

Proyecto Final de Curso 2025

De Fourier al WiFi/5G: Anatomía de una Señal Inalámbrica

Profesor: Andrés Marino Álvarez Meza, Ph.D.
Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia - sede Manizales

1. Introducción y Justificación

Vivimos en un mundo hiperconectado. Tecnologías como Wi-Fi y 5G parecen "magia" que nos permite acceder a información instantáneamente desde cualquier lugar. Cabe resaltar que los principios de las señales y sistemas que hemos estudiado en este curso permiten en gran medida dicha hiperconexión.

A través de la simulación y la visualización, se pretende descubrir los principios de una transmisión inalámbrica moderna. No solo aplicarán conceptos como la Transformada de Fourier y el diseño de filtros, sino que también construirán, paso a paso, el esqueleto de un sistema de comunicación digital, comprendiendo cómo logramos enviar cantidades masivas de datos a través del aire.

El objetivo final es crear una herramienta educativa (un dashboard interactivo y un video) que no solo demuestre su dominio técnico, sino también su capacidad para comunicar ideas complejas de manera clara y efectiva.

2. Objetivos del Proyecto

2.1. Objetivo General

Al realizar este proyecto, estarán en la capacidad de analizar, sintetizar y exponer los principios fundamentales del procesamiento de señales en el contexto de las comunicaciones inalámbricas modernas (Wi-Fi/5G), utilizando herramientas de simulación y visualización.

2.2. Objetivos Específicos

- Aplicar la Transformada Discreta de Fourier (DFT/FFT) para analizar el contenido espectral de señales de información.
- Diseñar e implementar filtros digitales básicos (Paso-Bajo, Paso-Banda) para seleccionar y limpiar señales.
- Comprender y generar señales analíticas utilizando la Transformada de Hilbert para obtener componentes en fase y cuadratura (I/Q).
- Simular un sistema de modulación y demodulación de Amplitud en Cuadratura (QAM), visualizando su diagrama de constelación.
- Integrar todos los conceptos en un dashboard interactivo en Streamlit que permita al usuario experimentar con los parámetros del sistema.

- Producir un video explicativo que sintetice el funcionamiento del sistema, dirigido a una audiencia con conocimientos básicos de ingeniería.

3. Conceptos Clave

La investigación de estas fuentes es parte fundamental del proyecto. Deben ser capaces de explicar los conceptos basándose en ellas.

- Transformada de Fourier (FT, DFT, FFT).
- Filtrado Digital (FIR/IIR).
- Señales Analíticas y la Transformada de Hilbert.
- Señales en Fase y Cuadratura (I/Q) y Modulación QAM.
- OFDM - Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.
- Comunicación WiFi y 5G. Principios básicos, protocolos y su relación con los anteriores conceptos.

4. Fases del Proyecto y Metodología

Se recomienda seguir estas fases en equipos de 2-3 estudiantes.

- **El Dominio de la Frecuencia (Simulación Básica).** Generar señales sintéticas, aplicar FFT, diseñar y aplicar un filtro paso-bajo y visualizar los resultados en tiempo y frecuencia (diagramas de Bode).
- **Construyendo las Señales I/Q.** Tomar una señal mensaje (I), aplicar la Transformada de Hilbert para generar la señal en cuadratura (Q) y visualizar el desfase. Presentar gráficas en el dominio del tiempo y la frecuencia (diagramas de Bode).
- **Modulación QAM.** Implementar un mapeador para 16-QAM, generar las señales $I(t)$ y $Q(t)$, modularlas sobre una portadora y visualizar la señal QAM resultante, su espectro y el diagrama de constelación.
- **El Sistema Completo y el Dashboard.** Simular un canal con ruido (AWGN), implementar un demodulador básico y visualizar la constelación en el receptor. Desarrollar el

dashboard en **Streamlit** con controles interactivos (orden de QAM, SNR) y visualizaciones dinámicas.

- **Comunicación de Resultados.** Producir un video explicativo (5 min) usando el dashboard para narrar las simulaciones desarrolladas. Además, el video debe explicar como se utiliza la QAM en las comunicaciones WiFi y 5G, mediante un diagrama de bloques, gif, etc.

5. Entregables

- **Resumen conceptos clave:** Presentar un resumen de los conceptos clave, su modelado matemático y principales usos. Consultar libros, artículos científicos, blogs, videos, etc. Entregar un cuaderno en Colab con dicho resumen, incluyendo gráficos y simulaciones ilustrativas.
- **Código Fuente:** Repositorio en GitHub con el código Python, bien comentado y con un README .md explicativo.
- **Dashboard Interactivo:** Cuaderno de Colab para ejecutar y desplegar el dashboard directamente sobre Streamlit.
- **Video Explicativo:** Enlace a la plataforma de video (YouTube).