

CONESCAPANHONDURAS2025paper4.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Document Details

Submission ID

trn:oid:::14348:477787977

Submission Date

Jul 31, 2025, 11:58 PM CST

Download Date

Aug 1, 2025, 1:06 PM CST

File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper4.pdf

File Size

393.9 KB

5 Pages




2,763 Words

15,871 Characters

12% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 12%  Internet sources
- 4%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags




0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 12%  Internet sources
- 4%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	
www.coursehero.com		2%
2	Internet	
oa.upm.es		<1%
3	Internet	
www.elsalvador.com		<1%
4	Internet	
stagin.aprendeconreyhan.org		<1%
5	Internet	
medium.com		<1%
6	Internet	
minacion.co		<1%
7	Internet	
rua.ua.es		<1%
8	Internet	
www.slideshare.net		<1%
9	Internet	
dokumen.pub		<1%
10	Internet	
repository.usta.edu.co		<1%
11	Internet	
www.nacion.com		<1%

12	Internet	pt.slideshare.net	<1%
13	Internet	www.youtube.com	<1%
14	Internet	repositorio.unbosque.edu.co	<1%
15	Publication	Elliot, Carlos Alfredo Busquets. "Estudio de la Optimización de un Prototipo de Ge...	<1%
16	Internet	docplayer.org	<1%
17	Internet	noticias.uca.edu.sv	<1%
18	Internet	www.ieee.es	<1%
19	Internet	www.rappi.com.co	<1%
20	Internet	www.scoop.it	<1%
21	Publication	Raymond Hinnebusch, Morten Valbjørn. "Sectarianism and Civil War in Syria", Ro...	<1%
22	Internet	inmaterialdesign.com	<1%
23	Internet	pesquisa.bvsalud.org	<1%
24	Internet	www.scribd.com	<1%
25	Publication	Elena Menéndez Requeno. "La representación de la Diosa en el arte feminista de I...	<1%

26

Internet

www.mdsaude.com

<1%

Monitoreo y Procesamiento Digital de Señales Cardíacas Haciendo Uso de ESP32 y Matlab

Abstract—El siguiente documento detalla el desarrollo de una herramienta para el monitoreo constante y accesible del sistema cardiovascular. Se abordan temas como el análisis de circuitos discretos, creación de filtros digitales, toma de datos de muestreo, conversión a gráficas comprensibles y eliminación de ruido y/o interferencias.

Index Terms—Ritmo cardíaco, LPM, electrocardiograma, módulo AD8232, ESP32, electrodos de adhesión, IoT.

I. INTRODUCCIÓN

El electrocardiograma (ECG) es una prueba que tiene la función de evaluar y visualizar las señales del corazón. Esto se logra por medio de electrodos de seguimiento colocados en lugares claves en la superficie del cuerpo. Con la ayuda de las señales del ECG se puede obtener información como la frecuencia y el ritmo cardíacos. Cada condición de actividad eléctrica del corazón corresponde a un patrón de onda distintiva, lo cual nos permite diferenciar entre la frecuencia cardíaca normal de un adulto y alguien que tiene arritmia cardíaca. Este patrón específico es causado por la expansión y contracción en los músculos cardíacos provocados por impulsos eléctricos.

El proyecto consiste en diseñar un sistema de monitoreo en tiempo real del ritmo cardíaco, que procese y visualice las señales mediante gráficos claros, incorporando filtros digitales para la reducción de interferencias ambientales (temperatura, humedad, ruido electromagnético), con el fin de optimizar la calidad y fiabilidad del análisis de la señal ECG.

Se hará uso del módulo AD8232, ESP32 y electrodos de adhesión para la toma, procesamiento y visualización de los datos, el software para realizar la programación y monitorización será Matlab.

A. Objetivo general

Desarrollar un sistema de monitoreo remoto de la actividad eléctrica del corazón utilizando el sensor ECG AD8232 y el microcontrolador ESP32. Este sistema transferirá los datos del microcontrolador al software, permitiendo la visualización en tiempo real mediante una plataforma IoT. El objetivo es facilitar un control y análisis eficiente y remoto, buscando ofrecer una solución accesible para la supervisión cardiovascular en ámbitos médicos, educativos y deportivos.

