

DOI: 10.26820/reciamuc/9.(4).diciembre.2025.104-116

URL: <https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1649>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIAMUC

ISSN: 2588-0748

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 3314 Tecnología Médica

PÁGINAS: 104-116



Herramienta web para el reconocimiento de arritmias cardíacas: Desarrollo y propuesta educativa

Web tool for the recognition of cardiac arrhythmias: Development and educational proposal

Ferramenta web para o reconhecimento de arritmias cardíacas: Desenvolvimento e proposta educativa

María Isabel Cruz Luzuriaga¹; Jorge Alberto Medina Avelino²; Martha Yolanda Morocho Mazon³; Jessenia Elizabeth Mora Pinto⁴

RECIBIDO: 21/09/2025 **ACEPTADO:** 28/10/2025 **PUBLICADO:** 27/11/2025

1. Magíster en Sistemas de Información General; Ingeniero en Sistemas Computacionales; Universidad del Pacífico; Quito, Ecuador; maria.isabel.cruz@upacifico.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-6511-5883>
2. Magíster en Docencia y Gerencia en Educación Superior; Diploma Superior en Diseño Curricular por Competencias; Máster Universitario en Desarrollo de Software; Ingeniero en Sistemas Computacionales; Universidad de Granada; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; jorgemedinaa@correo.ugr.es; jorge.medinaa@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0003-1682-7953>
3. Magíster en Salud Pública; Especialista en Proyectos de Desarrollo Educativos y Sociales; Magíster en Educación Superior; Diploma Superior en Docencia Universitaria; Doctor en Ciencias Pedagógicas; Licenciada en Enfermería; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; martha.morochom@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0003-1449-7647>
4. Especialista en Enfermedades Infecciosas; Médica; Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; jessenia.morap@ug.edu.ec;  <https://orcid.org/0009-0000-4835-2759>

CORRESPONDENCIA

María Isabel Cruz Luzuriaga

maria.isabel.cruz@upacifico.edu.ec

Quito, Ecuador

RESUMEN

Introducción: El reconocimiento temprano de arritmias cardíacas mediante electrocardiograma (ECG) es una competencia crucial en la formación médica. Sin embargo, la enseñanza tradicional enfrenta limitaciones como la disponibilidad de tiempo práctico y de casos clínicos diversos. **Objetivo:** Describir el desarrollo y contenido de una página web educativa destinada a la enseñanza básica de arritmias cardíacas, como un recurso accesible para estudiantes de ciencias médicas. **Materiales y Métodos:** Se desarrolló una herramienta web utilizando HTML, CSS y Node.js. El contenido se basó en 50 registros de ECG seleccionados aleatoriamente de la base de datos PhysioNet "ECG Arrhythmia", representando cinco categorías: ritmo sinusal regular (SR), fibrilación auricular (AFIB), aleteo auricular (AF), taquicardia sinusal (ST) y bradicardia sinusal (SB). La herramienta integra para cada caso el trazado ECG, variables demográficas, texto explicativo y códigos de terminología SNOMED CT. **Resultados:** Se presenta una herramienta web interactiva que permite el autoaprendizaje guiado. La plataforma muestra de manera simultánea el panel de selección de casos y el trazado ECG, junto con información fisiopatológica y de codificación estandarizada. **Conclusión:** Esta herramienta web representa un recurso educativo novedoso y replicable que combina el uso de datos reales, fisiopatología y terminología clínica moderna. Su desarrollo sienta las bases para futuros estudios que evalúen su impacto en el aprendizaje y su integración dentro de proyectos de investigación más amplios en telemetría y clasificación de señales ECG.

Palabras clave: Educación Médica, Electrocardiografía, Arritmias Cardíacas, SNOMED CT, Tecnología Educativa, Recursos Web.

ABSTRACT

Introduction: Early recognition of cardiac arrhythmias via electrocardiogram (ECG) is a critical competency in medical training. However, traditional teaching faces limitations such as the availability of practical time and diverse clinical cases. **Objective:** To describe the development and content of an educational website designed for the basic teaching of cardiac arrhythmias, as an accessible resource for medical science students. **Materials and Methods:** A web tool was developed using HTML, CSS, and Node.js. The content was based on 50 ECG records randomly selected from the PhysioNet "ECG Arrhythmia" database, representing five categories: normal sinus rhythm (SR), atrial fibrillation (AFIB), atrial flutter (AF), sinus tachycardia (ST), and sinus bradycardia (SB). The tool integrates, for each case, the ECG tracing, demographic variables, explanatory text, and SNOMED CT codes. **Results:** An interactive web tool that facilitates guided self-learning is presented. The platform simultaneously displays the case selection panel and the ECG tracing, along with pathophysiological information and standardized coding. **Conclusion:** This web tool represents a novel and replicable educational resource that combines real data, pathophysiology, and modern clinical terminology. Its development lays the groundwork for future studies to evaluate its impact on learning and its integration into broader research projects in telemetry and ECG signal classification.

Keywords: Medical Education, Electrocardiography, Cardiac Arrhythmias, SNOMED CT, Educational Technology, Web Resources.

