



**Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Cómputo**



Ingeniería en Inteligencia Artificial

Ecuaciones Diferenciales

ANÁLISIS DE UNA SEÑAL ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)

Grupo: 3BM1

Alumnos:

García Rodríguez Erick Daniel

Junco Martínez Bruno Salvador

Rodríguez Ramírez Fernanda

Periodo escolar 25/1

Índice

Índice	2
INTRODUCCIÓN	3
ANÁLISIS DE UNA SEÑAL ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)	4
LA TRANSFORMADA DE FOURIER Y SU APLICACIÓN EN EL PROCESAMIENTO DE SEÑALES ECG.....	5
DIAGRAMA DE FLUJO	6
CODIFICACIÓN.....	7
Capturas de pantalla de la interfaz y resultados obtenidos.	8
Conclusiones.	10
Fuentes.	10

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se centra en el análisis de señales electrocardiográficas (ECG) provenientes de un archivo CSV, con el objetivo de reconstruirlas eliminando el ruido y preservando su información esencial. Para ello, se emplea la transformada de Fourier, una herramienta matemática ampliamente utilizada en el procesamiento de señales, que permite descomponer una señal en sus componentes de frecuencia.

El programa desarrollado cuenta con una interfaz gráfica intuitiva que permite al usuario cargar datos de ECG, seleccionar el registro de un paciente específico y aplicar filtros digitales de tipo pasa-bajas y pasa-altas. Estos filtros son configurables en tiempo real, lo que permite ajustar los valores de corte de frecuencia según las necesidades del análisis.

El flujo general del programa incluye los siguientes pasos:

1. **Carga y Validación de Datos:** Los datos se obtienen de un archivo CSV, donde cada fila representa un registro de ECG correspondiente a un paciente.
2. **Transformada de Fourier:** Se descompone la señal en sus frecuencias componentes, facilitando la identificación de las frecuencias indeseadas (ruido).
3. **Aplicación de Filtros:** Se emplean filtros pasa-bajas y pasa-altas para suprimir el ruido presente en la señal.
4. **Transformada Inversa:** Mediante la transformada inversa de Fourier, se reconstruye la señal en el dominio temporal, mostrando la señal filtrada y limpia.

El resultado se presenta al usuario en gráficos interactivos que incluyen:

- La señal original de ECG.
- La señal filtrada.
- Una comparación directa entre ambas señales.

Este enfoque es útil en la práctica clínica y en investigaciones biomédicas, ya que permite analizar señales ECG con mayor claridad, facilitando la detección de anomalías y características importantes de la actividad cardíaca. El programa no solo busca demostrar la aplicación de métodos matemáticos como la transformada de Fourier en el procesamiento de señales, sino también ofrecer una herramienta accesible para explorar datos reales de ECG.

ANÁLISIS DE UNA SEÑAL ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)

Un electrocardiograma (ECG) es una prueba diagnóstica que registra la actividad eléctrica del corazón. Esta herramienta es esencial para identificar enfermedades cardiacas, por lo que es de vital importancia garantizar la precisión en los resultados.

Existen diversas variables que pueden alterar la calidad y la interpretación de los registros obtenidos. Entre ellas se encuentran errores humanos, como la incorrecta colocación de los electrodos, y factores externos que son más difíciles de evitar. Este proyecto tiene como objetivo abordar y minimizar algunas de estas fuentes de interferencia, como son:

Interferencias de la red eléctrica: Estas se manifiestan como ruido de fondo que puede distorsionar la señal del ECG.

Ruido muscular: Provocado por la actividad eléctrica de los músculos cercanos al corazón.

Otros factores ambientales: Como vibraciones o movimientos que afectan la estabilidad de la señal.

Con este análisis, buscamos desarrollar soluciones técnicas que permitan mejorar la calidad de la señal del ECG, optimizando así su utilidad clínica y reduciendo los riesgos de diagnósticos erróneos.

LA TRANSFORMADA DE FOURIER Y SU APLICACIÓN EN EL PROCESAMIENTO DE SEÑALES ECG

La transformada de Fourier y su inversa son herramientas matemáticas fundamentales para analizar señales en el dominio de la frecuencia y del tiempo. Estas son esenciales para procesar y analizar la señal eléctrica del corazón.

Utilizando una base de datos de varios electrocardiogramas, aplicamos la transformada de Fourier para convertir una de nuestras señales del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. Este proceso nos permite identificar las frecuencias no deseadas en nuestros registros, como el ruido, y eliminarlas mediante el uso de filtros.

