







<https://dx.doi.org/10.17488/RMIB.46.SI-TAIH.1524>

E-LOCATION ID: e1524

## Desarrollo de un Simulador de Signos Vitales para entrenamiento Médico

### Development of a vital Signs Simulator for Medical Training

Diego Hernández Cabrera<sup>1</sup> , Miguel Ángel Basurto Pensado<sup>1</sup>  , Héctor Miguel Buenabad Arias<sup>1</sup> ,  
Antonio Isaías Martínez Santos<sup>1</sup> , Andrés Blanco Ortega<sup>2</sup> .

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas - Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Morelos - México

<sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico - Tecnológico Nacional de México

### RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño y desarrollo de un simulador de signos vitales para el entrenamiento médico, basado en *LabVIEW*, que emula variables fisiológicas clave (frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, presión arterial, temperatura corporal y saturación de oxígeno) para practicar su interpretación en tiempo real. El programa incluye una interfaz ajustable con dos modos: manual, donde el usuario modifica parámetros según las necesidades del entrenamiento, y precargado, que simula anomalías como taquicardia o hipoxemia con un solo botón. Su arquitectura operador-usuario diferencia las interfaces, optimizando la gestión por el operador y el aprendizaje del usuario. Pruebas iniciales con estudiantes de enfermería mostraron mejoras notables en la identificación de anomalías, aunque sin validación estadística formal. Este simulador prioriza la simulación de escenarios clínicos. Sin embargo, su dependencia de configuraciones predefinidas o manuales limita su adaptabilidad a situaciones no anticipadas. Esta herramienta fortalece la formación de estudiantes y profesionales de la salud en la monitorización de signos vitales en entornos controlados.

**PALABRAS CLAVE:** entrenamiento, signos vitales, simulación.

## ABSTRACT

This work presents the design and development of a vital signs simulator for medical training, based on *LabVIEW*, which emulates key physiological variables (heart rate, respiratory rate, blood pressure, body temperature, and oxygen saturation) to practice their real-time interpretation. The program features an adjustable interface with two modes: manual, where the user modifies parameters according to training needs, and preloaded, which simulates anomalies such as tachycardia or hypoxemia with a single button. Its operator-user architecture differentiates the interfaces, optimizing system management for the operator and the learning experience for the user. Initial tests with nursing students showed notable improvements in anomaly identification, though without formal statistical validation. This simulator prioritizes the simulation of clinical scenarios. However, its reliance on predefined or manual configurations limits its adaptability to unanticipated situations. This tool enhances the training of students and healthcare professionals in monitoring vital signs in controlled environments.

**KEYWORDS:** simulation, training, vital signs.

### Autor de correspondencia

DESTINATARIO: MIGUEL ÁNGEL BASURTO PENSADO.  
INSTITUCIÓN: CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA Y  
CIENCIAS APLICADAS - UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO  
DE MORELOS, MORELOS - MÉXICO.  
DIRECCIÓN: AV. UNIVERSIDAD 1001, EDIFICIO 48, COL.  
CHAMILPA, CUERNAVACA, MORELOS, MÉXICO. C.P.62209.  
CORREO ELECTRONICO: mbasurto@uaem.mx

### Recepción:

15 Febrero 2025

### Aceptación:

28 Julio 2025

### Publicación:

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de las últimas décadas, la educación médica ha evolucionado significativamente, adoptando un enfoque integral que abarca el desarrollo de habilidades cognitivas, psicomotoras y afectivas en los estudiantes<sup>[1]</sup>. Estos tres dominios del aprendizaje, planteados originalmente hace medio siglo, han cobrado una relevancia creciente en la formación de los profesionales de la salud, ya que permiten no solo la adquisición de conocimientos teóricos, sino también la capacidad de aplicarlos en entornos clínicos y de desarrollar una actitud empática y ética frente a los pacientes<sup>[1][2]</sup>.

Tradicionalmente, la formación en el ámbito médico ha estado fundamentada en un aprendizaje basado en la observación y la práctica supervisada<sup>[1][2][3]</sup>. En este modelo, los estudiantes desarrollan, sus habilidades y conocimientos clínicos mediante la atención directa a los pacientes, bajo la supervisión de profesionales de la salud<sup>[2][3]</sup>. Sin embargo, este método de enseñanza presenta diversas limitaciones. La variabilidad en la exposición a diferentes casos y patologías depende en gran medida de la disponibilidad y condición de los pacientes en un momento determinado, lo cual puede generar brechas en el aprendizaje<sup>[3][4]</sup>. Además, la intervención de estudiantes en procedimientos clínicos conlleva un riesgo para la seguridad del paciente debido a la inexperiencia de los estudiantes<sup>[4]</sup>.

Para abordar estos desafíos, se han desarrollado estrategias educativas que faciliten un aprendizaje seguro y efectivo, entre ellas, la simulación. Esta técnica recrea artificialmente procesos complejos del mundo real con un alto grado de precisión<sup>[5][6]</sup>. A través de la simulación, los usuarios pueden sumergirse en entornos diseñados para replicar situaciones auténticas o altamente similares a la realidad, lo que les permite desarrollar habilidades y adquirir conocimientos sin exponerse ni exponer a pacientes a los riesgos que implicaría enfrentar estos escenarios en un contexto real<sup>[6]</sup>. Además, las simulaciones pueden adaptarse a distintos niveles de complejidad permitiendo a los usuarios enfrentar desafíos de manera gradual y mejorar sus capacidades con el tiempo<sup>[7]</sup>.

El entrenamiento en la interpretación de signos vitales es esencial en la formación médica, ya que estos parámetros son clave para la toma de decisiones en emergencias<sup>[8][9]</sup>. No obstante, la práctica en entornos clínicos puede estar limitada por restricciones éticas<sup>[9]</sup>. Los signos vitales, como la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la temperatura corporal y la frecuencia respiratoria, ofrecen información crucial que puede indicar la presencia de afecciones graves o el deterioro de la salud del paciente<sup>[10]</sup>. En la Tabla 1, se presentan los valores normales de los signos vitales y algunas de las principales anomalías que se pueden detectar durante el monitoreo de pacientes. En este contexto, los simuladores de signos vitales han surgido como herramientas fundamentales, permitiendo la recreación de escenarios clínicos controlados<sup>[10][11][12][13][14]</sup>. Además, estos sistemas son repetibles, lo que permite a los estudiantes practicar múltiples veces y perfeccionar sus habilidades, asegurando una mayor preparación ante situaciones de alta presión<sup>[14][15]</sup>. A través del uso de simuladores, los estudiantes pueden recibir retroalimentación inmediata y personalizada, lo que facilita un aprendizaje más eficaz y aumenta su confianza en la toma de decisiones rápidas y precisas en situaciones reales<sup>[14][15][16]</sup>.