B. Objetivos específicos

- 1) Implementar filtros digitales para mejorar el procesamiento de las señales y eliminación de ruidos externos que dificulten su resultado.

- 2) Utilizar el Wi-Fi del ESP32 para establecer una conectividad entre el sistema y una plataforma IoT para registrar la actividad del corazón en tiempo real.
- 3) Diseñar una interfaz de visualización gráfica, la cual permitirá a los usuarios monitorear las señales de manera intuitiva y en tiempo real.
- 4) Evaluar la precisión del sistema por medio de pruebas con sujetos de ensayo y realizar comparaciones con dispositivos comerciales o datos de referencia.

C. Alcances

- 1) Captura y visualización de la señal ECG en tiempo real
- 2) Detección de latidos cardíacos y cálculo de la frecuencia cardíaca.
- 3) Uso de Wi-Fi del ESP32 para enviar datos a un servidor y visualizar la señal sin tener la necesidad de estar en el mismo lugar que el dispositivo.
- 4) Obtener una señal limpia de ruidos ajenos a la toma de datos.

D. Limitaciones

- 1) El dispositivo no pretende diagnosticar enfermedades cardíacas ni sustituir la opinión de un experto en el tema, ya que el dispositivo no se estará certificando para el desarrollo del proyecto.
- 2) La precisión del ECG depende de la calidad de los electrodos que se utilizaran, de la ubicación correcta en puntos claves del cuerpo y los cables de conexión del sensor al software. En caso de que uno de estos factores no sea el óptimo se podrían generar variaciones en la señal.
- 3) Se necesita la conexión a Wi-fi para la transmisión de datos, lo cual podría limitar su uso en áreas donde no hay acceso a internet.

II. METODOLOGÍA

A. Planteamiento del Problema

Las enfermedades cardiovasculares causan alrededor de 18 millones de muertes cada año en el mundo. Según la Asociación Estadounidense del Corazón, el paro cardíaco se considera como una crisis de salud pública. De acuerdo con afirmaciones realizadas por el ministro de salud salvadoreño, las enfermedades cardiovasculares continúan siendo la primera causa de muerte en el mundo. En El Salvador, entre los años 2018 al 2021, se estima que hubo un total de 155, 512 muertes. De esta cifra total, el 25.6% corresponde a muertes

por enfermedades cardiovasculares de las cuales una gran cantidad se catalogaron como muertes prematuras. [2]

Monitorear las condiciones de salud de los pacientes en tiempo real es fundamental para que los médicos conozcan su estado y puedan tomar decisiones oportunas. Además, se debería incentivar a la población a realizar chequeos rutinarios anuales, lo que permitiría un seguimiento más cercano desde la juventud y durante la adultez, facilitando la detección temprana y el manejo adecuado de condiciones cardíacas como cardiopatías, arritmias, insuficiencias cardíacas y enfermedades cerebrovasculares, mejorando así la calidad de vida en la vejez [3].

Muchas personas, especialmente los adultos mayores, carecen de acceso adecuado a servicios de salud debido a diversos factores, lo que las hace más vulnerables a problemas cardiovasculares. A continuación, se detallan estos factores:

- 1) La zona donde residen, mucha población es de la zona rural y/o los centros de asistencia médica no están a una distancia accesible para sus capacidades físicas.
- 2) Un grupo de personas de la tercera edad no tiene hijos que puedan brindar soporte en su transporte y cuidado, además de no poseer beneficios o ser acreedores en hospitales privados como el Instituto Salvadoreño del Seguro Social.
- 3) Los centros de asistencia médica pública no poseen los instrumentos ni recursos básicos necesarios para un buen diagnóstico de salud de un paciente.
- 4) El cierre de centros de salud comunitarios obliga a los pacientes afectados a tomar decisiones de ir al centro de salud público más cercano con relación al que ha sido cerrado, u optar por una asistencia personalizada en un hospital privado, poniendo en riesgo sus recursos y situación económica. [4]

Por otro lado, el equipo certificado para monitoreo cardíaco es costoso, pesado y difícil de manipular. Además, su movilidad limitada impide trasladarlo fácilmente hacia el adulto mayor o viceversa.