RESUMO

Introdução: O reconhecimento precoce de arritmias cardíacas por meio do eletrocardiograma (ECG) é uma competência crítica na formação médica. No entanto, o ensino tradicional enfrenta limitações, como a disponibilidade de tempo prático e a diversidade de casos clínicos. **Objetivo:** Descrever o desenvolvimento e o conteúdo de um site educacional projetado para o ensino básico de arritmias cardíacas, como um recurso acessível para estudantes de ciências médicas. **Materiais e métodos:** Foi desenvolvida uma ferramenta web utilizando HTML, CSS e Node.js. O conteúdo baseou-se em 50 registros de ECG selecionados aleatoriamente da base de dados «ECG Arrhythmia» da PhysioNet, representando cinco categorias: ritmo sinusal normal (RS), fibrilação atrial (FA), flutter atrial (FA), taquicardia sinusal (TS) e bradicardia sinusal (BS). A ferramenta integra, para cada caso, o traçado do ECG, variáveis demográficas, texto explicativo e códigos SNOMED CT. **Resultados:** É apresentada uma ferramenta web interativa que facilita a autoaprendizagem guiada. A plataforma exibe simultaneamente o painel de seleção de casos e o traçado do ECG, juntamente com informações fisiopatológicas e codificação padronizada. **Conclusão:** Esta ferramenta web representa um recurso educativo inovador e replicável que combina dados reais, fisiopatologia e terminologia clínica moderna. O seu desenvolvimento estabelece as bases para estudos futuros que avaliem o seu impacto na aprendizagem e a sua integração em projetos de investigação mais amplos em telemetria e classificação de sinais de ECG.

Palavras-chave: Educação Médica, Eletrocardiografia, Arritmias Cardíacas, SNOMED CT, Tecnologia Educativa, Recursos Web.

Introducción

La interpretación electrocardiográfica (ECG) constituye una competencia diagnóstica fundamental en la formación médica, cuyo dominio impacta directamente en la calidad de la atención al paciente y los desenlaces clínicos (Drew et al., 2014). Sin embargo, la adquisición de esta habilidad se enfrenta a desafíos significativos dentro de los modelos educativos tradicionales, destacándose la escasez de tiempo dedicado a prácticas supervisadas y la limitada exposición a un espectro diverso de casos clínicos (Larsen et al., 2021). Esta brecha en la formación ha impulsado la búsqueda y desarrollo de recursos digitales complementarios que sean accesibles, interactivos y estén basados en evidencia.

En este contexto, las herramientas web educativas han emergido como valiosos instrumentos para suplir estas carencias. Revisiones sistemáticas recientes confirman su eficacia para mejorar el reconocimiento de patrones y la retención de conocimiento, particularmente cuando utilizan bancos de casos reales (Larsen et al., 2021; Mohsenabadi, 2022). Plataformas que utilizan repositorios públicos y estandarizados, como PhysioNet, han demostrado un especial valor pedagógico (Goldberger et al., 2000). No obstante, la mera disponibilidad de trazados ECG resulta insuficiente para una formación integral en el panorama sanitario actual.

La interoperabilidad y el registro preciso de los datos clínicos son pilares de la salud digital. Mientras sistemas como la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10) se enfocan en la morbilidad y mortalidad, SNOMED CT (Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms) se erige como una terminología comprensiva que permite representar de manera inequívoca conceptos clínicos específicos, facilitando un registro clínico estructurado y el intercambio de información. La familiarización del futuro profesional con esta terminología es, por tanto, una competencia crecientemente relevante.

Una revisión de la literatura disponible revela un vacío específico en la oferta de recursos educativos en español que integren de manera sencilla y focalizada el reconocimiento visual de arritmias cardíacas clave con su correspondiente codificación en terminologías modernas como SNOMED CT. Si bien existen recursos valiosos para la enseñanza del ECG, ninguno combina explícitamente el autoaprendizaje basado en casos reales con la exposición práctica a la codificación clínica estandarizada.

1. Aprendizaje de la electrocardiografía en la formación médica

La interpretación del electrocardiograma (ECG) es una competencia clínica esencial que influye directamente en la toma de decisiones diagnósticas y terapéuticas. Diversos estudios han demostrado que los estudiantes de medicina presentan dificultades persistentes en el reconocimiento de arritmias, incluso en etapas avanzadas de su formación (Cantillon et al., 2021; Raupach et al., 2020). Estas dificultades se relacionan con la limitada exposición a casos reales, la variabilidad en la calidad de la enseñanza práctica y la falta de retroalimentación inmediata. La literatura reciente enfatiza que el aprendizaje del ECG requiere exposición repetida a patrones visuales, contextualización clínica y práctica deliberada, elementos que no siempre se logran en entornos tradicionales (Ribeiro et al., 2023).

2. Recursos digitales y aprendizaje multimedia en ciencias de la salud

El uso de herramientas digitales ha demostrado mejorar la retención del conocimiento, la motivación y el rendimiento académico en estudiantes de ciencias médicas (George et al., 2022). La teoría del aprendizaje multimedia de Mayer (2021) sostiene que los estudiantes aprenden mejor cuando la información se presenta mediante la combinación de texto, imágenes y elementos interactivos, siempre que se reduzca la carga cognitiva extrínseca.

En el ámbito del ECG, las plataformas digitales permiten: acceso ilimitado a bancos de casos reales, visualización dinámica de trazados, retroalimentación inmediata, aprendizaje autónomo y flexible. Revisiones sistemáticas recientes confirman que los recursos web basados en casos reales mejoran significativamente la precisión diagnóstica en arritmias (Larsen et al., 2021; Mohsenabadi et al., 2022).

3. Aprendizaje basado en casos y práctica deliberada

El aprendizaje basado en casos (case-based learning) es una estrategia pedagógica ampliamente validada en educación médica. Este enfoque promueve el razonamiento clínico, la transferencia del conocimiento y la toma de decisiones en contextos simulados (Thistlethwaite et al., 2019). La práctica deliberada, por su parte, implica la repetición estructurada de tareas con retroalimentación inmediata, lo cual es especialmente útil en habilidades perceptuales como la interpretación del ECG (Ericsson, 2020). Las herramientas web que integran múltiples casos reales permiten operacionalizar este enfoque de manera eficiente.