El desarrollo de nuevas herramientas<sup>[11][17]</sup> enfocadas en la enseñanza de estudiantes en el manejo de casos clínicos es fundamental, ya que contribuye a la mejora en la toma de decisiones y mejora su preparación para enfrentar situaciones médicas reales<sup>[16]</sup>.

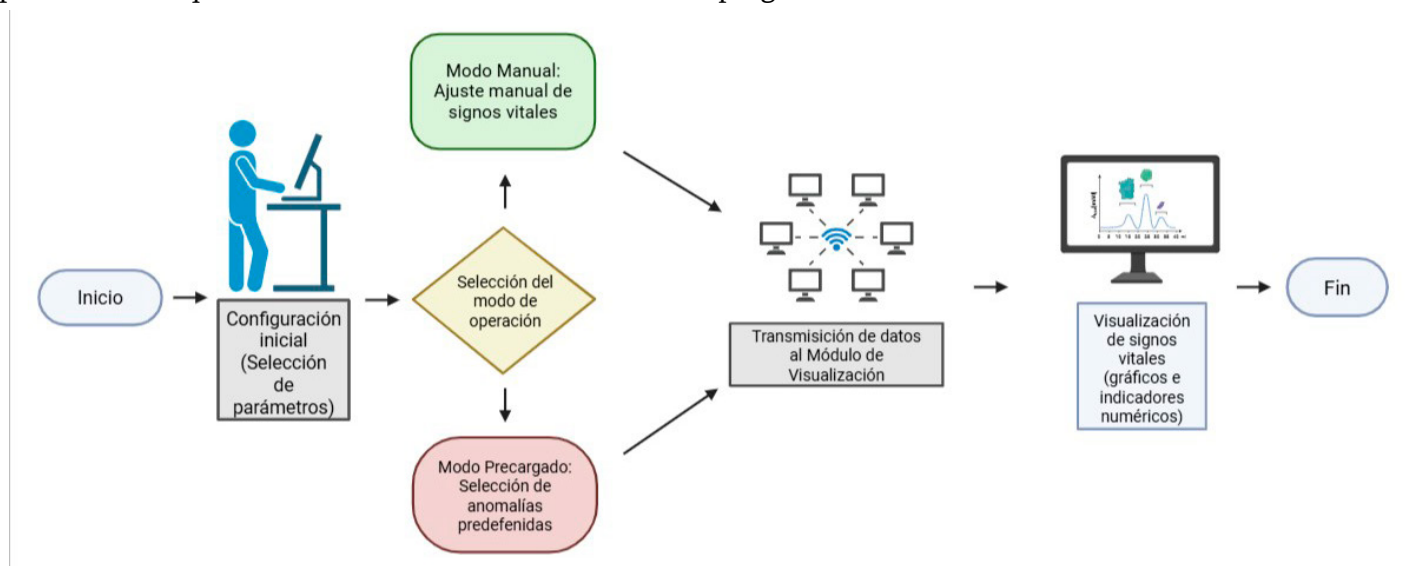
**TABLA 1. Valores de referencia y alteraciones en los signos vitales.**

Signo vital	Anomalia	Rango anormal	Descripción	Ref
Frecuencia cardíaca (lpm)	Normal	60 - 100	-	[8]
	Taquicardia	> 100	Aumento anormal de la frecuencia cardíaca, puede asociarse a estrés, fiebre o patologías cardíacas.	
	Bradicardia	< 60	Disminución anormal de la frecuencia cardíaca, puede provocar mareo y desmayos.	
Frecuencia respiratoria (rpm)	Normal	12 - 20	-	[8]
	Taquipnea	< 12	Aumento de la frecuencia respiratoria, puede deberse a ansiedad, fiebre o insuficiencia pulmonar.	
	Bradipnea	> 20	Disminución de la frecuencia respiratoria, puede ser causada por depresión del sistema nervioso central o hipotiroidismo.	
Presión arterial (mmHg)	Normal	12/80	-	[9]
	Hipertensión	> 140/90	Presión arterial elevada, aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares.	
	Hipotensión	< 90/60	Presión arterial baja, puede causar mareos, desmayos y falta de perfusión a los órganos.	
Temperatura corporal (°C)	Normal	36.5 – 37.5	-	[9]
	Hipertermia	> 38	Aumento anormal de la temperatura sin control del hipotálamo, puede llevar a golpe de calor.	
	Hipotermia	< 35	Descenso anormal de la temperatura corporal, puede provocar fallos metabólicos y orgánicos.	
Saturación de oxígeno (%)	Normal	95 - 100	-	[9][17]
	Hipoxemia	< 95	Disminución anormal del oxígeno en sangre, puede causar dificultad respiratoria y cianosis.	

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es desarrollar un simulador de signos vitales que permita generar y ajustar parámetros fisiológicos como frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, presión arterial, temperatura corporal y saturación de oxígeno. A través una interfaz gráfica, el sistema busca facilitar el entrenamiento en la interpretación de signos vitales en condiciones de emergencia y diferentes anomalías tomadas de la Tabla 1. Además, el simulador ofrece dos modos de operación que permiten la personalización de los parámetros fisiológicos y la selección de diferentes anomalías. Al estar basado en una jerarquía operador-usuario, mejora la interacción entre instructor y estudiante en módulos diferenciados. La implementación de esta tecnología busca mejorar la preparación de estudiantes y profesionales de la salud, optimizando su capacidad de respuesta en situaciones críticas sin poner en riesgo a pacientes reales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El simulador permite la emulación de diferentes parámetros fisiológicos fundamentales, incluyendo frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, presión arterial, temperatura corporal y saturación de oxígeno. En la Figura 1 se presenta un esquema ilustrativo del funcionamiento del programa.



