



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
**Instrumentación Biomédica**  
Semestre 2025-1



# Estetoscopio Electrónico para Auscultación Cardíaca

**Alumnos:** Sergio Ángel García García

Dana Larissa Luna González

**Profesores:** Dr. Rodrigo Alfonso Martín Salas      Fís. Bioméd. Ramón Santos Vidal  
Fís. Bioméd. Pablo Alberto Álvarez Pérez      Fís. Bioméd. Francisco Javier Monroy Hernández

# Introducción

Es una técnica, **no invasiva**, diagnóstica de exploración física que consiste en escuchar los ruidos generados por la fisiología de los órganos.

El **estetoscopio**, en el caso de la auscultación del corazón, es un instrumento capaz de captar las señales provocadas por el cierre y apertura de las válvulas del corazón durante el ciclo cardíaco.

## Auscultación cardíaca



Figura 1. Auscultación cardíaca. [1]

# Introducción

Es la sucesión ordenada de movimientos del corazón que se repite con cada latido cardíaco, tiene dos fases: la **diástole**, en la que se llenan los ventrículos, y la **sístole**, durante la cual éstos se contraen e impulsan la sangre a los vasos sanguíneos.

## Ciclo cardíaco

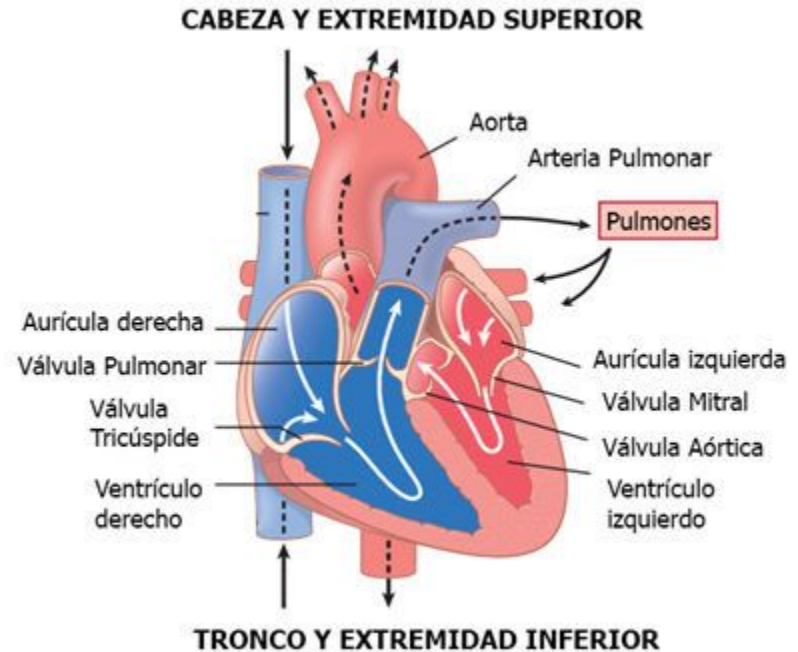


Figura 2. Anatomía del corazón. [2]

# Introducción

Existen cuatro sonidos cardíacos registrables:

- **R1:** Corresponde a un sonido que se produce al cerrarse las válvulas mitral M y tricúspide T durante la sístole.
- **R2:** Corresponde al sonido que se genera cuando se cierran las válvulas aórtica y pulmonar durante la diástole.
- **R3:** Ocurre después del segundo ruido, al comienzo del tercer medio de la diástole.
- **R4:** Es posible escucharlo inmediatamente antes del primer ruido, en el momento de la contracción de las aurículas.

