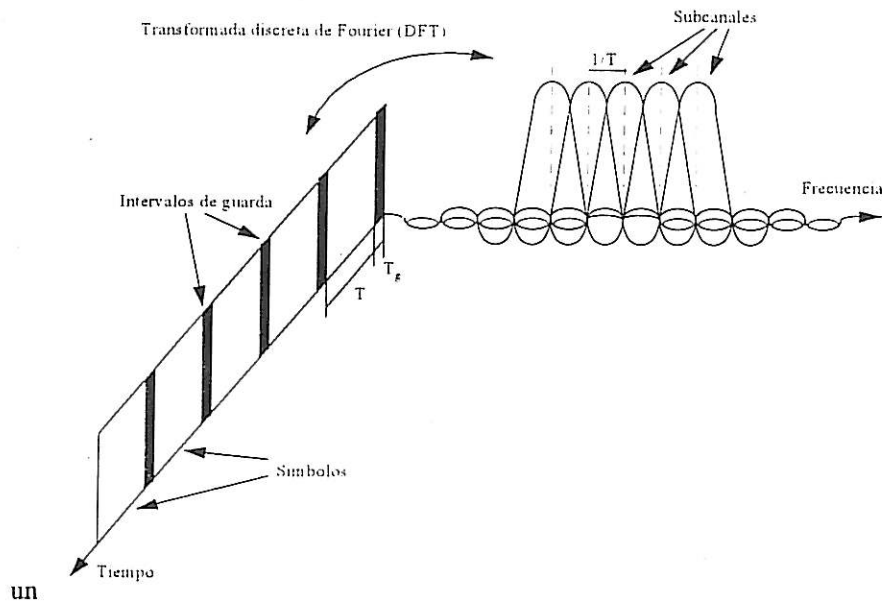


Fig. 3 Representación temporal y frecuencial de una señal OFDM con intervalo de guarda

antes de cada simbolo en el proceso de transmisión y posteriormente en recepción. llevar a cabo la operación inversa.

El intervalo de guarda puede adoptar diferentes posibilidades. destacando dos: la inclusión de un intervalo de silencio ó la inclusión de "guarda ciclica". Esta ultima consiste en adjuntar al simbolo OFDM un prefijo circular o prolongación periódica del simbolo OFDM "Fig. 4".

En la "Fig. 4" puede apreciarse la adición de las "i" últimas muestras del simbolo OFDM como prefijo al mismo simbolo que se está produciendo.

3.2. Subsistemas componentes

La información binaria se modula en fase (cuatro fases) Los símbolos QPSK serie son pasados a paralelo de N. siendo N el número característico del OFDM que determina el nº de subportadoras del sistema. Del bloque transformador inverso de Fourier salen N símbolos que son de nuevo convertidos de paralelo de N a serie. Después de este proceso se tiene una señal OFDM en banda base. Se traslada en frecuencia por un convertidor y se limita en banda por dos filtros (transmisor y receptor) del tipo coseno realzado en banda estrecha. A partir de una mezcla a la misma

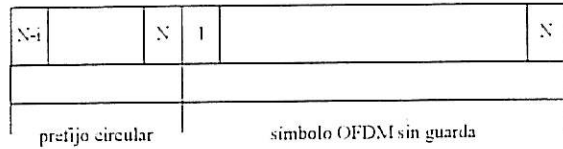


Fig. 4 Símbolo OFDM con guarda

frecuencia central que la portadora utilizada en la conversión superior se repite un proceso dual al de la generación de la señal OFDM.

Las partes correspondientes a la generación de la señal OFDM. pueden sintetizarse por bloques DSP.

4. Modelo de simulación

En la "Fig. 5" se muestra un diagrama de bloques para llevar a cabo la simulación en el dominio del tiempo utilizando TOPSIM-IV [+].

Los bloques reproducen modelos de simulación basados en el modelo de sistema con un tratamiento temporal de la señal analítica [5]. La evaluación del comportamiento en términos de tasa de error vs E_b/N_0 se hace siguiendo el método de Montecarlo.