Dependiendo de los problemas específicos de la señal, podemos emplear distintos tipos de filtros:

Filtro pasa-bajas: Ideal para eliminar detalles finos y reducir el ruido de alta frecuencia. Estos filtros son útiles cuando se necesita suavizar la señal y preservar las componentes de baja frecuencia, como las ondas principales del ECG (ondas P, QRS y T).

Filtro pasa-altas: Diseñado para resaltar bordes y texturas en la señal, eliminando componentes de baja frecuencia. Esto puede ser útil para enfatizar cambios rápidos o transitorios en la señal.

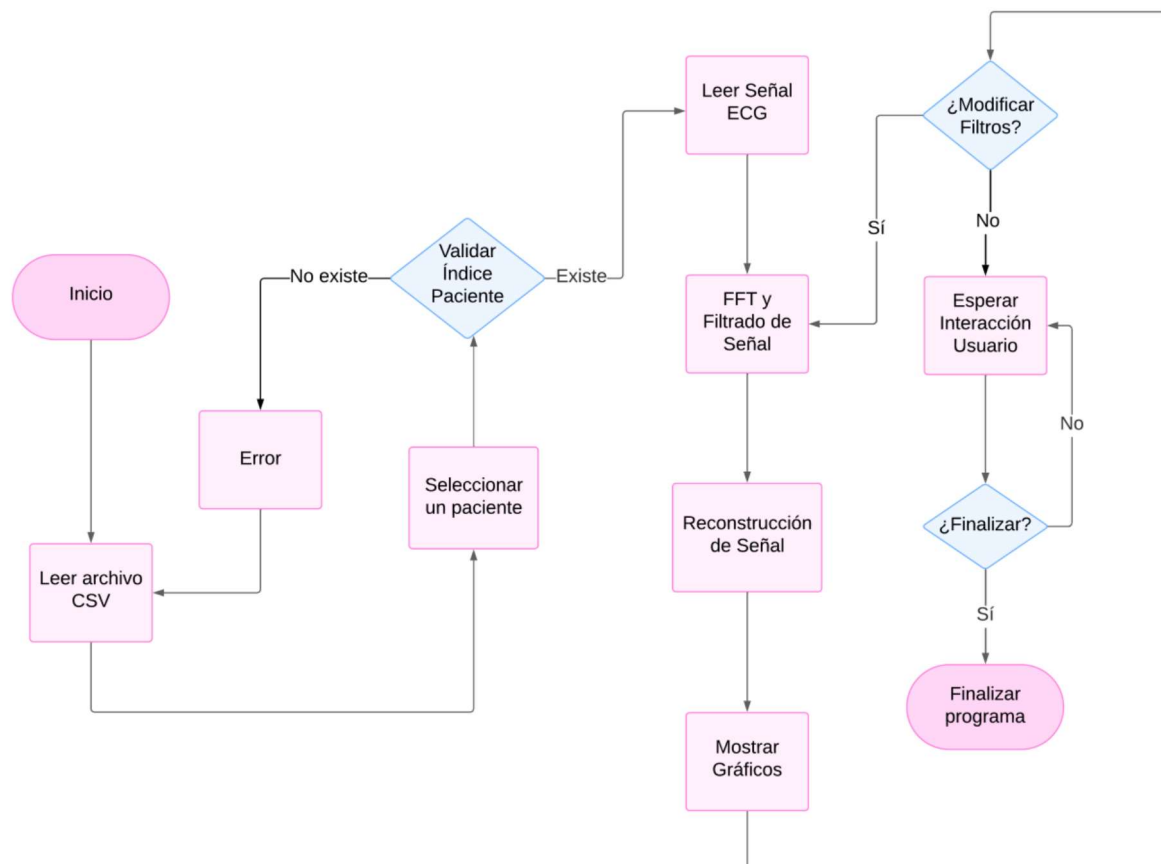
Filtro elimina-banda: útil para suprimir patrones específicos de interferencia, como la interferencia de la red eléctrica (50/60 Hz). Estos filtros eliminan una banda estrecha de frecuencias indeseadas, manteniendo intactas el resto de las componentes.

Filtro pasa-banda: Este filtro permite que solo una banda específica de frecuencias pase, bloqueando tanto las frecuencias más altas como las más bajas. Es particularmente útil cuando se desea aislar una región específica del espectro de frecuencias para su análisis.

Una vez eliminadas las frecuencias no deseadas, utilizamos la transformada inversa de Fourier para regresar nuestra señal al dominio del tiempo. Esto nos permite recuperar una representación más limpia de la señal original, facilitando así la identificación de posibles síntomas y mejorando la precisión del diagnóstico clínico.