**FIGURA 1.** Esquema ilustrativo del proceso para la visualización de los signos vitales simulados en el sistema.

### Desarrollo del simulador y software utilizado

El simulador fue desarrollado en *LabVIEW* debido a su capacidad de diseño gráfico orientado a instrumentación virtual. Se utilizó el enfoque de programación modular, lo que permitió dividir el sistema en dos bloques funcionales: el módulo de control (interfaz docente) y el módulo de visualización (interfaz estudiante). La arquitectura se estructuró bajo un modelo maestro-esclavo, en el que el módulo de control actúa como maestro al enviar y almacenar los valores fisiológicos, mientras que el módulo de visualización actúa como esclavo al leer y mostrar esos datos en tiempo real.

### Desarrollo del simulador y software utilizado

Las curvas fisiológicas fueron construidas punto a punto a partir de datos sintéticos preestablecidos. Estos datos fueron cargados en arreglos numéricos, los cuales fueron graficados secuencialmente en el panel de visualización. Cada conjunto de datos se elaboró con un promedio de 100 puntos, generando patrones de señal representativos de condiciones fisiológicas normales. Las anomalías fueron codificadas como arreglos predefinidos de datos que simulan patrones fisiológicos reales. En parámetros estáticos, como temperatura o saturación, se asignaron de manera directa con vinculación a controles numéricos.

### Modos de operación

El sistema opera en dos modos:

- Modo manual, donde el usuario (docente) ajusta en tiempo real cada parámetro fisiológico mediante botones y perillas virtuales.
- Modo precargado, que permite seleccionar condiciones clínicas preestablecidas como bradicardia, taquicardia, hipertensión, hipotermia e hipoxemia.

### Estructura modular del simulador

El sistema se basa en una arquitectura de tipo maestro-esclavo (también denominada operador-usuario), lo que facilita su uso en escenarios educativos, permitiendo la interacción entre el docente y el estudiante a través de interfaces diferenciadas:

- Módulo de control (interfaz docente):

Este programa está diseñado para ser operado exclusivamente por el docente o instructor, quien tiene el control total sobre la manipulación de los diferentes parámetros fisiológicos. Desde la interfaz, el docente puede seleccionar el modo de operación del simulador (manual, precargado).

Además, este módulo se encarga del almacenamiento y gestión de los datos ingresados, asegurando que los valores ajustados sean correctamente transmitidos al módulo correspondiente.

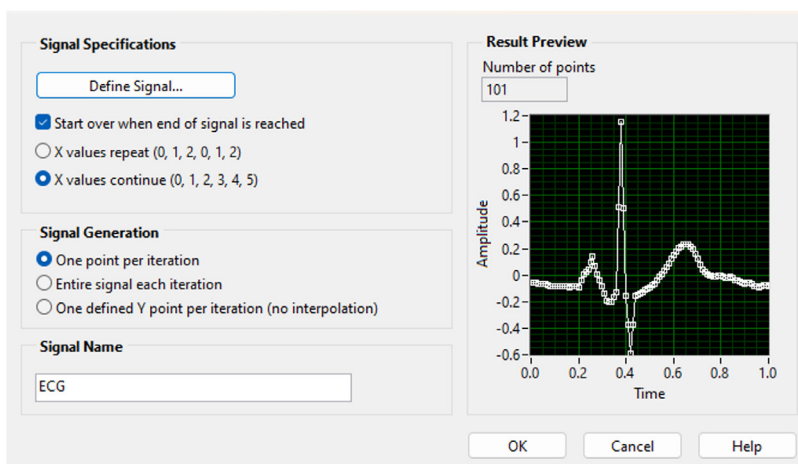
- Módulo de visualización (interfaz estudiante):

Este programa simula un monitor de signos vitales, mostrando los datos fisiológicos de manera dinámica, tal como se visualizarían en un entorno clínico real. Su función principal es leer los valores generados o modificados por el docente, que han sido previamente almacenados en las variables globales, y presentarlos en una interfaz intuitiva para el estudiante.

La separación de estos dos módulos no solo mejora la experiencia de aprendizaje, sino que también permite la implementación remota del simulador en distintas aulas o laboratorios mediante conexión *HDMI*. De esta manera, el módulo de control puede operar desde una computadora central y transmitir la información hacia múltiples pantallas donde los estudiantes pueden analizar los datos en tiempo real.