# Fonocardiograma

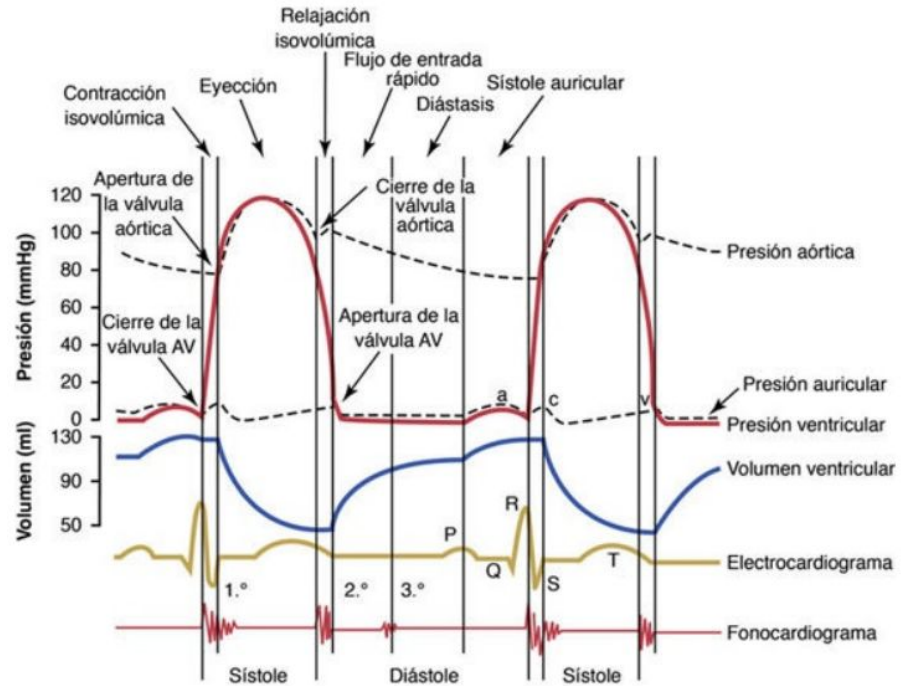


Figura 3. Diagrama de Wiggers. [2]

# Introducción

Ruidos cardíacos	Frecuencia [Hz]	
	Mínima	Máxima
Primer ruido (R1)	30	45
Segundo ruido (R2)	50	70
Tercer ruido (R3)	20	30
Cuarto ruido (R4)	-	25

Tabla 1. Anchos de banda de los diferentes ruidos cardíacos. [7]

# Introducción

Existen cuatro áreas principales que corresponden a los puntos de auscultación donde los ruidos cardíacos se escuchan mejor:

- **Foco aórtico:** R2
- **Foco pulmonar:** R2
- **Foco mitral:** R1
- **Foco tricúspide:** R1