4. Interoperabilidad y terminologías clínicas estandarizadas

En el contexto de la salud digital, la capacidad de registrar, intercambiar y analizar información clínica depende del uso de terminologías estandarizadas. SNOMED CT es actualmente la terminología clínica más completa y ampliamente adoptada a nivel internacional (SNOMED International, 2023). Su uso permite representar conceptos clínicos de manera precisa, interoperable y computacionalmente procesable. La alfabetización en terminologías como SNOMED CT se considera una competencia emergente para los futuros profesionales de la salud, especialmente en entornos donde se integran sistemas de telemetría, inteligencia artificial y análisis automatizado de señales biomédicas (Kostkova et al., 2022).

Integrar SNOMED CT en recursos educativos no solo fortalece la comprensión conceptual, sino que prepara al estudiante para interactuar con historias clínicas electrónicas y sistemas de apoyo a la decisión clínica.

5. Bases de datos abiertas y uso de datos reales en educación médica

El uso de bases de datos abiertas como PhysioNet ha transformado la investigación y la enseñanza en electrocardiografía. PhysioNet proporciona registros reales, anonimizados y validados, lo que permite desarrollar herramientas educativas basadas en datos auténticos (Goldberger et al., 2000; Reyna et al., 2021). La literatura destaca que el aprendizaje con datos reales mejora la transferencia del conocimiento a escenarios clínicos y aumenta la confianza diagnóstica del estudiante (Zhang et al., 2022).

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto institucional "Monitorización continua cardíaca para enfermedades arrítmicas y no arrítmicas mediante dispositivos wearables y la aplicación de Evolutionary Artificial Neuroid Network (EANN) para clasificación predictiva de señales ECG". Como parte de este macro-proyecto, surge la necesidad de desarrollar herramientas pedagógicas que preparen a los futuros profesionales para interactuar con sistemas de telemetría y clasificación automática, donde la correcta codificación de los hallazgos es crucial. Por lo tanto, el objetivo específico de este artículo es describir el desarrollo y el contenido de una página web educativa para la enseñanza básica de arritmias cardíacas, denominada "Fisiopatología y reconocimiento de arritmias cardíacas", la cual se distingue por integrar en un único entorno registros ECG reales, fundamentos fisiopatológicos y la correspondiente codificación SNOMED CT.

Materiales y Métodos

Se llevó a cabo el diseño y desarrollo de un recurso educativo web interactivo. El proceso incluyó la selección sistemática de casos, el

diseño de la arquitectura tecnológica, la implementación de la plataforma y la integración coherente de los componentes educativos.

Fuente de Datos y Selección de Casos

La base de datos de ECG utilizada fue "ECG Arrhythmia" (v1.0.0), un repositorio público y anonimizado alojado en PhysioNet (Goldberger et al., 2000), accesible en: <https://physionet.org/content/ecg-arrhythmia/1.0.0/>.

A partir del conjunto de registros etiquetados, se definieron cinco categorías diagnósticas de interés para este recurso educativo inicial:

- Ritmo Sinusal Regular (SR)
- Fibrilación Auricular (AFIB)

- Aleteo Auricular (AFL)
- Taquicardia Sinusal (ST)
- Bradicardia Sinusal (SB)

Se aplicó un muestreo aleatorio estratificado para garantizar la representatividad de cada categoría. De cada una de las cinco categorías, se seleccionaron aleatoriamente 10 registros, obteniéndose una muestra final de 50 trazados de ECG. La asignación diagnóstica se basó exclusivamente en las etiquetas validadas y proporcionadas por la base de datos PhysioNet, la cual sigue protocolos establecidos de anotación (Goldberger et al., 2000). Todos los datos son anónimos y se utilizaron estrictamente con fines educativos y de investigación. La caracterización demográfica de la muestra se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de la Muestra de ECG (n=50)

Tipo de Arritmia	n (%)	Edad Promedio (años)	Sexo (% Masculino)
Ritmo Sinusal (SR)	10 (20%)	52.1	50%
Fibrilación Auricular (AFIB)	10 (20%)	70.4	60%
Aleteo Auricular (AFL)	10 (20%)	65.8	70%
Taquicardia Sinusal (ST)	10 (20%)	41.2	40%
Bradicardia Sinusal (SB)	10 (20%)	48.5	55%
Total	50 (100%)	55.6	55%

Arquitectura y Desarrollo de la Herramienta Web

La herramienta, denominada "Fisiopatología y reconocimiento de arritmias cardíacas", fue desarrollada utilizando una arquitectura cliente-servidor basada en tecnologías web estándar (Figura 2).

- **Frontend (Cliente):** La interfaz de usuario (UI) se implementó con HTML5 para la estructura, CSS3 para el estilo y diseño responsivo, y JavaScript vanilla para la interactividad del lado del cliente. Esto permite una experiencia de usuario fluida sin necesidad de recargar la página al interactuar con los diferentes casos.

- **Backend (Servidor):** El servidor se construyó utilizando Node.js junto con el framework Express.js. Su función principal es gestionar las solicitudes HTTP, servir las páginas web y proporcionar una API RESTful que permite al frontend solicitar los datos específicos de cada caso de arritmia.
- **Almacenamiento y Gestión de Datos:** Los 50 registros de ECG, originalmente en formato WFDB, se preprocesaron y convirtieron a imágenes en formato PNG para su visualización web eficiente. Los metadatos de cada caso (edad, sexo, diagnóstico, texto explicativo y código SNOMED

CT) se estructuraron en un archivo JSON. Este archivo es leído por el servidor Node.js, que actúa como una capa de acceso a los datos, sirviendo la información específica solicitada por el cliente.