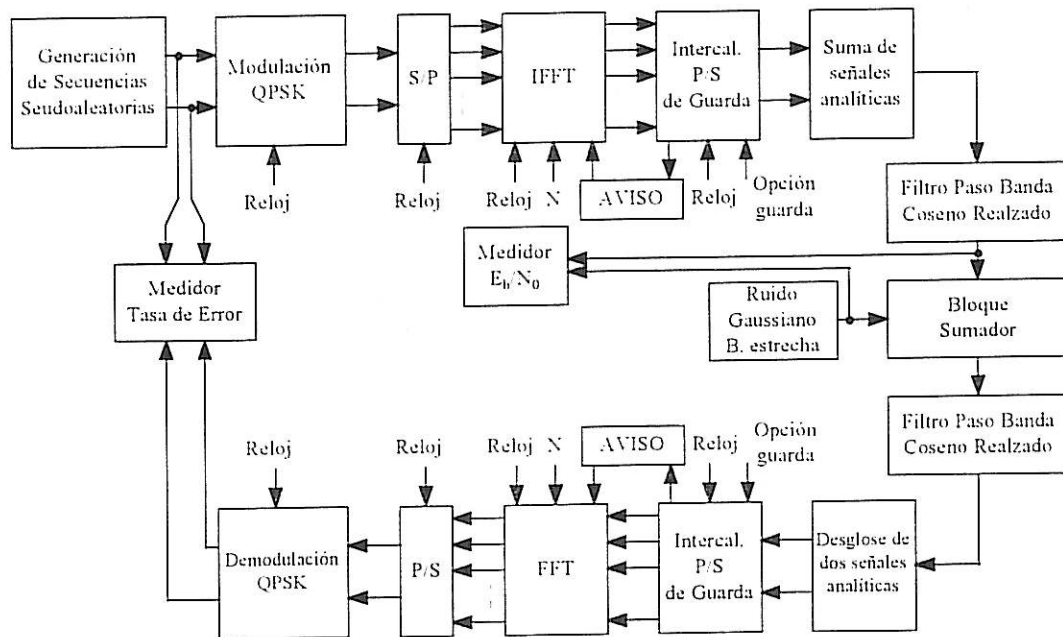


Fig. 5 Modelo de Simulación

5. Resultados

Partiendo del modelo de simulación antedicho, se hicieron diversas experiencias relacionadas con el comportamiento del posible sistema. En todas ellas se tuvieron en cuenta las peculiaridades y facilidades que ofrece TOPSIM-IV [4]: medidas de potencia media en diferentes puntos; densidad espectral de potencia; diagramas de dispersión; medidas de ancho de banda equivalente de ruido; etc. Hipótesis importante fue la del número de muestras tomadas por símbolo a simular: quince. Esto ha permitido una evaluación muy ajustada a la cota superior de probabilidad de error calculada [3] en el caso de canal gaussiano con limitación de banda obtenida con filtrado de Nyquist (coseno realzado).

En estos resultados preliminares pueden observarse en las "Figs. 6" dos conjuntos de situaciones: La situación de 128 subportadoras y aquella de 1024 subportadoras. En los dos casos se simularon tres posibilidades: sin guarda, con guarda de ceros y con guarda cíclica.

En el caso de transmisión-recepción sin guarda, se contempló una anchura de banda de 8 Mhz y en los otros dos casos de 6.7 Mhz, respectivamente. El factor de "roll-off" de los filtros conformadores de canal fue de 10^{-3} .

En las "Figs. 6" puede observarse que las situaciones de guarda con ceros y sin guarda proveen comportamientos de tasa de error muy próximos. Mientras que en los casos de guarda cíclica se obtienen valores de tasa mas altos para la misma E_b/N_0 . No obstante, y para estas circunstancias (solo distorsión lineal) el sistema con un número mayor de subportadoras es mejor. Estos efectos son mas contundentes para valores de E_b/N_0 > 9 dB.

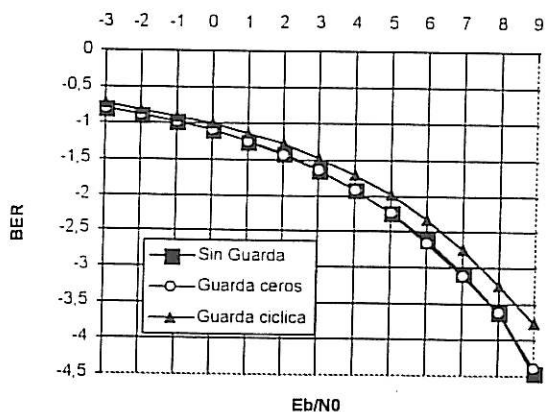


Fig. 6a Situación de 128 subportadoras

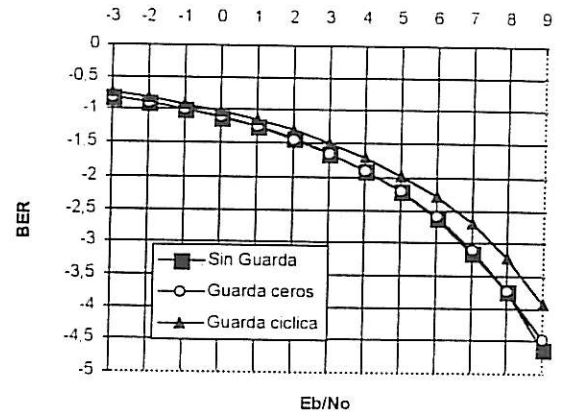


Fig. 6b Situación de 1024 subportadoras

6. Conclusiones

Las señales QPSK-OFDM son complejas en su generación-recuperación, pero puede apreciarse que la E_b/N_0 necesaria en canales con sólo distorsión lineal y ruido aditivo gaussiano es relativamente baja (9 dB) si se comparan con otros sistemas en los que no existe la posibilidad de diversificar las fuentes de información. La presencia de intervalos de guarda (muy útil en otros tipos de problemas abiertos como en el caso de desvanecimiento en multitrayectos) no empeora la tasa de error de forma grave (sean guardas de ceros o cíclica).

El problema importante en el estudio de estos sistemas es el debido al tiempo de simulación que está relacionado con las características de los filtros de canal y de los módem, sin olvidar la fiabilidad de los resultados en función del número de muestras del símbolo OFDM

Referencias

- [1] Weinstein, S.B., Ebert, P.M. "Data transmission by frequency-division multiplexing using the discrete Fourier transform" IEEE Trans. Comm. Techn., vol. COM-19, 5, 628-634, (1971)
- [2] Helard, J.F., Le Floch, B., "Trellis coded orthogonal frequency division multiplexing for digital video transmission" IEEE GLOBECOM'91, 2, 785-791 (1991)
- [3] Chow, P.S. et al., "A multicarrier E1-HDSL transceiver system with coded modulation", European Trans. Telecomm., 4.3, 257-266, (1993)
- [4] Politecnico di Torino "TOPSIM user's manual (versión para PC)" (1996)
- [5] Capillas-Diosdado, J.D., "Análisis y diseño de transmisión multiportadora QPSK-OFDM para radiocomunicaciones digitales. Simulación con TOPSIM IV". PFC, UPC-ETSETB (1996)