DIAGRAMA DE FLUJO

Para abordar el proyecto se realizó un diagrama de flujo para estructurar el desarrollo, primero descubrimos como leer e interpretar el archivo csv que contiene datos de 5000 pacientes, para cada paciente contiene 140 muestras que se obtuvieron del estado del corazón mediante pulsos eléctricos medidos en milivolts (mV) durante un periodo de tiempo. Con esto podemos construir una gráfica, aplicándole la transformada de Fourier podemos determinar que frecuencias están presentes y con que intensidad. Finalmente aplicamos la transformada de Fourier inversa, la cual reconstruye la señal eliminando el ruido según los valores asignados.



CODIFICACIÓN

Función “analyze_ecg”:

```
# Funcion principal del proyecto
def analyze_ecg(file_path, patient_index, low_cutoff, high_cutoff, sampling_rate=200):
    try:
        # Leer archivo de datos
        data = pd.read_csv(file_path, header=None)

        # Validar el indice del paciente
        if patient_index < 0 or patient_index >= len(data):
            messagebox.showerror("Error", "Índice de paciente fuera de rango.")
            return None, None, None

        # Extraer la señal y etiqueta del paciente
        signal = data.iloc[patient_index, :-1].values # Seleccionar la fila del paciente (ignorar la etiqueta)
        label = data.iloc[patient_index, -1] # ultima columna es la etiqueta (0: normal, 1: anormal)
        n = len(signal) # Numero de puntos de datos

        # Crear eje de tiempo
        duration = n / sampling_rate # Duracion total de la señal
        time = np.linspace(0, duration, n, endpoint=False) # Eje de tiempo en segundos

        # Transformada de Fourier
        spectrum = fft(signal)
        freqs = fftfreq(n, 1 / sampling_rate)

        # Aplicar filtro pasa-bajas
        filtered_spectrum = apply_filter(spectrum.copy(), freqs, "low-pass", low_cutoff)
        # Aplicar filtro pasa-altas
        filtered_spectrum = apply_filter(filtered_spectrum, freqs, "high-pass", high_cutoff)

        # Reconstruir señal
        filtered_signal = np.real(iffth(filtered_spectrum))

        return time, signal, filtered_signal

    except Exception as e:
        messagebox.showerror("Error", str(e))
        return None, None, None
```

Analiza la señal de ECG de un paciente desde un archivo CSV, aplicando filtros y reconstruyendo la señal.

Funcionamiento:

- Lee el archivo CSV con las señales de ECG.
- Valida que el índice del paciente (patient_index) esté dentro del rango de datos disponibles.
- Extrae:
 - **Señal original:** Los datos correspondientes al paciente.
 - **Etiqueta:** Si la señal es normal o anormal.
- Realiza el análisis:
 - Calcula el espectro de Fourier de la señal con la **Transformada de Fourier** (fft).
 - Filtra el espectro con apply_filter según los cortes de frecuencia pasa-bajas y pasa-altas.
 - Reconstruye la señal filtrada aplicando la **Transformada Inversa de Fourier** (ifft).

- Devuelve:
 - **Eje de tiempo:** Tiempo correspondiente a cada punto de la señal.
 - **Señal original:** Sin procesar.
 - **Señal filtrada:** Reconstruida después de eliminar el ruido.

Función “apply_filter”:

```
# Funcion para aplicar filtros
def apply_filter(spectrum, freqs, filter_type, cutoff):
    if filter_type == "low-pass":
        spectrum[np.abs(freqs) > cutoff] = 0
    elif filter_type == "high-pass":
        spectrum[np.abs(freqs) < cutoff] = 0
    return spectrum
```