Flujo de Datos

1. El usuario accede a la aplicación web a través de un navegador.
2. El servidor Node.js sirve la página HTML, CSS y JavaScript iniciales.
3. Al cargarse la página, el frontend solicita a la API del backend (vía fetch o XMLHttpRequest) la lista de arritmias y casos disponibles.
4. Cuando un usuario selecciona un caso específico, el frontend realiza una nueva petición a la API.
5. El backend responde con los metadatos del caso (edad, sexo, texto explicativo,

código SNOMED CT) y la URL de la imagen del trazado ECG correspondiente.

6. El frontend renderiza dinámicamente la información recibida y muestra la imagen del ECG en el panel derecho, sin necesidad de recargar toda la página.

Integración de Terminología SNOMED CT

Para cada una de las cinco arritmias incluidas, se asignó el código SNOMED CT correspondiente utilizando la International Edition (versión más reciente disponible al momento del desarrollo) y su herramienta oficial SNOMED CT Browser (<https://browser.ihtsdotools.org/>). Los códigos fueron verificados por un profesional con formación en informática biomédica para garantizar su precisión. La Tabla 2 detalla la correspondencia entre el diagnóstico y la terminología estandarizada.

Tabla 2. Correspondencia de Arritmias con Terminología SNOMED CT

Diagnóstico (español)	Código SNOMED CT	Término SNOMED CT (Fully Specified Name)
Ritmo Sinusal Regular	251000003	Normal sinus rhythm (finding)
Fibrilación Auricular	49436004	Atrial fibrillation (disorder)
Aleteo Auricular	65710007	Atrial flutter (disorder)
Taquicardia Sinusal	427172004	Sinus tachycardia (finding)
Bradicardia Sinusal	426177001	Sinus bradycardia (finding)

Enfoque Pedagógico e Implementación de Contenido

La herramienta se diseñó como un recurso de autoaprendizaje guiado y repaso. El contenido explicativo para cada caso se redactó siguiendo un formato estandarizado que incluye: (a) criterios electrocardiográficos clave para el diagnóstico, (b) una descripción concisa de la fisiopatología subyacente, y (c) el código SNOMED CT, que funciona como un enlace directo al

SNOMED CT Browser para su consulta externa. Esta integración busca fortalecer tres pilares de aprendizaje: el reconocimiento visual de patrones, la comprensión conceptual fisiopatológica y la familiarización con sistemas de codificación clínica utilizados en historias clínicas electrónicas.

Diseño del recurso educativo

Se llevó a cabo un estudio descriptivo para el desarrollo de un recurso educativo web.



Fuente de datos y selección de casos

La base de datos de ECG utilizada fue "ECG Arrhythmia" (v1.0.0), disponible públicamente en el repositorio PhysioNet (<https://physionet.org/content/ecg-arrhythmia/1.0.0/>). Este repositorio contiene registros de ECG anonimizados. A partir del conjunto de registros etiquetados se definieron cinco categorías diagnósticas de interés: ritmo sinusal regular (SR), fibrilación auricular (AFIB), aleteo auricular (AF), taquicardia sinusal (ST) y bradicardia sinusal (SB).

Enfoque pedagógico

La herramienta está diseñada como un recurso de autoaprendizaje guiado y repaso, concebido para complementar clases teóricas, seminarios y prácticas hospitalarias. Su lógica didáctica se centra en tres pilares: Reconocimiento visual: Familiarizar al estudiante con el patrón gráfico de cada arritmia. Asociación conceptual: Vincular el nombre de la arritmia con sus características ECG y su base fisiopatológica.

Introducción a la codificación: Exponer al estudiante a la terminología SNOMED CT utilizada en sistemas de historia clínica electrónica. Cabe señalar que este artículo documenta la fase de diseño y desarrollo. La evaluación de la usabilidad, satisfacción del usuario y la medición cuantitativa del apren-

dizaje (pruebas pre y post) están planificadas para futuras fases de investigación.

Resultados

Como producto principal de este trabajo, se desarrolló y desplegó exitosamente la herramienta web educativa "Fisiopatología y reconocimiento de arritmias cardíacas". Esta plataforma representa un recurso interactivo y accesible que integra de manera cohesiva componentes visuales, clínicos y de terminología estandarizada.

Caracterización de la Muestra de ECG

La base de casos de la herramienta consta de 50 registros de ECG, seleccionados aleatoriamente de la base de datos PhysioNet como se detalló en la sección de Métodos. La Tabla 1 presenta la caracterización demográfica de esta muestra, la cual incluye 10 casos para cada una de las cinco categorías de arritmias, con una edad promedio general de 55.6 años y una distribución del 55% de sexo masculino.

