



Visualización Tridimensional Interactiva de Señales de ECG para el Análisis Morfológico del Ritmo Cardíaco

Piero Emiliano Vizcarra Vargas

Orientador: Dra. Ana Maria Cuadros Valdivia

*Plan de Propuesta presentado al Curso de Topics de
Ciencia de Datos.*

**UNSA - Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
Junio de 2025**

Índice

1. Motivación y Contexto	3
2. Definición del Problema	3
3. Objetivos	4
3.1. Objetivos Específicos	4
4. Dataset	5
4.1. Contexto y Objeto de Estudio	5
4.2. Atributos Técnicos del Dataset	5
4.3. Anotaciones y Rangos de Valores	5
4.4. Cuadro Resumen de Tipo de Dato y Significado	6
4.5. Paper Base	7

1. Motivación y Contexto

El electrocardiograma (ECG) es una herramienta esencial en la cardiología para diagnosticar arritmias y otras anomalías cardíacas. Sin embargo, las representaciones tradicionales en dos dimensiones pueden limitar la comprensión espacial y temporal de las señales eléctricas del corazón. Esta limitación ha impulsado el desarrollo de herramientas de visualización tridimensional (3D) que ofrecen una perspectiva más rica y detallada de la actividad cardíaca.

Diversos estudios han explorado la aplicación de visualizaciones 3D en el ámbito médico. Por ejemplo, el proyecto de *3D ECG Leads* proporciona una herramienta interactiva para visualizar la colocación anatómica de los electrodos en un modelo 3D del corazón, facilitando la comprensión de la orientación de las derivaciones [3D ECG Leads \(2019\)](#). Asimismo, Potyagaylo et al. presentan un enfoque para mejorar la enseñanza de la anatomía cardíaca mediante la combinación de datos multimodales representados en un entorno de realidad mixta, lo que mejora la experiencia de aprendizaje [Potyagaylo et al. \(2024\)](#).

Además, herramientas como Epicardio ofrecen simulaciones cardíacas en tiempo real con visualizaciones 3D interactivas, lo que ayuda a los estudiantes a visualizar los ritmos y comprender cómo afectan a diferentes regiones del corazón [Ltd. \(2023\)](#). Estas iniciativas destacan el potencial de las visualizaciones tridimensionales para enriquecer la interpretación de datos médicos complejos.

En este contexto, el desarrollo de un modelo de visualización tridimensional para datos de ECG se presenta como una oportunidad para mejorar la precisión diagnóstica y facilitar la exploración de la morfología de los latidos cardíacos desde diversas perspectivas. Al integrar herramientas interactivas y representaciones visuales avanzadas, se busca proporcionar a los profesionales de la salud una herramienta poderosa para el análisis y comprensión de las señales eléctricas del corazón.

2. Definición del Problema

La creciente disponibilidad de datos de ECG ofrece una gran oportunidad para avanzar en el diagnóstico de enfermedades cardíacas. Sin embargo, la magnitud, densidad y variabilidad de estos datos dificultan su análisis mediante métodos tradicionales, especialmente cuando se utilizan representaciones bidimensionales estáticas que no reflejan adecuadamente la dinámica espacial del corazón.

El análisis manual de señales de ECG sigue siendo una tarea demandante y propensa a errores, particularmente en escenarios clínicos con gran volumen de pacientes o señales anómalas de difícil identificación. Aunque se han desarrollado herramientas interactivas para facilitar este proceso, como ECGLens [Xu et al. \(2018\)](#), la mayoría continúa presentando los datos en 2D, lo que limita la comprensión profunda de la morfología de los latidos y de las relaciones entre diferentes señales.

En este contexto, surge la necesidad de una nueva generación de sistemas de visualización que permita representar las señales de ECG en un entorno tridimensional. Este enfoque puede ofrecer ventajas significativas:

- Representar visualmente la propagación de los impulsos eléctricos en el corazón de forma más natural y comprensible.
- Permitir a los médicos explorar, rotar, comparar y analizar latidos desde múltiples perspectivas, facilitando la identificación de patrones y anomalías morfológicas.
- Integrar métricas clínicas adicionales (como frecuencia cardíaca o presión arterial) para ofrecer un análisis más contextualizado y completo.
- Evaluar si esta representación 3D mejora la eficiencia y precisión diagnóstica en comparación con herramientas tradicionales 2D.

Actualmente, existe una brecha importante entre el potencial diagnóstico de los datos de ECG y las capacidades de las herramientas visuales disponibles. Esta propuesta busca cerrar esa brecha mediante un sistema de visualización tridimensional interactivo, centrado en mejorar la comprensión clínica y apoyar la toma de decisiones médicas.

3. Objetivos

Diseñar un modelo de visualización tridimensional para datos de ECG que permita explorar y analizar la morfología de los latidos del corazón desde diversas perspectivas

3.1. Objetivos Específicos

- Diseñar una representación tridimensional de los datos de ECG que simule la propagación de los impulsos eléctricos a través del corazón.
- Implementar herramientas interactivas que permitan a los médicos rotar, hacer zoom y comparar diferentes señales de ECG en 3D.
- Desarrollar un sistema de visualización que permita integrar otras métricas clínicas (como la frecuencia cardíaca y la presión arterial) para un análisis más completo.
- Evaluar la efectividad de la visualización 3D en la mejora de la precisión diagnóstica comparada con las herramientas tradicionales de análisis en 2D.