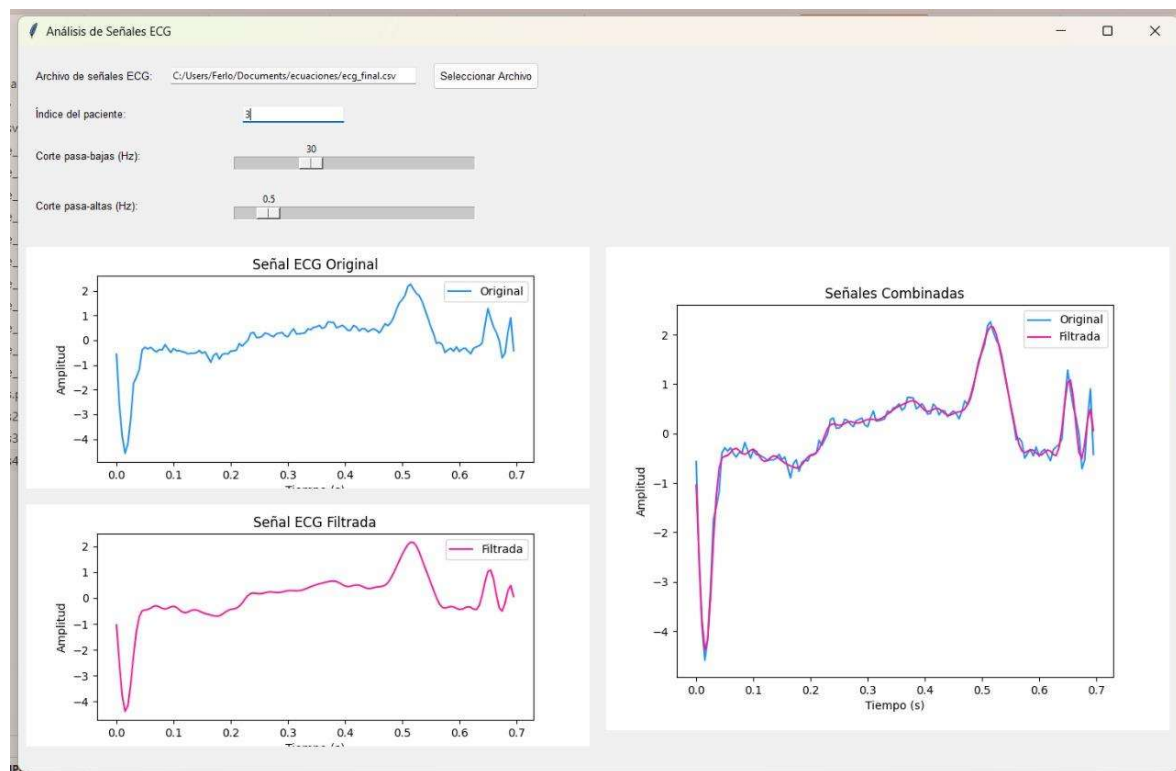
Aplica filtros de frecuencia (pasa-bajas o pasa-altas) para modificar el espectro de Fourier de la señal.

Funcionamiento:

- Toma el espectro de Fourier de la señal (spectrum), las frecuencias asociadas (freqs), el tipo de filtro (filter_type), y un valor de corte (cutoff).
- Según el tipo de filtro:
 - **Pasa-bajas:** Elimina todas las frecuencias mayores al valor de corte (deja pasar las bajas).
 - **Pasa-altas:** Elimina todas las frecuencias menores al valor de corte (deja pasar las altas).
- Modifica el espectro de Fourier al establecer en **0** las frecuencias que no cumplen con el filtro.
- Devuelve el espectro filtrado.

EJECUCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

La interfaz gráfica del programa de análisis de señales de electrocardiograma (ECG) incluye varias secciones para interactuar y analizar las señales. En la parte superior, se encuentran controles para cargar archivos CSV con datos de señales ECG, especificar el índice del paciente y ajustar cortes de frecuencia mediante controles deslizantes. En la parte inferior, tres gráficos permiten visualizar y comparar las señales: uno muestra la señal ECG original, otro presenta la señal filtrada después de aplicar filtros de frecuencia, y el tercero superpone ambas señales para evaluar las diferencias. La interfaz facilita una interacción visual e intuitiva para analizar datos de ECG, destacando la utilidad del filtrado mediante la Transformada de Fourier para eliminar ruido y mejorar la claridad de las señales.



Conclusiones.

El análisis y procesamiento de las señales de electrocardiograma graficadas mediante la transformada de Fourier y el uso de filtros demostraron ser efectivas para mejorar la calidad de los registros. Al reducir las interferencias y el ruido presentes en las señales, facilitamos la interpretación y la volvemos más precisa así contribuyendo al diagnóstico temprano y confiable de enfermedades cardiacas. Esto no solo optimiza la utilidad clínica de los electrocardiogramas, sino que también abre la puerta a la implementación de sistemas automáticos de detección de patologías, mejorando la atención médica y la calidad de vida de los pacientes

Fuentes.

<https://www.siacardio.com/wp-content/uploads/2015/01/ECG-Capitulo-10-Errores-y-artefactos-comunes-en-ECG.pdf>

https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/12582/mod_resource/content/1/Teoria%20de%20Filtros%20pasivos.pdf