El prototipo propuesto busca dar solución a estas problemáticas mediante un dispositivo de uso sencillo, no invasivo, de bajo costo y con diseño portátil, lo que lo convierte en una alternativa ideal para entornos con acceso limitado a servicios médicos especializados.

Asimismo, puede ser una solución para proyectos de investigación o educativos donde se necesite cierto grado de flexibilidad para modificar el sistema.

B. Funcionamiento del Sistema

El ritmo normal de un ECG está compuesto por una onda P, un complejo QRS y una onda T.

La onda P es la representación de la despolarización de las aurículas desde el nódulo sinoauricular hasta el nódulo auriculoventricular, es decir, la contracción auricular.

La onda QRS representada como una pequeña caída, seguida de un pico grande y otra pequeña caída, representando la despolarización de los ventrículos, la contracción ventricular.

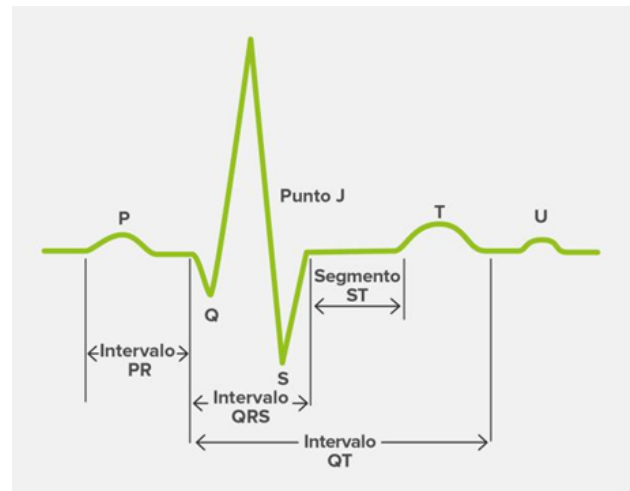


Fig. 1. Representación de un ECG normal y sus componentes.

El intervalo PR mide el tiempo que transcurre desde el inicio de la contracción auricular hasta el inicio de la contracción ventricular.

La onda T es representado por un pequeño latido perceptible después del primero y marca el final del latido. Esta onda representa la repolarización de los ventrículos [7].

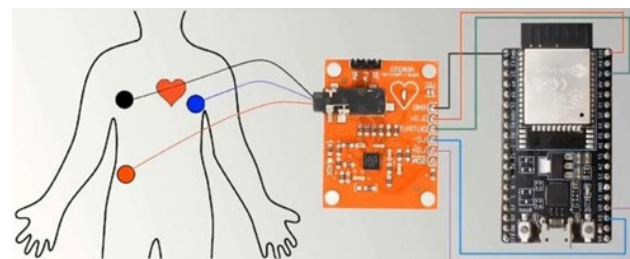


Fig. 2. Conexión del sensor AD8232 y ESP32 con ubicación de electrodos.

El lugar donde se colocan los electrodos es bastante importante, ya que afecta la forma de la señal ECG. Cabe mencionar que se tendrán 3 electrodos, donde se medirá el voltaje entre dos y el tercero es tierra. [9]

Idealmente los electrodos están nombrados: brazo izquierdo (LA), brazo derecho (RA) y pierna izquierda (LL). Y aunque se pueden conectar a los miembros mencionados, el posicionamiento ideal es en el pecho formando un triángulo alrededor del corazón. [9]

Conectados los electrodos al cuerpo, el módulo AD8232 registrará y amplificará la señal de la actividad eléctrica cardíaca y, por medio del ESP32, se convertirán los datos analógicos a digitales para su procesamiento.

Se incluirá una interfaz donde se podrán visualizar el ritmo y la frecuencia. Estos datos se podrán visualizar de forma remota.[10]

C. Ventajas frente a soluciones existentes

El sistema propuesto se basa en una solución integral y automatizada que permite recopilar y analizar datos cuantita-

tivos como variables de medición. A diferencia de dispositivos individuales o aislados, este enfoque ofrece una visión más completa y continua del estado del paciente.