## Sitios de auscultación

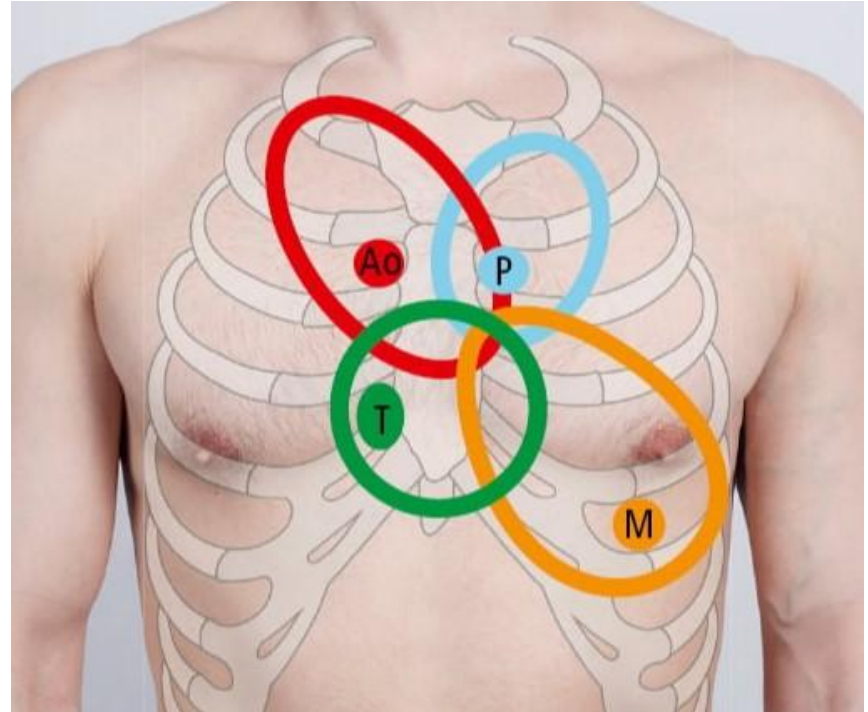


Figura 4. Focos de auscultación. [3]

# Objetivo

Instrumentar un **estetoscopio electrónico de bajo costo** capaz de detectar el **primer y segundo ruido cardíaco** y que, mediante el desarrollo de una **interfaz gráfica**, sea capaz de **visualizar** y **escuchar** la señal obtenida, así como generar un reporte en formato PDF para guardar los datos de cada paciente.



Figura 5. Estetoscopio electrónico Littman. [4]

# Metodología



Figura 6. Diagrama de bloques del desarrollo del estetoscopio electrónico.



# Resultados

## Caracterización del sensor

### Características estáticas

→ Repetibilidad

→ Estabilidad

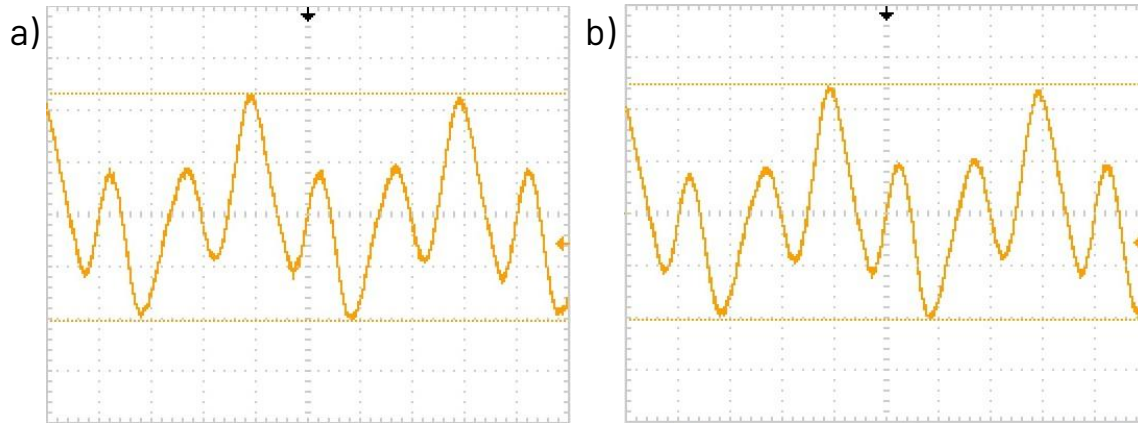


Figura 7. Respuesta del micrófono después de los a) 0 y b) 1 minuto.

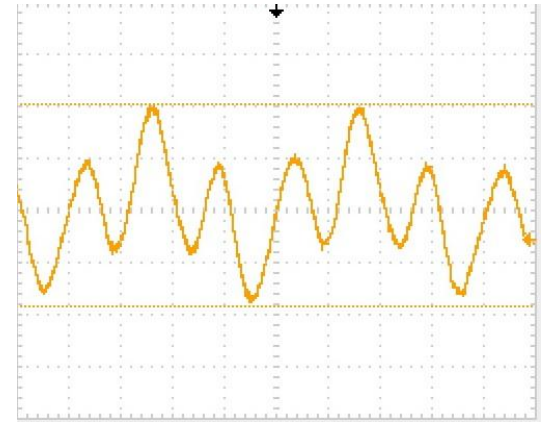


Figura 8. Respuesta del micrófono durante 5 segundos.

