

# INFORME PREVIO LABORATORIO V MODULACIÓN FSK

## 1. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- ❖ Comprender los fundamentos teóricos de la **modulación digital por desplazamiento de fase (PSK)**.
- ❖ Implementar en **MATLAB** una simulación completa de **PSK binaria (BPSK)**: modulación, canal con ruido **AWGN** y demodulación coherente.
- ❖ Analizar señales en el **dominio del tiempo, espectro, constelación y tasa de error de bits (BER)**.
- ❖ Construir en **Simulink** un sistema PSK equivalente al de MATLAB, comparar resultados y validar el desempeño del sistema.

## 2. Preguntas

- a. ¿Qué es la modulación PSK y en qué se diferencia de ASK y FSK?
- b. ¿Cuál es la expresión matemática de la modulación BPSK?
- c. ¿Qué información se codifica en la fase de la señal portadora en PSK?
- d. ¿Qué significa demodulación coherente en PSK y por qué es necesaria?
- e. ¿Cuál es la probabilidad de error teórica de BPSK en un canal AWGN?
- f. ¿Cuál es la eficiencia espectral de BPSK comparada con BFSK?
- g. ¿Por qué PSK es ampliamente utilizada en sistemas modernos como Wi-Fi, LTE y enlaces satelitales?

## 3. Requisitos de software

MATLAB (Signal Processing y Communications Toolbox) + Simulink (DSP/Comms blocks).

## 4. Simulación en Matlab

## Código MATLAB – Modulación BPSK

```
clc; clear; close all;

% Parámetros
N = 1000;           % número de bits
Rb = 1000;          % tasa de bits (bps)
Tb = 1/Rb;          % tiempo de bit
Fs = 100*Rb;        % frecuencia de muestreo
t = 0:1/Fs:Tb-1/Fs;

% Generar bits aleatorios
bits = randi([0 1], 1, N);

% Mapeo BPSK: 0 → -1, 1 → +1
symbols = 2*bits - 1;

% Portadora
fc = 2000;
carrier = cos(2*pi*fc*t);

% Modulación BPSK
x = [];
for k = 1:N
    x = [x symbols(k)*carrier];
end

% Graficar señal modulada
figure;
plot(x(1:2000));
title('Señal BPSK (primeros bits)');
xlabel('Muestras');
ylabel('Amplitud');
```

## Canal AWGN + Demodulación coherente

```
EbN0_dB = 0:2:12;
BER = zeros(size(EbN0_dB));

for i = 1:length(EbN0_dB)

    % Canal AWGN
    y = awgn(x, EbN0_dB(i), 'measured');

    % Reorganizar señal
    y_resaped = reshape(y, length(t), N);

    % Demodulación coherente (correlador)
    decision = sum(y_resaped .* carrier', 1);

    % Decisión
    bits_hat = decision > 0;

    % Cálculo de BER
    BER(i) = sum(bits ~= bits_hat)/N;
end

% Curva BER
figure;
semilogy(EbN0_dB, BER, '-o');
grid on;
```

```
title('Curva BER de BPSK en canal AWGN');  
xlabel('Eb/N0 (dB)');  
ylabel('BER');
```

### Constelación BPSK

```
figure;  
scatter(symbols, zeros(1,N), 'filled');  
grid on;  
title('Constelación BPSK');  
xlabel('In-phase');  
ylabel('Quadrature');
```

## 4.1. Simulación en Matlab

Realizar lo mismo que el caso anterior, pero ahora la señal de prueba ya no serán bits aleatorios sino una imagen medica en estándar DICOM. Deberan mostrar la curva de BER, la constelación y la imagen transmitida y recibida para una SNR de 5dB.

## 5. Simulación en Simulink

La simulación debe contener los siguientes bloques:

- ✓ Random Integer Generator
- ✓ BPSK Modulator Baseband
- ✓ AWGN Channel
- ✓ BPSK Demodulator Baseband
- ✓ Error Rate Calculation
- ✓ Scope (señal temporal)
- ✓ Constellation Diagram
- ✓ Spectrum Analyzer

## 6. Resultados esperados

- La señal BPSK presentará **cambios de fase de 180°** entre símbolos.
- En presencia de ruido, la señal se distorsiona, pero la fase sigue siendo detectable.
- La curva **BER disminuirá exponencialmente** conforme aumenta Eb/N0.
- BPSK mostrará **mejor desempeño en BER** que BFSK para el mismo Eb/N0.
- La constelación presentará **dos puntos simétricos** en el eje real.

## 7. Análisis y conclusiones

- a) ¿Cómo varía la tasa de error de bits (BER) de un sistema BPSK conforme aumenta el ruido en el canal AWGN?
- b) ¿Por qué BPSK es considerado óptimo en términos de eficiencia energética?
- c) ¿Qué ventajas presenta PSK frente a FSK y ASK en sistemas de comunicaciones digitales?
- d) ¿Cómo influye la sincronización de fase en el desempeño del sistema PSK?
- e) ¿Qué mejoras podrían aplicarse al sistema PSK para aumentar la eficiencia espectral (QPSK, M-PSK)?