### Recopilación de datos fisiológicos

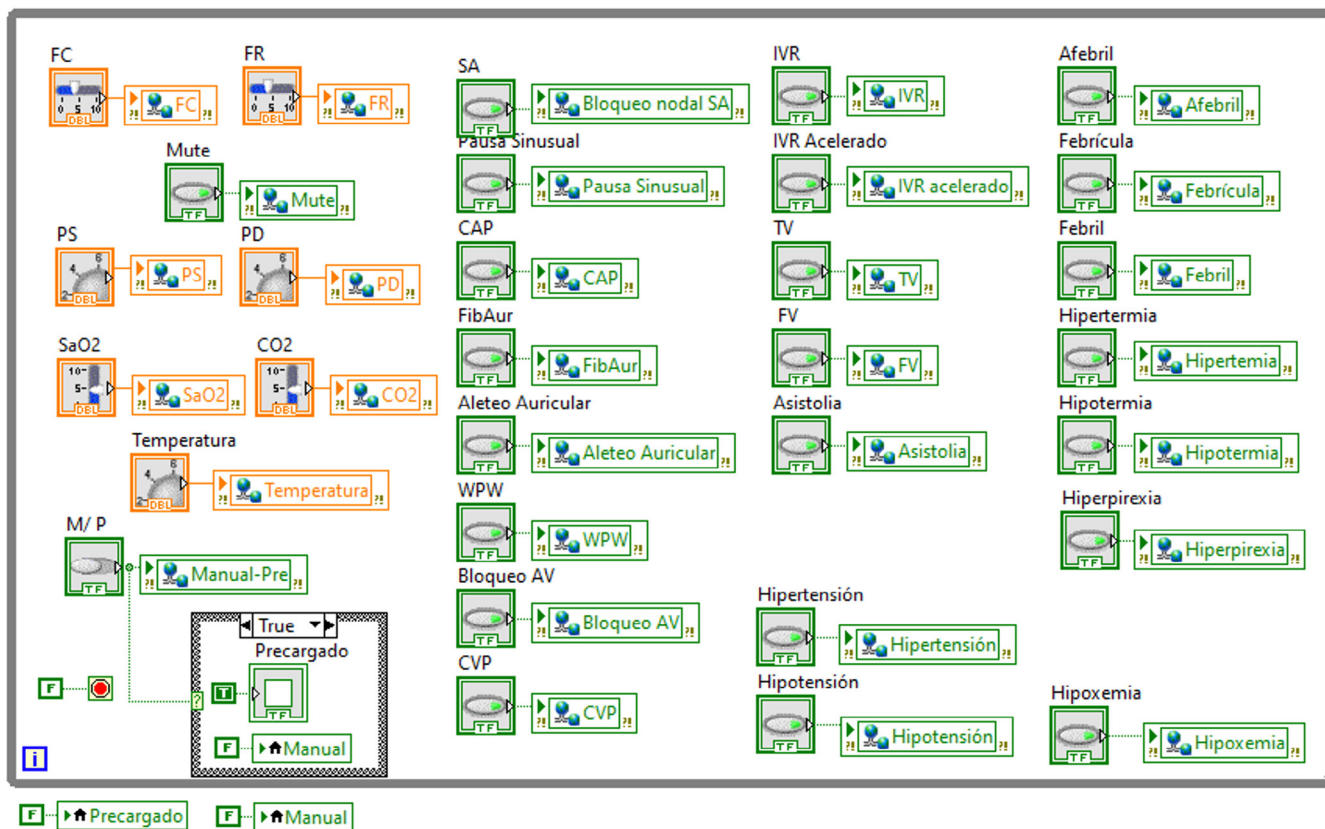
Para la recreación de las señales fisiológicas generadas, se utilizaron datos sintéticos replicados de la literatura especializada<sup>[8][9][18]</sup> con el módulo de control *Simulate Arbitrary Signal* (Figura 2). En el caso de los parámetros dinámicos, como la frecuencia cardíaca y la frecuencia respiratoria, se utilizó un promedio de 100 datos para la construcción de las gráficas de la señal, de igual manera, para el conjunto de anomalías cardíacas se empleó un conjunto de un promedio de 100 datos para la construcción de las gráficas de cada señal. En el caso de los demás parámetros, como la presión arterial, temperatura corporal y saturación de oxígeno, fueron replicados mediante controladores numéricos y representados en pantalla a través de indicadores visuales que facilitan su interpretación.



**FIGURA 2.** Módulo de control *Simulate Arbitrary Signal* utilizado para replicar y validar las señales fisiológicas en la simulación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante el desarrollo e implementación del simulador de signos vitales. Se analizan las características del sistema, incluyendo su estructura modular, los modos de operación implementados y la forma en que contribuyen al aprendizaje de los estudiantes. Gracias a su diseño, el simulador permite la interacción controlada entre docentes y alumnos, asegurando que los alumnos se enfoquen en la interpretación y análisis de los parámetros fisiológicos. Además, se evalúa la capacidad del sistema para generar escenarios clínicos realistas, facilitando el entrenamiento en la monitorización de signos vitales sin la necesidad de pacientes reales.



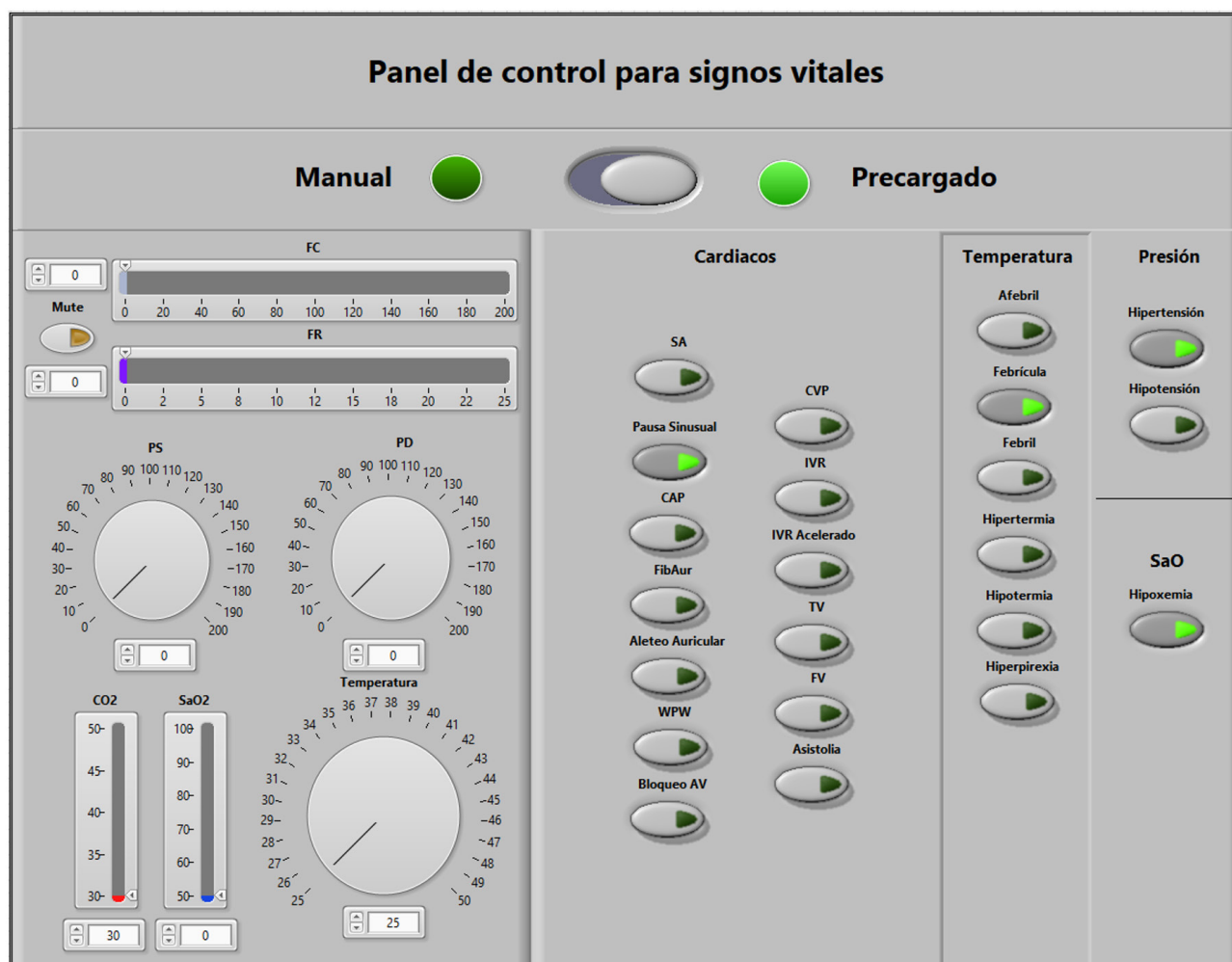
**FIGURA 3.** Utilización de variables globales para interconectar componentes independientes entre el módulo de control y el módulo de visualización.