Arquitectura e Interfaz de la Herramienta Web

La herramienta fue desarrollada bajo una arquitectura cliente-servidor que garantiza una navegación fluida e intuitiva. La interfaz de usuario final se organiza en dos paneles principales (Figura 1):

Tabla 3. Caracterización de la Muestra de ECG (n=50)*

Tipo de Arritmia	n (%)	Edad Promedio (años)	Sexo (% Masculino)
Ritmo Sinusal (SR)	10 (20%)	52.1	50%
Fibrilación Auricular (AFIB)	10 (20%)	70.4	60%
Aleteo Auricular (AFL)	10 (20%)	65.8	70%
Taquicardia Sinusal (ST)	10 (20%)	41.2	40%
Bradicardia Sinusal (SB)	10 (20%)	48.5	55%
Total	50 (100%)	55.6	55%

Panel Izquierdo (Selección de Casos): Este panel presenta un menú de navegación que permite al usuario seleccionar primero una de las cinco categorías de arritmias disponibles. Al elegir una categoría, se

despliega una lista de los 10 casos asociados, cada uno identificado por la edad y el sexo del paciente (ej., "Paciente, 70 años, Masculino"), lo que proporciona un contexto clínico inmediato.

Panel Derecho (Visualización de Caso): Al seleccionar un caso específico, este panel se actualiza dinámicamente para mostrar:

El trazado ECG correspondiente en alta resolución

Un texto explicativo que detalla los criterios electrocardiográficos clave para el diagnóstico y una descripción concisa de la fisiopatología subyacente.

El código SNOMED CT asociado al diagnóstico, que se presenta como un hipervínculo activo.

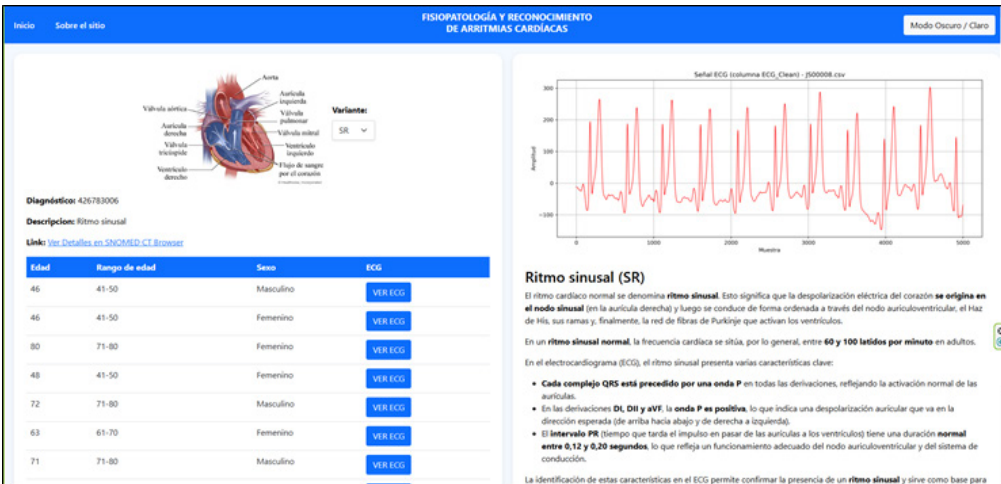


Figura 1. Captura de pantalla de la interfaz principal de la herramienta web mostrando un caso de Fibrilación Auricular (AFIB)

Nota: La figura muestra la división en paneles: a la izquierda, el menú de selección con la arritmia y los casos; a la derecha, el trazado ECG, la explicación textual y el código SNOMED CT con enlace activo.

Integración de Terminología Estandarizada SNOMED CT

Un resultado distintivo de este desarrollo es la integración sistemática de la terminología clínica estandarizada. Para cada arritmia, se incorporó el código SNOMED CT correspondiente, verificando su precisión con la edición internacional. La Tabla 2 especifica

esta correspondencia. En la interfaz, cada código es un enlace funcional que, al ser activado, abre una nueva pestaña en el navegador dirigiendo al usuario a la entrada correspondiente en el SNOMED CT Browser (Figura 2), facilitando así una consulta rápida y profunda de la definición formal del concepto clínico.

Tabla 4. Correspondencia de Arritmias con Terminología SNOMED CT Integrada en la Herramienta

Diagnóstico (Español)	Código SNOMED CT	Término SNOMED CT (Fully Specified Name)
Ritmo Sinusal Regular	251000003	Normal sinus rhythm (finding)
Fibrilación Auricular	49436004	Atrial fibrillation (disorder)
Aleteo Auricular	65710007	Atrial flutter (disorder)
Taquicardia Sinusal	427172004	Sinus tachycardia (finding)
Bradicardia Sinusal	426177001	Sinus bradycardia (finding)



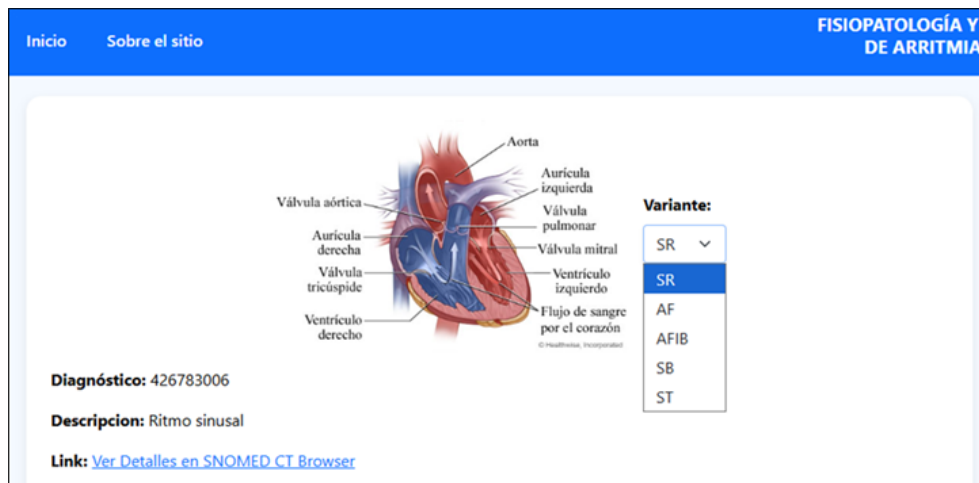


Figura 2. Ejemplo de funcionalidad de enlace a SNOMED CT Browser

Nota: Secuencia que muestra: (A) El código SNOMED CT (ej., 49436004) presentado como un enlace subrayado en la herramienta. (B) La nueva pestaña del navegador que se abre mostrando la definición oficial de "Atrial fibrillation (disorder)" en el SNOMED CT Browse.