Se toma en consideración los siguientes puntos a favor en la ejecución de dicho sistema:

- 1) Fácil de ampliar, constante mejora y actualización de sistema propuesto con herramientas, módulos o funciones más precisas.
- 2) Adaptación a necesidades específicas del paciente.
- 3) Ofrece una visión más completa de las muestras tomadas.
- 4) Recopilación, procesamiento y análisis de datos de forma automática.
- 5) Reducción de la intervención humana y los errores asociados.
- 6) Puede combinar diferente tipo de sensores y equipos de medición.

Se tomó de referencia un equipo individual de fábrica, que cumple con la función de realizar un electrocardiograma, y se hace la comparación de precio junto al sistema propuesto que se ha elaborado. Tal equipo, es un electrocardiógrafo ECG-3010 que se puede obtener con un precio de \$1,199.00 [11] en una tienda online. En comparación con el sistema elaborado a partir de un microprocesador ESP32 con un precio de \$11.29 dentro del país [12], junto al sensor AD8232 con el precio de \$16.50 junto con sus accesorios [13]

D. Cronograma

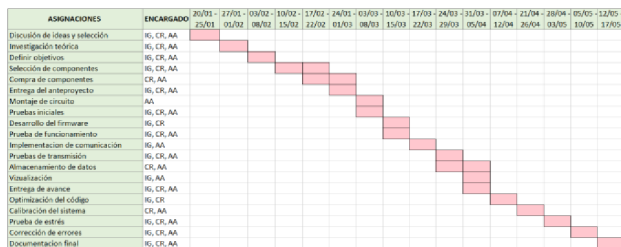


Fig. 3. Cronograma de actividades del proyecto. Alberto Aguilar: AA, Ivy Gutiérrez: IG, Camila Renderos: CR

E. Ejecución en Matlab

Con el microprocesador ESP32 recibiendo muestra de datos del sensor AD8232 CG, tomados a partir de las conexiones de los electrodos adheridos al cuerpo del paciente, se almacenan dichos valores en variables, declaras en el código en el software de Matlab, con un total de muestras anteriormente definidas. A partir de dichos valores tomados, se empieza a manipular a conveniencia para la creación de filtros, eliminación de ruidos y un resultado más comprensible.

A continuación, se detalla el proceso que se realizó en Matlab:

- 1) Preparación de la señal. Se pone a escala y se normaliza.
- 2) Análisis de la señal en frecuencia. Aplicación de la transformada rápida de Fourier (FTT) para ver las magnitudes de las frecuencias presentes en la señal. Se toma en

cuenta solo la mitad del espectro ya que solo se quiere la parte real.

El objetivo de este apartado es identificar de la señal normalizada de la FFT, las frecuencias deseadas y no deseadas en la señal.

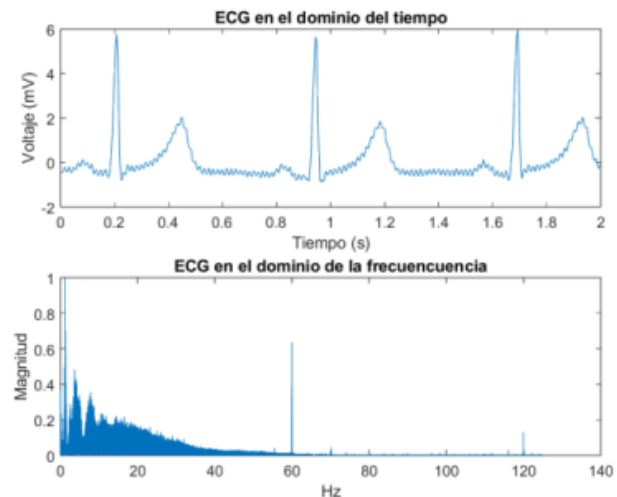


Fig. 4. Señal ECG en el dominio del tiempo y dominio de la frecuencia.