La arquitectura del monitor se basa en la separación de componentes en módulos independientes pero interconectados, por la utilización de variables globales (Figura 3), lo que permite una mayor flexibilidad en su uso y una mejor organización de las funciones del sistema. En particular, el simulador está compuesto por dos módulos principales (Figura 4): el módulo de control, operado por el docente, y el módulo de visualización, destinado a los estudiantes. Esta división permite que el instructor tenga control total sobre los parámetros fisiológicos mientras que los alumnos se enfocan en la interpretación de los signos vitales sin interferir en su configuración.

El módulo de control incorporó dos modos de operación: manual y precargado, brindando flexibilidad en la simulación de signos vitales según las necesidades del entrenamiento. En el modo manual (Figura 4), se implementaron un total de 7 controladores diseñados para permitir la modificación individual de los parámetros fisiológicos en tiempo real. Gracias a esta funcionalidad, los instructores pueden personalizar los valores según distintos escena-



rios clínicos. Por otro lado, el modo precargado (Figura 4) permite la selección de anomalías predefinidas, como bradicardia, taquicardia, hipertensión e hipoxemia, automatizando la alteración de los signos vitales sin necesidad de intervención manual. Esta característica es particularmente útil para generar entrenamientos estandarizados y garantizar la consistencia en la simulación de casos clínicos. Ambos modos de operación fueron diseñados para optimizar la experiencia de aprendizaje, proporcionando un control preciso sobre las variables fisiológicas y permitiendo la práctica en un entorno seguro y dinámico.

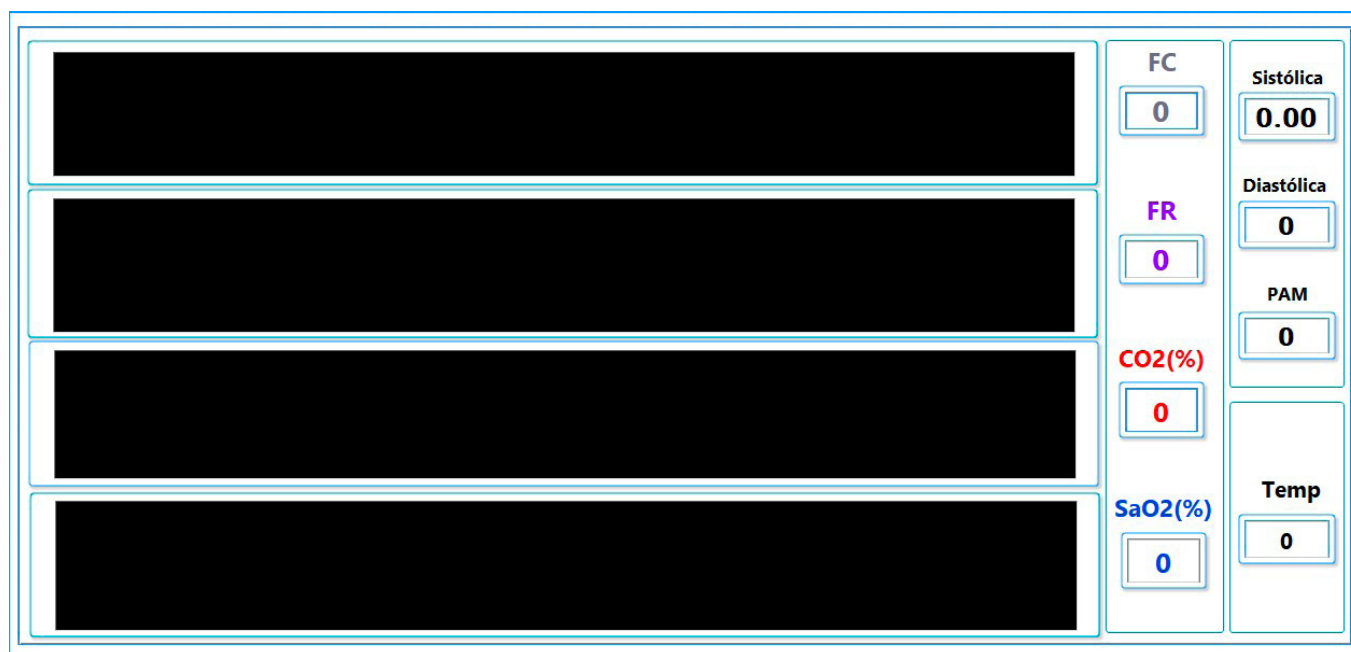


**FIGURA 4.** Módulo de control con dos modos de operación: el Modo Manual, que permite la configuración personalizada de los parámetros fisiológicos, y el Modo Precargado, en el cual se seleccionan automáticamente las anomalías para su simulación.

El módulo de visualización (Figura 5) es el encargado de mostrar los resultados al estudiante en entrenamiento, proporcionando una representación clara y dinámica de los signos vitales simulados. Este módulo cuenta con cuatro gráficas distintas, cada una dedicada a la visualización de un parámetro fisiológico específico: frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, niveles de  $\text{CO}_2$ , y saturación de oxígeno. Además, dispone de indicadores numéricos correspondientes a cada una de estas variables. Asimismo, el módulo incorpora indicadores numéricos adicionales para la presión arterial, diferenciando los valores de presión sistólica y diastólica, así como un indicador específico para la temperatura corporal.

Esta combinación de gráficos e indicadores numéricos proporciona una interfaz de fácil lectura, permitiendo que los estudiantes analicen los valores de los signos vitales de manera efectiva.