Funcionalidades Clave y Experiencia de Usuario

La herramienta opera como una aplicación de una sola página (SPA), donde la transición entre casos es inmediata y no requiere recargas completas, mejorando la fluidez de la experiencia educativa. La combinación de los elementos descritos—el contexto demográfico, el trazado visual, la expli-

cación fisiopatológica y el acceso directo a la terminología estandarizada—proporciona una experiencia de aprendizaje multidimensional. Esto permite al usuario no solo reconocer patrones gráficos, sino también contextualizarlos clínicamente y familiarizarse con los sistemas de codificación propios de los entornos de salud digital.



Figura 3. Ejemplo del uso de la aplicación

Nota: Al hacer clic en el link para ver detalles de la variante seleccionada, se abre una nueva pestaña en el navegador que muestra la información relacionada en el sitio.

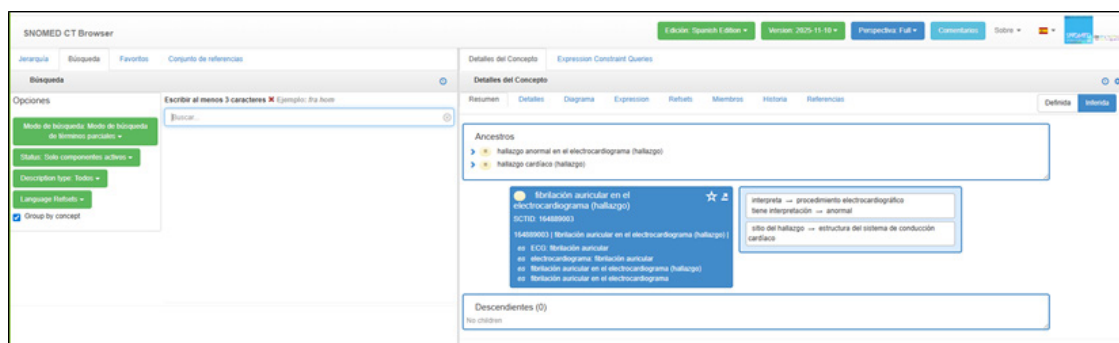


Figura 4. Detalles de la variante seleccionada

Discusión

El desarrollo de la herramienta web "Fisiopatología y reconocimiento de arritmias cardíacas" representa una contribución tangible al ecosistema de recursos educativos digitales en medicina. Los resultados de este proyecto demuestran la viabilidad de crear una plataforma integrada que, partiendo de una necesidad pedagógica claramente identificada, combine exitosamente el uso de datos reales de ECG, fundamentos fisiopatológicos y terminología clínica estandarizada en un entorno accesible y de código abierto.

Interpretación de los Hallazgos y Valor Añadido

El principal valor de esta herramienta reside en su enfoque integrador. Mientras que recursos preexistentes, como las bases de datos de PhysioNet (Goldberger et al., 2000) o plataformas educativas comerciales, se centran predominantemente en el reconocimiento de patrones, esta propuesta avanza un paso más allá. Al incorporar de manera sistemática los códigos SNOMED CT, sienta un puente conceptual entre el aprendizaje puramente visual y las competencias requeridas en la práctica clínica moderna, donde el registro estructurado y la interoperabilidad de los datos son cruciales (Larsen et al., 2021). Esta integración responde a la creciente necesidad de alfabetización en informática biomédica dentro del currículo médico.

La arquitectura tecnológica elegida, basada en Node.js y un frontend responsivo, ha demostrado ser robusta y adecuada para los objetivos de autoaprendizaje. La interfaz de dos paneles, que permite una correlación inmediata entre la selección del caso y la visualización del trazado con su explicación, se alinea con los principios de la carga cognitiva, facilitando un aprendizaje más eficiente al presentar la información de manera conexa y no fragmentada.

Comparación con la Literatura Existente

Nuestro desarrollo se enmarca en la tendencia de utilizar recursos digitales para suplir las limitaciones de la enseñanza tradicional del ECG (Larsen et al., 2021; Mohsenabadi, 2022). Sin embargo, se distingue de otras iniciativas. Por ejemplo, herramientas como las descritas por Jaber et al. (2022) se centran en el análisis de señales con MATLAB, lo que tiene un alto valor técnico pero una curva de aprendizaje más pronunciada para el estudiante de medicina general. Nuestra herramienta, en cambio, prioriza la accesibilidad y la inmediatez, ofreciendo un recurso listo para usar que no requiere software adicional.

Asimismo, mientras que la vanguardia de la investigación se concentra en el desarrollo de algoritmos de inteligencia artificial de alta precisión para la clasificación automática de arritmias (Bai et al., 2024; Irfan et al., 2022), este proyecto aborda una etapa anterior y fundamental: la formación de la

competencia humana de reconocimiento. La herramienta no busca reemplazar al docente, sino actuar como un complemento disponible las 24 horas que prepara el terreno para que los futuros clínicos comprendan la base de los diagnósticos que, en un futuro próximo, podrán ser asistidos o validados por dichos sistemas de IA. En este sentido, la plataforma se articula directamente como un pilar educativo dentro del proyecto macro de investigación en clasificación predictiva de señales ECG.