# Resultados

## Caracterización del sensor

→ Sensibilidad

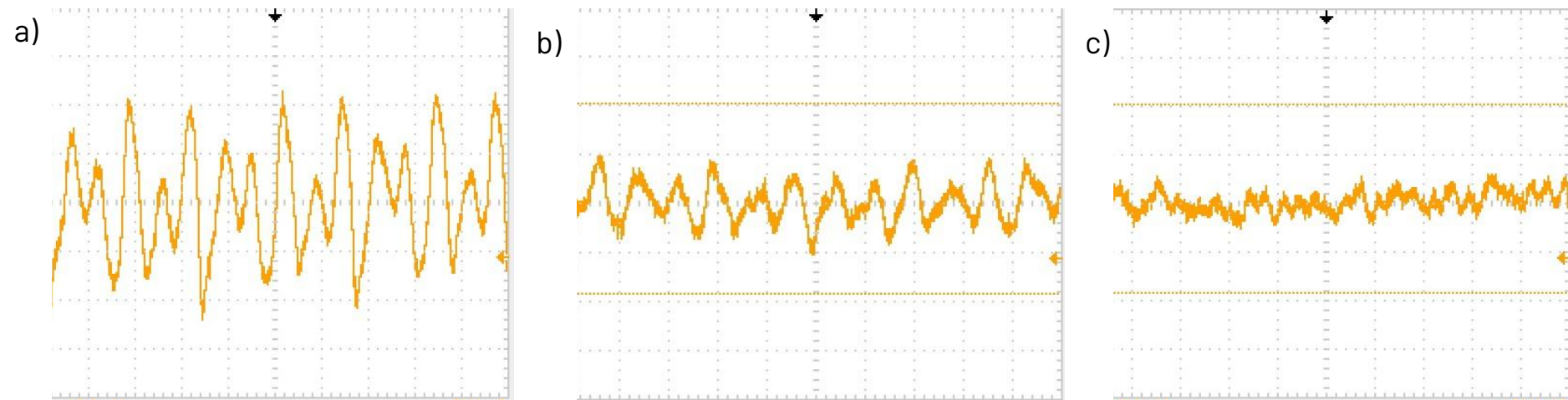


Figura 9. Respuesta del micrófono a una señal sinusoidal de 30, 25 y 20 Hz.

# Resultados

## Caracterización del sensor

→ Linealidad y curva de calibración

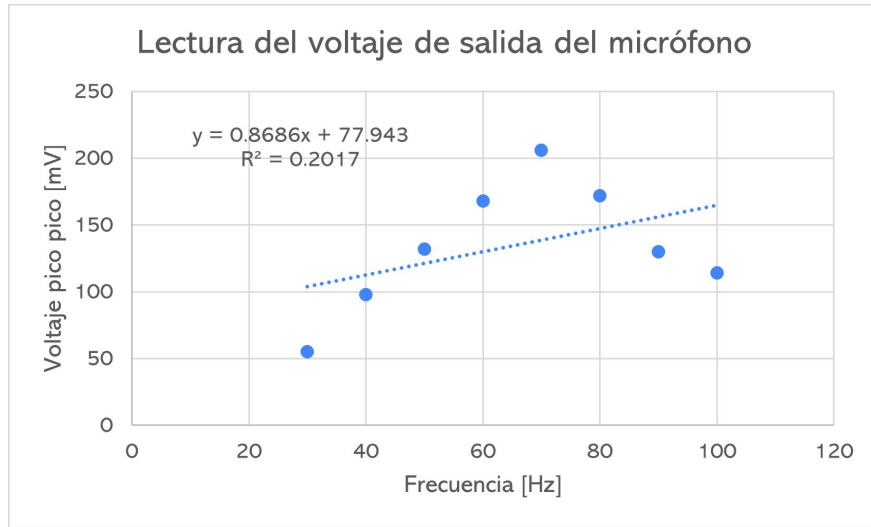


Figura 10. Linealidad de la respuesta del micrófono.