**FIGURA 5. Módulo de Visualización: Pantalla del monitor de signos vitales que muestra los parámetros fisiológicos en tiempo real.**

Durante el desarrollo del simulador, las pruebas iniciales se llevaron a cabo mediante la aplicación de ejercicios con un grupo piloto de estudiantes de segundo y tercer semestre de la licenciatura en enfermería. Estas actividades se realizaron en un entorno académico controlado, con el objetivo de explorar el impacto del simulador en la interpretación de parámetros fisiológicos clave, como frecuencia cardíaca, presión arterial, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno y temperatura corporal. Aunque los resultados no fueron formalmente validados, se evidenció una mejora significativa en la habilidad de los estudiantes para identificar y analizar alteraciones en los signos vitales, particularmente en escenarios simulados de taquicardia, bradicardia, hipotermia e hipoxemia. La separación entre el módulo de control, operado por el docente, y el módulo de visualización, utilizado por los estudiantes, permitió un entrenamiento más enfocado: los estudiantes se concentraron exclusivamente en la interpretación clínica de los datos sin interferencias técnicas. La interfaz gráfica del simulador, al mostrar los valores en tiempo real mediante indicadores gráficos y numéricos, facilitó la comprensión de la variabilidad fisiológica ante diferentes anomalías simuladas. Se notó que los estudiantes reaccionaban más rápido y con mayor seguridad a escenarios clínicos previamente complicados para ellos en clases teóricas. Además, el uso del modo precargado, con anomalías predefinidas, permitió estandarizar los ejercicios y mantener condiciones uniformes entre distintos grupos, favoreciendo la repetibilidad del entrenamiento.

Esta estructura modular y la jerarquía utilizada garantizan que el docente tenga el control total del simulador, mientras que los estudiantes se enfocan en la interpretación de los signos vitales, fomentando un aprendizaje inmersivo y orientado a la práctica clínica. Se comprobó que la arquitectura del sistema, basada en una jerarquía maestro-esclavo, permite que el docente manipule los parámetros (Figura 6) sin que el estudiante pueda interferir en su configuración (Figura 7), lo que favorece una experiencia de aprendizaje estructurada.

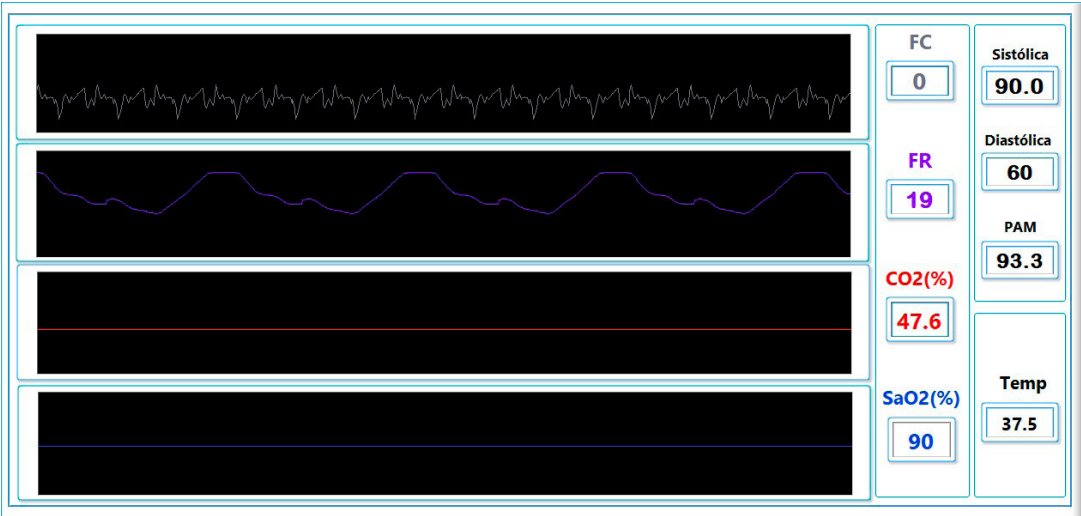


**FIGURA 6.** Módulo de control en modo manual, utilizado para la personalización y ajuste de los parámetros fisiológicos según los requerimientos específicos del entrenamiento.



**FIGURA 7.** Módulo de visualización asociado al módulo de control, que muestra en tiempo real los parámetros fisiológicos ajustados, permitiendo la interpretación y análisis de los signos vitales.

Además, la inclusión de un módulo de anomalías (Figura 8) amplía su utilidad al permitir que los estudiantes enfrenten escenarios patológicos. Este simulador ofrece una plataforma versátil, accesible y con un alto potencial de expansión, que puede ser optimizada con la adición de sensores biomédicos, tecnologías de realidad virtual o algoritmos de inteligencia artificial para el análisis automático de datos clínicos.



**FIGURA 8.** Módulo de visualización en modo precargado, que muestra en tiempo real los signos vitales con anomalías seleccionadas automáticamente.

En la Tabla 2. se presenta una recopilación de proyectos relevantes sobre simuladores y monitores de signos vitales, destacando sus características, años de desarrollo y propósitos específicos. Estos antecedentes permiten contextualizar la evolución tecnológica en este campo y contrastar sus enfoques con la propuesta actual, que se centra en la simulación de anomalías fisiológicas para el entrenamiento clínico.