Limitaciones

Es imperativo reconocer las limitaciones de este desarrollo inicial. En primer lugar, la inclusión de solo cinco categorías de arritmias, aunque proporciona una base sólida, es insuficiente para cubrir el espectro completo de alteraciones del ritmo cardíaco que un médico debe conocer. En segundo lugar, la muestra de ECG, si bien es real y proviene de una fuente validada, se origina predominantemente de un contexto geográfico específico (China), lo que podría introducir un sesgo demográfico y limitar la generalización de las características de edad y sexo a otras poblaciones.

Una limitación metodológica significativa es la dependencia de las etiquetas diagnósticas proporcionadas por la base de datos PhysioNet sin una validación clínica independiente adicional por parte de nuestro equipo para cada uno de los 50 casos seleccionados. Si bien PhysioNet es un recurso de prestigio, esta dependencia total es un punto débil que debe ser considerado.

Últimamente, y quizás la limitación más crítica en esta fase, es la ausencia de una evaluación pedagógica formal. El desarrollo está completo, pero su verdadero valor e impacto en la curva de aprendizaje de los estudiantes—medido a través de pruebas de conocimiento pre/post, métricas de usabilidad o estudios de satisfacción—están aún por cuantificar. Sin esta evaluación, es prematuro afirmar su superioridad o incluso su equivalencia frente a otros métodos de enseñanza.

Implicaciones y Proyecciones Futuras

A pesar de estas limitaciones, el trabajo sienta bases sólidas para futuras direcciones. La herramienta está diseñada para ser escalable. El siguiente paso lógico es expandir la biblioteca de casos, incorporando registros de origen local y añadiendo categorías diagnósticas más complejas, como los bloqueos de rama o las taquiarritmias ventriculares.

La proyección más inmediata y crucial es la realización de un estudio cuasi-experimental controlado para evaluar la efectividad de la herramienta. Un diseño que compare los resultados en el reconocimiento de arritmias entre un grupo de intervención que utilice la plataforma y un grupo de control que siga métodos tradicionales proporcionaría la evidencia necesaria para validar su utilidad pedagógica.

A más largo plazo, y en consonancia con el proyecto macro, la plataforma puede evolucionar para integrarse con los algoritmos de clasificación predictiva (EANN) que se están desarrollando. Se podría crear un módulo donde el estudiante intente diagnosticar un ECG y reciba retroalimentación inmediata contrastando su juicio con el del algoritmo, creando un entorno de aprendizaje híbrido (humano-IA) sumamente innovador.

Esta herramienta web representa un recurso educativo novedoso y replicable que aborda una necesidad específica en la formación médica en español. Su principal fortaleza es la integración cohesiva de componentes visuales, conceptuales y de terminología estandarizada, preparando a los estudiantes para los desafíos de la salud digital. Si bien sus limitaciones actuales definen su alcance, el framework desarrollado proporciona una base tecnológica y pedagógica robusta sobre la cual construir, evaluar y expandir su potencial como un valioso complemento para la enseñanza de la electrocardiografía y como un componente fundamental en un ecosistema más amplio de investigación en telemedicina.

Conclusiones

En cumplimiento del objetivo planteado, este artículo ha descrito de manera exhaustiva el desarrollo y contenido de la herramienta web educativa "Fisiopatología y reconocimiento de arritmias cardíacas". Los resultados obtenidos demuestran la creación exitosa de una plataforma interactiva y accesible que integra de forma cohesiva 50 registros de ECG reales de la base de datos PhysioNet, representativos de cinco categorías diagnósticas fundamentales, con información fisiopatológica explicativa y sus correspondientes códigos de terminología estandarizada SNOMED CT.

La discusión evidenció que el valor distintivo de esta herramienta reside en su enfoque integrador, que supera la oferta de recursos existentes al combinar el reconocimiento visual de patrones ECG con la familiarización práctica de los estudiantes en sistemas de codificación clínica esenciales para los entornos de salud digital modernos. La arquitectura tecnológica implementada, basada en Node.js y un frontend responsivo, ha demostrado ser robusta y adecuada para los objetivos de autoaprendizaje guiado.

Si bien el proyecto presenta limitaciones inherentes a su fase inicial, como el número limitado de arritmias incluidas y la ausencia aún de una evaluación pedagógica formal, el desarrollo sienta las bases tecnológicas y conceptuales para futuras expansiones y validaciones. La herramienta representa no solo un recurso educativo novedoso y replicable para la formación en electrocardiografía, sino también un componente fundamental dentro del proyecto macro de investigación en clasificación predictiva de señales ECG, preparando el terreno para la integración de futuros desarrollos en inteligencia artificial y telemedicina.

