

# TEORÍA DE LA INFORMACIÓN Y CODIFICACIÓN - AÑO 2025

## TRABAJO PRÁCTICO DE SIMULACIÓN

### Codificación de fuente y canal

Entrega: 30/06/2025

## 1. Objetivos

- Simulación de un sistema de comunicación digital sobre un canal AWGN con codificación de canal.
- Comparación del desempeño del sistema con y sin codificación.
- Validación de los resultados teóricos de desempeño y ganancia de codificación mediante los resultados obtenidos por simulación.
- Implementación de codificación de fuente mediante algoritmo de Huffman.

## 2. Tareas a realizar

Implementar las etapas correspondientes a la codificación y decodificación de canal. Deberá escribir los algoritmos de codificación, decodificación y corrección o detección de errores con las siguientes condiciones:

- Código de bloque lineal (14,10).
- Codificación sistemática y detección dura.
- Modulación BPSK con sincronismo perfecto de símbolo y portadora, modelo de canal AWGN con transferencia plana para el ancho de banda de interés y recepción óptima.

Para este último punto puede considerar el siguiente código, el cual modela la transmisión a través del canal a nivel de símbolo (es decir, sin necesidad de modelar la señal y el ruido pasabandas, junto con el correspondiente sistema receptor):

```
% n = Largo de palabra de código.
% k = Largo de palabra de fuente.
% A = Amplitud de la señal BPSK.
% Es = Energía de símbolo de canal (Es = Eb para sistemas binarios).
% Ebf = Energía de bit de fuente.
% EbfNO = Cociente energía de bit de fuente sobre densidad espectral de ruido deseado.
% v = Palabra de código (vector fila).
% s = Palabra de código modulada en amplitud.
% r = Palabra de código recibida.
% vr = Palabra de código demodulada (detección dura).

Es = A^2;
Ebf = Es*n/k;
s = (2*v - 1)*A;
NO = Ebf/EbfNO;
noise = sqrt(NO/2)*(randn(1,n) + 1i*randn(1,n));
r = s + noise;
vr = 1*(real(r) > 0);
```

### Ejercicio 1:

- i) Proponga las matrices generadora y de control de paridad. Determine cuántos errores puede corregir y detectar sin cometer errores. Calcule la ganancia de codificación asintótica.
- ii) Releve las curvas de tasa de error de palabra de código y de bit de fuente cuando se lo usa como código corrector. Compárelas con los resultados teóricos correspondientes y con las del sistema sin codificación. Recuerde que en un sistema binario antipodal como BPSK, la probabilidad de error de bit en el canal resulta:

$$P_{eb} = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$$

- iii) Analice desde el punto de vista de la ganancia de código las curvas obtenidas por simulación.

**Ejercicio 2:** Replique el ejercicio anterior pero ahora usando el código propuesto como detector de errores.

**Ejercicio 3:** Utilice el algoritmo de Huffman para comprimir el archivo 'logo FI.tif' provisto por la Cátedra. Halle el código resultante considerando fuente extendida de orden 2 y orden 3. Para ello deberá estimar la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los mensajes posibles calculando su frecuencia relativa dentro del archivo. A partir de los resultados obtenidos luego de la compresión analice los siguientes interrogantes:

- i) ¿Qué largo promedio obtuvo luego de la codificación y qué tasa de compresión logró en ambos casos (fuente extendida de orden 2 y 3)?
- ii) En el archivo, los píxeles blancos y negros son prácticamente equiprobables y aún así hay compresión utilizando fuente extendida. ¿Por qué?

**Opcional 1:** Automatice el algoritmo de codificación para fuente extendida de orden  $n$  y releve la curva Largo promedio vs.  $n$ .

**Opcional 2:** Utilizando el script desarrollado en el Ejercicio 1, simule la transmisión del mensaje comprimido e implemente las tareas de decodificación de fuente para recuperar la imagen original.

## 3. Informe

- El informe debe ser entregado dentro del plazo estipulado en formato digital, doc o pdf, a través del Moodle de la cátedra. Los scripts desarrollados para las simulaciones deben acompañar la entrega.
- En la primera hoja se debe consignar el apellido, nombre y número de alumno.
- Debe incluir los cálculos analíticos realizados y sus correspondientes comparaciones con los resultados simulados.
- La Cátedra sugiere que los informes contengan las siguientes secciones: introducción, discusión de los resultados y conclusiones.
- Los gráficos deben tener título y etiquetas en los ejes.

## Referencias

- [1] J. G. Proakis, *Digital communications*, McGraw-Hill, 3rd edition, 1995.
- [2] S. Haykin *Communication Systems*, J. Wiley & Sons, 4th edition, 2001.
- [3] S. M. Kay *Fundamentals of Statistical Signals Processing. Volume II: Detection Theory.*, Prentice Hall, 1998.