

# Sistema de Transmisión AM con Codificación DTMF

Informe de Trabajo Integrador



Procesamiento Digital de Señales

Ingeniería en Computación

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología

Universidad Nacional de Tucumán

**Autores:**

Boeri, Benjamin  
Campero, Leandro  
Villafañe, Cristian

12 de junio de 2023

## **Resumen**

El procesamiento digital de señales se refiere a la manipulación, análisis y transformación de señales utilizando algoritmos y técnicas computacionales. En este proyecto, el procesamiento digital de señales se aplica para generar y decodificar los tonos DTMF, así como para simular la transmisión y detección de los dígitos enviados.

Este proyecto presenta la implementación de un sistema de Modulación en Amplitud (AM) y Codificación DTMF utilizando MATLAB/SIMULINK. Se busca transmitir dígitos numéricos codificados en DTMF a través de un enlace cableado simulado. El sistema involucra la generación de tonos DTMF, el diseño de filtros digitales pasa bandas para el decodificador, la configuración de la frecuencia de portadora RF y la modelización del canal de transmisión como un filtro analógico pasa banda.

Un filtro digital es un componente esencial en el procesamiento digital de señales que permite modificar las características de una señal. En este proyecto, se utilizan filtros digitales pasa bandas implementados mediante la técnica del filtro Butterworth. Estos filtros permiten seleccionar y aislar las frecuencias específicas asociadas a los tonos DTMF.

La implementación de los filtros digitales se logra mediante la transformación de los coeficientes del filtro en una representación numérica que se aplica a la señal de entrada. Esto puede lograrse utilizando algoritmos y técnicas de programación, así como también herramientas como MATLAB y SIMULINK.

El resultado de este proyecto demuestra la viabilidad y efectividad de la implementación del sistema propuesto. El procesamiento digital de señales y el uso de filtros digitales son fundamentales en diversas aplicaciones, incluyendo las comunicaciones y el procesamiento de señales de audio.

En resumen, este proyecto combina el procesamiento digital de señales, la modulación AM, el diseño de filtros digitales y la codificación DTMF para lograr la transmisión y detección de dígitos numéricos. La implementación exitosa de este sistema contribuye al avance y comprensión de las técnicas de procesamiento y transmisión de señales en el ámbito de las comunicaciones.

# Índice general

<b>Índice general</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
1.1. Problema propuesto . . . . .	2
1.2. Objetivo . . . . .	2
1.3. Enunciado . . . . .	3
1.4. Lineamientos Generales . . . . .	4
<b>2. Desarrollo</b>	<b>5</b>
2.1. Análisis . . . . .	5
2.2. Diseño . . . . .	5
2.3. Simulación . . . . .	5
<b>3. Conclusiones</b>	<b>6</b>
3.1. Resultados . . . . .	6
3.2. Aplicaciones . . . . .	6
3.3. Problemas en la práctica . . . . .	6
<b>Bibliografía</b>	<b>7</b>
<b>Siglas</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>9</b>
<b>Índice de cuadros</b>	<b>10</b>

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Problema propuesto

La modulación en amplitud o Amplitud Modulada (AM), permite la transmisión de una señal de baja frecuencia superpuesta a una onda de alta frecuencia. Este sistema de modulación permite enviar mensajes en la forma de envoltentes de la onda portadora, ya sea por un canal de aire o físico utilizando un enlace cableado.

El sistema de codificación Doble Tonos Múltiples Frecuencias (DTFM), utiliza una combinación de tonos de frecuencia audibles para representar el conjunto de números del 0 al 9 disponible en el teclado telefónico, con lo cual es posible enviar una codificación numérica por la línea telefónica. El modelo de trabajo está representado en la Figura 1.1, correspondientes al Modulador y Demodulador AM, el canal de cable telefónico, y las etapas de codificación y decodificación DTFM.