→ Histéresis

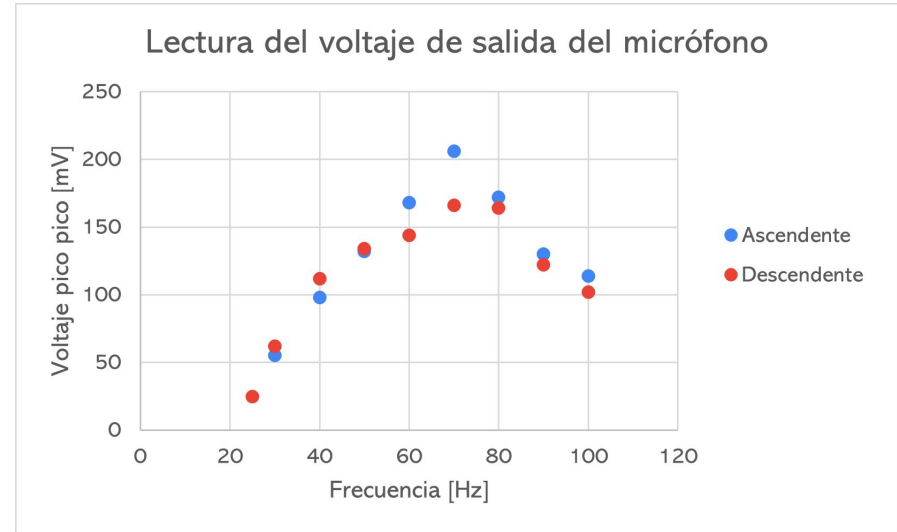


Figura 11. Respuesta del micrófono a diferentes frecuencias desde dos direcciones distintas: ascendente y descendente.

# Resultados

## Caracterización del sensor

### → Selectividad

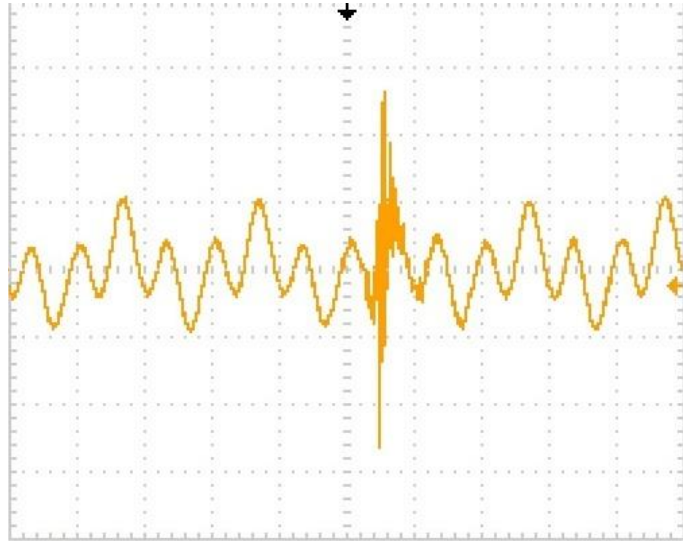


Figura 12. Respuesta del micrófono a un estímulo externo y a una señal sinusoidal de 100 Hz.

### → Offset

El micrófono no produce un offset.

### → Fiabilidad

El micrófono es fiable.

# Resultados

## Caracterización del sensor

### Características dinámicas

→ Tiempo de subida 2.36 segundos

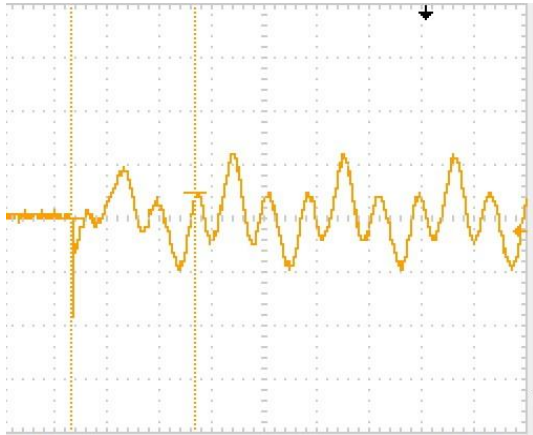


Figura 13. Tiempo de subida de la respuesta del micrófono.