Después de probar distintos tipos de filtros, se seleccionó el filtro Butterworth por su mayor efectividad. Este tipo de filtro, ya sea en su implementación electrónica o digital, permite eliminar frecuencias no deseadas de forma suave y eficiente, minimizando la distorsión de la forma de onda dentro del rango de interés.

El filtro Butterworth es conocido popularmente por su característica respuesta de frecuencia plana en la banda de paso y una respuesta de atenuación cero en la banda de rechazo. Llamados también, como filtros de máxima planitud o filtros planos-planos por su respuesta de frecuencia relativamente plana.[14] Esto significa que, dentro del rango de frecuencias que se desean conservar, no tiene ondulaciones. La transición fuera de ese rango es suave, pero no tan abrupta como en otros filtros más agresivos (como Chebyshev o el filtro elíptico).

Se diseñó un filtro pasabanda Butterworth de cuarto orden con un rango de paso entre 0.5 Hz y 40 Hz. Este rango fue seleccionado porque las frecuencias por debajo de 0.5 Hz suelen estar asociadas a artefactos de movimiento, mientras que aquellas por encima de 40 Hz tienden a contener ruido eléctrico o muscular, lo cual interfiere con la calidad de la señal ECG.

F. Integración con la plataforma IoT ThingSpeak

Para permitir la visualización remota de la señal cardíaca, se integró el microcontrolador ESP32 con la plataforma IoT ThingSpeak, logrando transmitir en tiempo real la señal ECG sin filtrar. Esta conexión se realizó mediante el protocolo HTTP, utilizando la clave de escritura correspondiente al canal configurado en ThingSpeak.

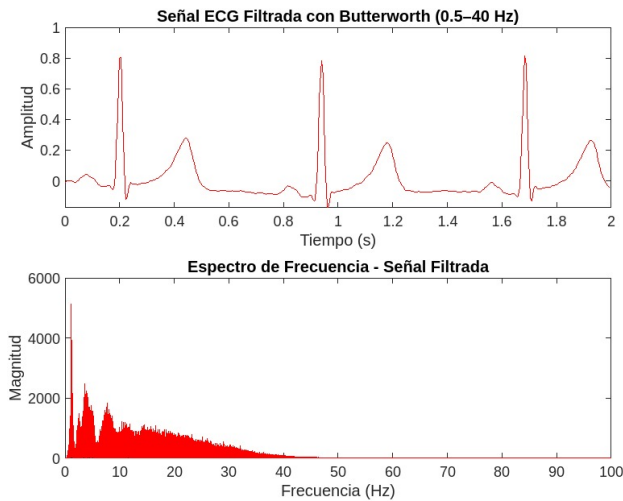


Fig. 5. Filtrado de la señal ECG en Matlab utilizando filtro Butterworth.

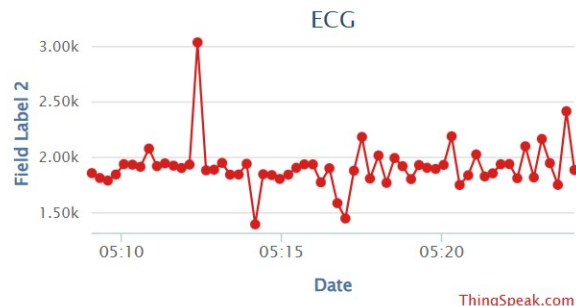


Fig. 6. Visualización en tiempo real de la señal ECG sin filtrar desde el ESP32 hacia ThingSpeak.

Se ha desarrollado una implementación del filtro digital Butterworth directamente sobre la plataforma, utilizando scripts de MATLAB integrados en ThingSpeak. Esto permitirá procesar la señal antes de su visualización, brindando a los médicos una señal más limpia y útil para el diagnóstico remoto.

Esta funcionalidad permitirá almacenar el historial de señales de cada paciente en la nube, acceder a ellas desde diferentes ubicaciones y facilitar la evaluación médica sin la necesidad de contacto presencial.

III. CONCLUSIONES

El desarrollo del sistema de monitoreo cardíaco propuesto ha demostrado ser técnicamente viable, accesible y funcional para su aplicación en entornos médicos y educativos. Gracias a la integración del sensor AD8232, el microcontrolador ESP32 y la interfaz de procesamiento en MATLAB, fue posible adquirir y filtrar señales ECG en tiempo real, mejorando su calidad mediante filtros digitales como el Butterworth.