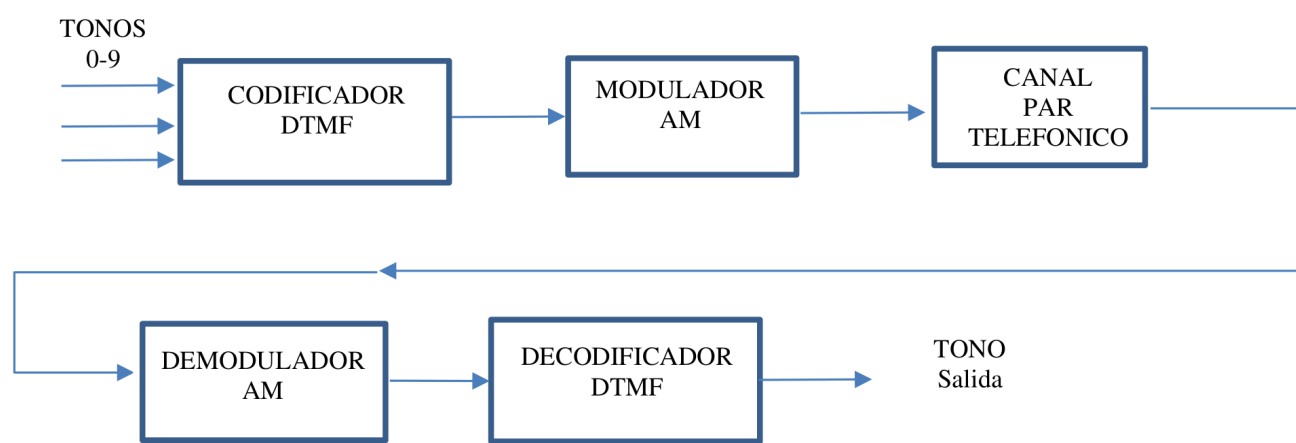


Figura 1.1: Diagrama de bloques general

### 1.2. Objetivo

El objetivo principal de este proyecto integrador es la implementación del sistema mostrado en la Figura 1.1, utilizando MATLAB, SIMULINK, o la combinación de ambos recursos de modelado computacional, para el envío de números (0-9) codificados en DTFM bajo modulación AM, y la detección del número enviado a la salida (uno número cada por vez).

A modo de referencia, el Cuadro 1.1, muestra la combinación de tonos audibles asociados

al conjunto numérico, y en el enlace indicado se encuentra la información ampliada sobre la codificación DTFM.

Frecuencia Baja	Frecuencia Alta	Digito	Frecuencia Final
697	1209	1	1906
697	1336	2	2033
697	1477	3	2174
770	1209	4	1979
770	1336	5	2106
770	1477	6	2247
852	1209	7	2061
852	1336	8	2188
852	1477	9	2329
941	1336	0	2277

Cuadro 1.1: Combinación de tonos audibles (medido en [Hz])

### 1.3. Enunciado

- A nivel simulación se deberán sintetizar los tonos asociados a cada dígito numérico seleccionando la frecuencia de muestreo  $F_S$  apropiada (Teorema de Nyquist-Shannon).
- El demodulador DTFM deberá ser implementado mediante filtros digitales pasa bandas, con un orden y respuestas apropiadas. El modo de indicar cuál fue el dígito enviado queda a criterio del grupo de trabajo.
- Para el modelo de transmisión AM (enlace cableado) se deberán establecer y sintetizar la frecuencia de portadora  $RF$  el índice de modulación apropiados (recordando que la  $F_S$  es única en todo el sistema).
- El canal de transmisión se corresponde al de un filtro analógico (transformado a digital) pasa banda con un rango de 300 Hz a 3400 Hz, respuesta plana y orden apropiado. Se considera el rango útil asignado a la frecuencia telefónica, aunque el cable telefónico de cobre tipo AWG-24, por ejemplo, supera este ancho de banda a 1Mz en distancias inferiores a 200 Mts.

## 1.4. Lineamientos Generales

- a) El grupo de trabajo deberá cumplir con las especificaciones del proyecto, utilizando criterios de diseños justificados para cada bloque del sistema.
- b) Se deberán indicar el paso a paso para el diseño de los filtros digitales utilizados en las diferentes etapas.
- c) El criterio de selección para el filtro analógico representativo del canal ( Bessel, Butterworth, etc.), y el método de transformación analógico a discreto escogido, brindando una gráfica comparativa de la respuesta en frecuencia resultantes en ambos planos (Laplace y Z).
- d) Se pide 3 aplicaciones posibles del sistema desarrollado en aplicaciones de tele comando (por ejemplo, aplicación de sistema de riego por comando telefónico de 3 zonas), y como se imprimiría en la práctica (no el desarrollo, solo la propuesta).
- e) Problema de análisis: para el caso de que ocurran fallos en el canal de comunicación (por ejemplo, una atenuación en determinadas frecuencias), analizar la robustez del código detector para al menos 3 zonas atenuadas de frecuencias diferentes. Utilizar el código adjunto en Matlab para el diseño del canal con fallas. Justificar los resultados.
- f) Escribir el informe, Incluir conclusiones, observaciones y sugerencias sobre los resultados obtenidos

## Capítulo 2

# Desarrollo

### 2.1. Análisis

Este capítulo contiene tu revisión de literatura. En la Ecuación 2.3

$$\sum_{i=1}^n i^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \quad (2.1)$$

$$e^{i\pi} + 1 = 0 \quad (2.2)$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e \quad (2.3)$$

También podemos ver que la fórmula cuadrática general es  $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ .

### 2.2. Diseño

### 2.3. Simulación

## Capítulo 3

# Conclusiones

### 3.1. Resultados

Aquí explicas tu metodología de investigación.

### 3.2. Aplicaciones

### 3.3. Problemas en la práctica



# Bibliografía

# Siglas

**AM** Amplitud Modulada. 2

**DTFM** Doble Tonos Múltiples Frecuencias. 2, 3

# Índice de figuras

1.1. Diagrama de bloques general . . . . .	2
--	---

# Índice de cuadros

1.1. Combinación de tonos audibles (medido en [Hz]) . . . . .	3
---	---