→ Tiempo de respuesta

1.88 segundos

→ Tiempo de retraso

1.18 segundos

# Resultados

# Instrumentación

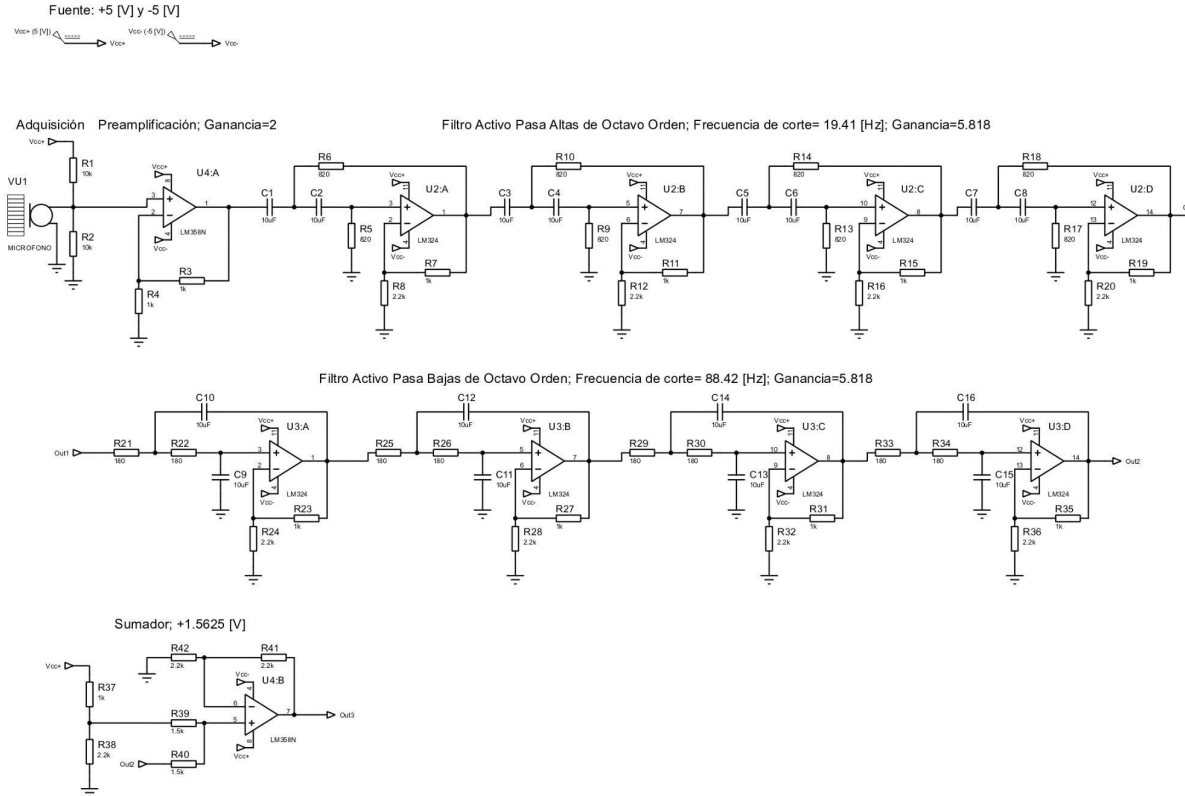


Figura 14. Diagrama del acondicionamiento de la señal.