4. Dataset

4.1. Contexto y Objeto de Estudio

El dataset en cuestión es una colección de 48 extractos de media hora de grabaciones de ECG ambulatorio de dos canales, obtenidos de 47 sujetos. Estas grabaciones fueron recolectadas por el Laboratorio de Arritmias BIH entre 1975 y 1979.

El objetivo principal de este dataset es proporcionar un recurso para el estudio y desarrollo de algoritmos de detección y clasificación de arritmias cardíacas. Esto se refleja en la selección de las grabaciones:

- 23 grabaciones fueron escogidas al azar de un conjunto más amplio de 4000 registros, representando una población mixta de pacientes hospitalizados (60 %) y ambulatorios (40 %).
- Las 25 grabaciones restantes fueron seleccionadas específicamente para incluir arritmias menos comunes pero clínicamente significativas que no estarían bien representadas en una muestra aleatoria, enriqueciendo así la diversidad de patrones de arritmia disponibles para el estudio.

4.2. Atributos Técnicos del Dataset

El dataset posee los siguientes atributos técnicos clave:

- **Número de Registros:** 48 extractos de media hora (de 47 sujetos).
- **Canales de Grabación:** Cada registro contiene grabaciones de dos canales de ECG simultáneamente.
- **Frecuencia de Muestreo:** Las señales se digitalizaron a 360 muestras por segundo por canal. Esto significa que por cada segundo de grabación y para cada derivación, se tomaron 360 puntos de datos.
- **Resolución:** La resolución de la digitalización es de 11 bits en un rango de 10 mV. Esto determina la precisión con la que se registran los valores de voltaje.

4.3. Anotaciones y Rangos de Valores

Una característica distintiva de este dataset es su exhaustiva anotación:

- **Anotaciones:** Cada registro fue anotado de forma independiente por dos o más cardiólogos. Las discrepancias se resolvieron para crear anotaciones de referencia legibles por computadora para cada latido. En total, hay aproximadamente 110,000 anotaciones de latidos cardíacos.

Respecto a los rangos de valores, la resolución de 11 bits en un rango de 10 mV implica lo siguiente:

- **Rango Físico de Voltaje:** Las señales de ECG están contenidas dentro de un rango de 10 mV. Esto suele interpretarse como un rango de -5 mV a $+5$ mV, o un rango similar de 0 a 10 mV dependiendo de la calibración y el offset. Los valores de la señal (MLII, V5, V1, V2, V4) se expresan en milivoltios (mV).
- **Significado del Rango:** Este rango define los valores máximos y mínimos que un latido cardíaco normal o una arritmia pueden alcanzar dentro de la digitalización. Los picos de las ondas R, las depresiones del segmento ST, o las inversiones de la onda T se registrarán dentro de este rango.

4.4. Cuadro Resumen de Tipo de Dato y Significado

A continuación, un resumen de las columnas clave y su significado en el contexto de este dataset:

Columna	Tipo de Dato	Significado
MLII / V1 / V2 / V4 / V5	Numérico (float)	Valor de voltaje (mV) de la señal ECG en un instante específico para la derivación correspondiente.
Sample	Numérico (entero/float)	Índice o número secuencial de la muestra de ECG, indicando la posición temporal. No tiene unidad física directa, sino que se convierte a tiempo usando la frecuencia de muestreo.
Símbolo	Categorico (cadena de texto)	Código de anotación para el tipo de latido cardíaco o evento en ese punto de la señal (ej., 'N' para normal, 'V' para ventricular prematuro). Puede ser nulo si no hay anotación.
Descripción	Categorico (cadena de texto)	Descripción textual detallada del 'Símbolo' de anotación. Puede ser nulo.
Registro	Numérico / Categorico (entero/cadena)	Identificador único del sujeto o de la grabación de ECG a la que pertenece la muestra.

4.5. Paper Base

[Xu et al. \(2018\)](#) en ECGLens: Interactive Visual Exploration of Large Scale ECG Data for Arrhythmia Detection introduce un sistema interactivo diseñado para ayudar a los cardiólogos a detectar y analizar arritmias utilizando grandes volúmenes de datos de electrocardiograma (ECG). El sistema integra un algoritmo automático de clasificación de latidos basado en redes neuronales convolucionales (CNN) y un algoritmo de detección de valores atípicos

Referencias

3D ECG Leads (2019). 3d ecg leads: 12 lead ecg placement made easy.

Ltd., E. (2023). Epicardio simulation™.

Potyagaylo, D., van Dam, P. M., Kuniewicz, M., Dolega-Dolegowski, D., Pregowska, A.,

- Atkinson, A., Dobrzynski, H., and Proniewska, K. (2024). Interactive teaching of medical 3d cardiac anatomy: atrial anatomy enhanced by ecg and 3d visualization. *Frontiers in Medicine*, 11:1422017.
- Xu, K., Guo, S., Cao, N., Gotz, D., Xu, A., Qu, H., Yao, Z., and Chen, Y. (2018). Ecglens: Interactive visual exploration of large scale ecg data for arrhythmia detection. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '18, page 1–12, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.