**TABLA 2.** Comparativa de trabajos relaciones con la simulación de un monitor de signos vitales.

Título	Año	Descripción	Ref
Prototipo didáctico de un monitor de signos vitales usando <i>LabVIEW</i>	2023	Prototipo didáctico de monitor de signos vitales, diseñado en <i>LabVIEW</i> que permite medir diferentes parámetros fisiológicos, facilitando un entrenamiento práctico y efectivo.	[11]
SimVet	2024	Simulador gratuito de signos vitales para veterinaria, permite a estudiantes practicar la interpretación de variables como frecuencia cardíaca, respiratoria y presión arterial en perros, gatos y caballos.	[13]
Monitor de signos vitales de un paciente	2017	Simulador de signos vitales para calibrar monitores de pacientes, diseñado con un microcontrolador Arduino. El prototipo simula los diferentes signos vitales.	[19]
<i>Vital Signs Simulator: Development and Evaluation</i>	2024	Simulador integrado de signos vitales con Arduino Mega 2560, que genera formas de onda ECG y mide presión arterial no invasiva (PANI) usando IC MCP 4921 y sensor MPX5100.	[20]
SonquSim	2024	Simulador de ECG para ritmo sinusal normal y arritmias, diseñado para entornos con recursos limitados en países en desarrollo. Usando hardware accesible, genera ondas ECG comparables a las del simulador comercial ProSim8 de <i>Fluke Biomedical</i> .	[21]
Study on design of a human vital <u>signs</u> simulator	2024	Simulador integrado de signos vitales humanos que simula oxigenación, presión arterial y ECG. Utiliza un modelo de transmisión de luz para el oxímetro, un método oscilográfico con cámara de aire variable para presión arterial, y un chip STM32F407 para ondas ECG. Cumple con la norma JF 1470-2014, ofreciendo mediciones precisas para entrenar profesionales de la salud.	[22]
UAOSIM-NIBP	2021	Simulador de presión arterial no invasiva (PANI) de bajo costo y código abierto, con una interfaz gráfica informativa.	[23]

El análisis de los proyectos presentados en la Tabla 2. revela una diversidad de enfoques en el desarrollo de simuladores y monitores de signos vitales, con avances significativos en tecnología y aplicaciones específicas entre 2017 y 2024. Proyectos como *SimVet* (2024) y *SonquSim* (2024) destacan por su enfoque didáctico, orientado a veterinaria y entornos de bajos recursos, respectivamente, pero se limitan a simulaciones específicas (variables animales o ECG) sin abordar patrones respiratorios humanos ni anomalías clínicas complejas. En contraste, *Study on design of a human vital signs simulator* (2024) y *Development and Evaluation of an Integrated Vital Signs Simulator* (2024) ofrecen soluciones más integradas, simulando parámetros como oxigenación, presión arterial y ECG con alta precisión. Sin embargo, su propósito principal es la calibración de equipos o la medición precisa, no el entrenamiento en la interpretación de anomalías, lo que los diferencia de la propuesta actual. Por otro lado, *Prototipo didáctico de un monitor de signos vitales usando LabVIEW* (2023) y *Monitor de signos vitales de un paciente* (2017) comparten con este proyecto el uso de software para procesar datos fisiológicos, pero se centran en la medición real más que en la simulación de escenarios clínicos. Esta evolución tecnológica subraya una tendencia hacia la especialización y la precisión, pero evidencia una oportunidad para propuestas como la presente, que integra la simulación de anomalías cardíacas en tiempo real, con un diseño modular y una interfaz gráfica enfocada en el desarrollo del juicio clínico de estudiantes del área de la salud. Así, este proyecto se posiciona como un complemento innovador frente a los antecedentes, al atender una necesidad específica en la formación práctica que no está plenamente cubierta por los desarrollos previos.

El desarrollo de este simulador responde a la creciente necesidad de contar con una herramienta didáctica, segura, accesible y flexible para la educación médica. Su implementación ha permitido diseñar un sistema altamente funcional capaz de replicar los parámetros fisiológicos fundamentales. La capacidad del simulador de manipular y ajustar los parámetros en tiempo real facilita el desarrollo de habilidades en la interpretación de datos clínicos.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el desarrollo de esta investigación indican que este sistema es eficaz para emular parámetros fisiológicos, permitiendo a los usuarios ajustar y simular diversas condiciones clínicas incluidas patologías o anomalías ya precargadas. La capacidad del simulador para representar la frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, presión arterial, temperatura corporal y saturación de oxígeno demuestra su potencial como herramienta de enseñanza en contextos médicos. Su implementación en entornos educativos representa un paso adelante en la modernización de la enseñanza médica, proporcionando una alternativa segura y efectiva para el desarrollo de competencias en la interpretación y análisis de signos vitales. La flexibilidad del sistema, proporcionada por sus modos de operación y su estructura modular, garantiza un funcionamiento eficiente al diferenciar claramente las funciones del instructor y del estudiante. Estas observaciones apuntan a que el simulador no solo contribuye al desarrollo de habilidades técnicas en la monitorización de signos vitales, sino también al fortalecimiento del juicio clínico temprano en estudiantes sin experiencia previa en escenarios reales. Se considera que esta herramienta tiene el potencial de integrarse como un componente clave en programas de simulación para enfermería, mejorando la preparación práctica antes de la exposición directa a pacientes. Además, el diseño de una interfaz intuitiva facilitó su uso, permitiendo que los instructores controlen los parámetros de manera precisa y que los estudiantes se concentren en la interpretación de los signos vitales. Esa característica impacta directamente en la

metodología de enseñanza, promoviendo un aprendizaje más dinámico, práctico y centrado en la simulación de escenarios clínicos reales.

Si bien el simulador cumple satisfactoriamente sus funciones, la incorporación de sensores biomédicos reales podría mejorar la inmersión en el entrenamiento clínico, proporcionando una experiencia más realista a los usuarios. Además, la inclusión de anomalías más complejas ampliará el alcance del simulador, favoreciendo el desarrollo de habilidades avanzadas en la práctica clínica simulada. El desarrollo de este simulador sienta las bases para futuras investigaciones en simulación médica enfocadas a la enseñanza, así como su aplicación en entornos inmersivos y prácticas didácticas, reduciendo los riesgos asociados a la capacitación clínica. Esto representa un área de oportunidad tanto para la mejora de métodos de enseñanza como para el avance en tecnologías de simulación médica.

### **Declaración ética**

Este estudio no involucra la participación de seres humanos ni la recopilación de datos personales o clínicos de pacientes, por lo que no requirió la aprobación de un comité de ética en investigación. El desarrollo del simulador de signos vitales se llevó a cabo exclusivamente mediante software, generando datos sintéticos con fines educativos y sin impacto directo en la atención médica real.

El simulador tiene como objetivo proporcionar una herramienta de apoyo para la formación del personal de salud, en cuanto a la interpretación de signos vitales, sin sustituir la evaluación médica profesional ni la toma de decisiones clínicas en pacientes reales. No se realizaron pruebas con sujetos humanos, y el sistema está diseñado únicamente para su uso en entornos de simulación académica.

Además, se han seguido principios de ética en investigación y desarrollo tecnológico, asegurando que el simulador no infringe normativas de privacidad ni compromete la seguridad de datos médicos.