Además, se logró establecer la comunicación directa entre el ESP32 y la plataforma IoT ThingSpeak, permitiendo la transmisión remota de la señal ECG sin procesar. Posteriormente se trabajó en la implementación del procesamiento digital directamente en la nube, lo que permitió aplicar el filtro

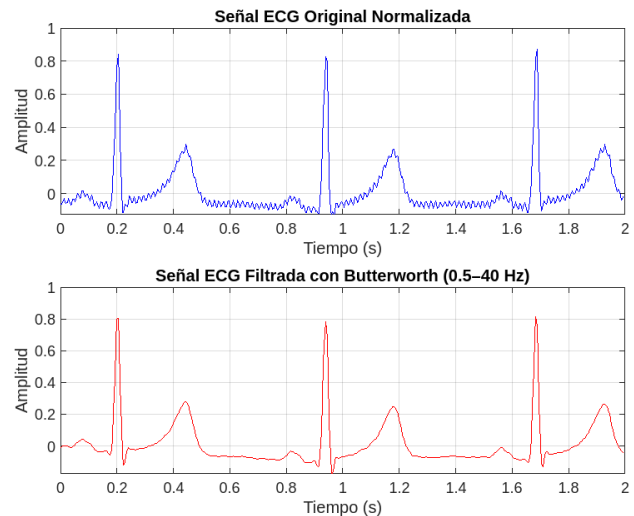


Fig. 7. Prototipo de señal ECG con filtro Butterworth aplicado en ThingSpeak mediante scripts MATLAB.

Butterworth dentro de la misma plataforma y para brindar a los profesionales de la salud una visualización remota precisa y eficiente.

Este sistema representa un paso hacia soluciones portátiles y automatizadas para el monitoreo cardíaco, reduciendo costos y mejorando el acceso a la atención médica continua, especialmente para poblaciones vulnerables como los adultos mayores.

Como mejora futura, se plantea integrar algoritmos de detección automática de anomalías cardíacas que generen alertas inteligentes, así como ampliar el sistema para soportar múltiples sensores biométricos y almacenamiento estructurado por paciente.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCES

- [1] Clínica Universidad de Navarra. "Ritmo Cardíaco". [Online]. Available: <https://www.cun.es/diccionariomedico/terminos/ritmo-cardiaco>
- [2] "Enfermedades cardiovasculares causan 17.9 millones de muertes al año en el mundo: ¿Cómo prevenirlas?". Accedido el 27 de febrero de 2025.
- [3] T. I. d. reservados, MAYO CLINIC, Fundación Mayo para la Educación y la Investigación Médicas, 1998. [En línea]. Available: <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/heart-disease/symptoms-causes/syc-20353118#:~:text=Descripci%C3%B3n%20general,Enfermedad%20de%20las%20v%C3%A1lvulas%20card%C3%ADacas..>
- [4] A. Parada, elsalvador.com, Todos los derechos son reservados, 7 abril 2025. [En línea]. Available: <https://www.elsalvador.com/noticias/nacional/cierre-centros-salud-incrementa-brotes-infecciosos/1211198/2025/>.
- [5] "Médicos del ISSS expresan preocupación ante la falta de médicos para atender a la población". Noticias de El Salvador. [En línea]. Disponible: <https://www.elsalvador.com/noticias/nacional/preocupacion-falta-medicos-atender-iss/1194717/2025/#:~:text=Actualmente,%20el%20Seguro%20Social%20enfrenta,de%20derechohabientes%20a%20nivel%20nacional>
- [6] Medigraphic - Literatura Biomédica. [En línea]. Disponible: <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma2017/cmas171bj.pdf>
- [7] s. f. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/378501123_IoT_Based_ECG_Using_AD8232_and_ESP32
- [8] How To Electronics. IoT Based ECG Monitoring with AD8232 ECG Sensor & ESP32. (22 de septiembre de 2019). [Video en línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/watch?v=r0SenKakIgrR>.