Bibliografía

- Ahmed, A., Ali, W., Abdullah, T., & Malebary, S. (2023). Classifying Cardiac Arrhythmia from ECG Signal Using 1D CNN Deep Learning Model. *Mathematics*. <https://doi.org/10.3390/math11030562>
- Bai, X., Dong, X., Li, Y., Liu, R., & Zhang, H. (2024). A hybrid deep learning network for automatic diagnosis of cardiac arrhythmia based on 12-lead ECG. *Scientific Reports*, 14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75531-w>
- Cantillon, P., Dornan, T., & De Grave, W. (2021). *Medical education: Theory and practice*. Elsevier.
- Chen, T., Huang, C., Shih, E., Hu, Y., & Hwang, M. (2019). Detection and Classification of Cardiac Arrhythmias by a Challenge-Best Deep Learning Neural Network Model. *iScience*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.100886>
- Daydulo, Y., Thamineni, B., & Dawud, A. (2023). Cardiac arrhythmia detection using deep learning approach and time frequency representation of ECG signals. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 23. <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02326-w>
- Din, S., Qaraqe, M., Mourad, O., Qaraqe, K., & Serpedin, E. (2024). ECG-based cardiac arrhythmias detection through ensemble learning and fusion of deep spatial-temporal and long-range dependency features. *Artificial intelligence in medicine*, 150, 102818. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2024.102818>
- Drew, B. J., Califf, R. M., Funk, M., Kaufman, E. S., Krucoff, M. W., Laks, M. M., ... & Van Hare, G. F. (2014). Practice standards for electrocardiographic monitoring in hospital settings: An American Heart Association scientific statement from the Councils on Cardiovascular Nursing, Clinical Cardiology, and Cardiovascular Disease in the Young. *Circulation*, 130(15), 2051–2094. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000097>
- Ericsson, K. A. (2020). *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- George, P., Reis, S., & de Carvalho-Filho, M. A. (2022). Digital education in health professions: Systematic review of systematic reviews. *Medical Teacher*, 44(6), 611–623. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2022.2036710>

- Goldberger, A. L., Amaral, L. A. N., Glass, L., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. C., Mark, R. G., ... & Stanley, H. E. (2000). PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a new research resource for complex physiologic signals. *Circulation*, 101(23), e215-e220. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.101.23.e215>
- Irfan, S., Anjum, N., Althobaiti, T., Alotaibi, A., Siddiqui, A., & Ramzan, N. (2022). Heartbeat Classification and Arrhythmia Detection Using a Multi-Model Deep-Learning Technique. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22. <https://doi.org/10.3390/s22155606>
- Jaber, H., Aljobouri, H., & Çankaya, I. (2022). Design of a web laboratory interface for ECG signal analysis using MATLAB builder NE. *Open Computer Science*, 12, 227 - 237. <https://doi.org/10.1515/comp-2022-0244>
- Kadish, A. H., Buxton, A. E., Kennedy, H. L., Knight, B. P., Mason, J. W., Schuger, C., & Tracy, C. M. (2019). ACC/AHA clinical competence statement on electrocardiography and ambulatory electrocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*, 33(3), 588-592.
- Kostkova, P., Brewer, H., & de Lusignan, S. (2022). Digital health competencies for clinicians. *Journal of Medical Internet Research*, 24(3), e32955. <https://doi.org/10.2196/32955>
- Larsen, T. R., Green, M., & Choate, J. (2021). Use of digital ECG resources in medical education: A systematic review. *Medical Science Educator*, 31(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s40670-021-01322-7>
- Lin, W., Lin, C., Liu, W., Liu, W., Chang, C., Chen, H., Lee, C., Chen, Y., Wu, C., Lee, C., Wang, C., Liao, C., & Lin, C. (2025). Development of an Artificial Intelligence-Enabled Electrocardiography to Detect 23 Cardiac Arrhythmias and Predict Cardiovascular Outcomes. *Journal of medical systems*, 49 1, 51. <https://doi.org/10.1007/s10916-025-02177-0>
- M, R., Kodagali, S., & Biswagar, P. (2024). IoT and Web based Cardiac Arrhythmia System using Machine Learning. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.63092>
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Mohsenabadi, H., et al. (2022). Web-based ECG training and diagnostic accuracy: A systematic review. *Journal of Electrocardiology*, 72, 45-52.
- Mohsenabadi, M. (2022). Efficacy of Mobile Learning to Train Cardiac Arrhythmia Interpretation in Critical Care Nurses. *International Journal Of Medical Science And Clinical Research Studies*, 2(6), 586-589. <https://doi.org/10.47191/ijmscrs/v2-i6-07>
- Pokharel, A., Dahal, S., Sapkota, P., & Chhetri, B. (2024). Electrocardiogram (ECG) Based Cardiac Arrhythmia Detection and Classification using Machine Learning Algorithms. *ArXiv*, abs/2412.05583. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2412.05583>
- Raupach, T., et al. (2020). Learning ECG interpretation: A systematic review. *Medical Education*, 54(12), 1100-1110.
- Reyna, M. A., Sadr, N., & Goldberger, A. L. (2021). Heartbeat classification using PhysioNet databases. *Scientific Data*, 8, 286.
- Ribeiro, A. H., et al. (2023). Challenges in ECG interpretation training. *Journal of Electrocardiology*, 78, 1-8.
- SNOMED International. (2023). SNOMED CT: International Edition. <https://www.snomed.org>
- Thistlethwaite, J., et al. (2019). The effectiveness of case-based learning in health professions education. *Medical Teacher*, 41(5), 525-533.
- Zhang, Z., et al. (2022). Real-world ECG data in medical education. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 9, 842311.

CITAR ESTE ARTICULO:

Cruz Luzuriaga, M. I., Medina Avelino, J. A. ., Morocho Mazon, M. Y., & Mora Pinto, J. E. . (2025). Herramienta web para el reconocimiento de arritmias cardíacas: Desarrollo y propuesta educativa. *RECIA-MUC*, 9(4), 104-116. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/9.\(4\).diciembre.2025.104-116](https://doi.org/10.26820/reciamuc/9.(4).diciembre.2025.104-116)



CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.