### **Agradecimientos**

Los autores expresan su agradecimiento al **Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT)** por su apoyo en el desarrollo de este proyecto. Asimismo, se extiende un reconocimiento al **Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp)** por proporcionar los recursos y el entorno académico necesarios para la realización de este trabajo.

### **Consideraciones**

Los autores de este estudio declaran que no existen conflictos de interés financieros, personales o profesionales que puedan influir en los resultados o la interpretación de los datos presentados en este artículo. Ninguno de los autores ha recibido apoyo financiero o material de fuentes externas que puedan estar relacionadas con los temas tratados en este trabajo. Además, no se ha registrado ninguna relación personal o profesional que pudiera haber comprometido la objetividad de la investigación. Todos los aspectos de la investigación han sido realizados de acuerdo con los más altos estándares éticos y científicos.

## REFERENCIAS

- [1] R. Datta, K. K. Upadhyay, and C. N. Jaideep, "Simulation and its role in medical education," *Med J Armed Forces India*, vol. 68, no. 2, pp. 167-172, 2012, doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-1237\(12\)60040-9](https://doi.org/10.1016/S0377-1237(12)60040-9).
- [2] H. De Visser, M. O. Watson, O. Salvado, and J. D. Passenger, "Progress in virtual reality simulators for surgical training and certification," Feb. 21, 2011. doi: <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2011.tb02942.x>.
- [3] P. E. Ogden, L. S. Cobbs, M. R. Howell, S. J. B. Sibbitt, and D. J. DiPette, "Clinical Simulation: Importance to the Internal Medicine Educational Mission," 2007, Elsevier Inc. doi: <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2007.06.017>.
- [4] P. Bradley, "The history of simulation in medical education and possible future directions," Mar. 2006. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02394.x>.
- [5] H. Owen, "Early use of simulation in medical education," Apr. 2012. doi: <https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e3182415a91>.
- [6] A. H. Al-Elq, "Simulation-based medical teaching and learning," *J Family Community Med*, vol. 17, no. 1, pp. 35-40, Apr. 2010, doi: <https://doi.org/10.4103/1319-1683.68787>.
- [7] J. B. Cooper and V. R. Taqueti, "A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training,," 2008. doi: <https://doi.org/10.1136/qshc.2004.009886>.
- [8] T.R. Harrison, D.L Longo, and D.L Kasper, "Harrison Principios de Medicina Interna".
- [9] John E. Hall and A.C. Guyton, "Tratado de fisiologia medica".
- [10] M. Mansoor Baig, H. GholamHosseini, and M. J. Connolly, Integrated Vital Signs Monitoring System Using Ubiquitous Devices: Multiple Physical Signs Detection and Decision Support for Hospitalized Older Adults. 2015. doi: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7318586>
- [11] D. Amaya, D. Melendez, M. Marin, and J. Cubias, "Construction and Design of a Didactic Prototype of a Vital Signs Monitor programmed with LabVIEW," in Proceedings of 2023 IEEE Central America and Panama Student Conference, CONESCAPAN 2023, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023, pp. 86-91. doi: <https://doi.org/10.1109/CONESCAPAN60431.2023.10328422>.
- [12] M. F. Islam, M. R. Shaharear, and M. S. Islam, "Design and implementation of 12 channel electrocardiogram device," in ICECE 2018 - 10th International Conference on Electrical and Computer Engineering, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jul. 2018, pp. 441-444. doi: <https://doi.org/10.1109/ICECE.2018.8636803>.
- [13] F. Rodriguez et al., "SimVet: An open access vital signs monitoring simulator for preclinical training in veterinary medicine," Jan. 01, 2024, Elsevier B.V. doi: <https://doi.org/10.1016/j.vaa.2024.10.143>.
- [14] Tomoyasu Ichimura and Nobuto Hirakoso, "A Novel Patient Simulator That Generates Artificial Vital Signs". IEEE, 2017. doi: <https://doi.org/10.1109/GCCE.2017.8229314>.
- [15] E. Eyikara and Z. G. Baykara, "Effect of simulation on the ability of first year nursing students to learn vital signs," *Nurse Educ Today*, vol. 60, pp. 101-106, Jan. 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2017.09.023>.
- [16] K. Fraser et al., "Simulation training improves diagnostic performance on a real patient with similar clinical findings," *Chest*, vol. 139, no. 2, pp. 376-381, Feb. 2011, doi: <https://doi.org/10.1378/chest.10-1107>.
- [17] T. Ichimura and H. Endoh, "Development of an artificial vital sign generator for pulse oximeter," in *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 2010, pp. 513-518. doi: [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1241-1\\_74](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1241-1_74).
- [18] J. Hampton et al., "The ECG Made Easy".
- [19] J. Maurris, N. Narvaez, and G. O. Avendaño, "Design and Implementation of Vital Signs Simulator for Patient Monitor," 2017.
- [20] M. Safitri, S. T. Nugraha, A. Surriani, and S. Anggoro, "Development and Evaluation of an Integrated Vital Signs Simulator for Accurate Healthcare Measurements," in Proceedings - ICE3IS 2024: 4th International Conference on Electronic and Electrical Engineering and Intelligent System: Leading-Edge Technologies for Sustainable Societies, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024, pp. 187-192. doi: <https://doi.org/10.1109/ICE3IS62977.2024.10775608>.
- [21] R. M. Quiroz et al., "SonquSim: Design and performance evaluation of an ECG and arrhythmia simulator for medical devices calibration," in 2024 46th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), IEEE, Jul. 2024, pp. 1-4. doi: <https://doi.org/10.1109/EMBC53108.2024.10782020>.
- [22] Y. Wang, X. Chen, H. Song, T. Ren, and Z. Wang, "Study on design of a human vital signs simulator," *SPIE-Intl Soc Optical Eng*, Mar. 2024, p. 26. doi: <https://doi.org/10.1117/12.3015456>.
- [23] J. C. Varela Guzman, A. M. Gonzalez-Vargas, and J. J. Cabrera, "UAOSIM-NIBP: An open-source, low-cost, blood pressure simulator," in 2021 IEEE 2nd International Congress of Biomedical Engineering and Bioengineering, CI-IB and BI 2021, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021. doi: <https://doi.org/10.1109/CI-IBBI54220.2021.9626118>.