# Resultados

## Digitalización de la señal

[5]



[6]



1

Comunicación con el puerto serial

→ Tasa de baudios: 115200 bps

2

Lectura de los datos

→ Frecuencia de muestreo: 1kHz

3

Selección de datos

→ Eliminación de los datos obtenidos los primeros 1.14 segundos

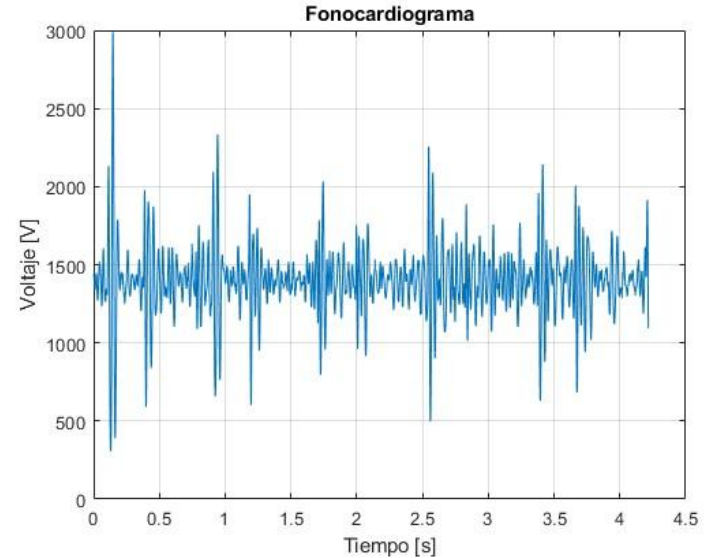


Figura 15. Señal obtenida mediante el ESP32.

# Resultados

## Procesamiento digital

- 4 Implementación de un filtro pasa bandas  
→ Frecuencias de corte:  $[20, 75]$  Hz
- 5 Normalización de la señal  
→ Intervalo  $[-1, 1]$
- 6 Remuestreo de la señal  
→ Interpolación para obtener 185200 datos
- 7 Generación del archivo .WAV

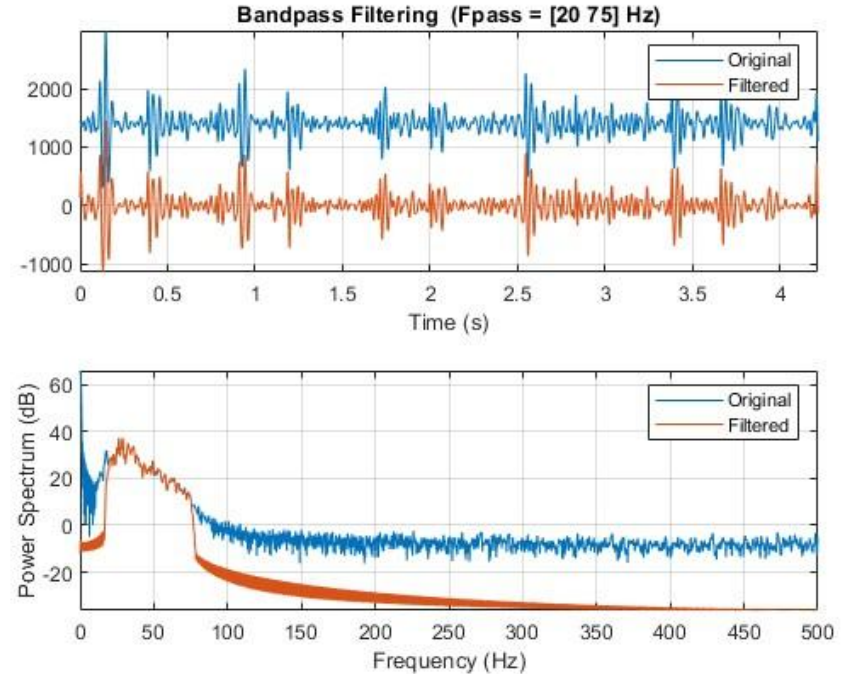


Figura 16. Implementación de filtro pasa bandas.



# Resultados

# Diseño de la interfaz

Bienvenido a la App

**Estetoscopio electrónico**


1. Ingrese los siguientes datos para continuar

Nombre

Edad

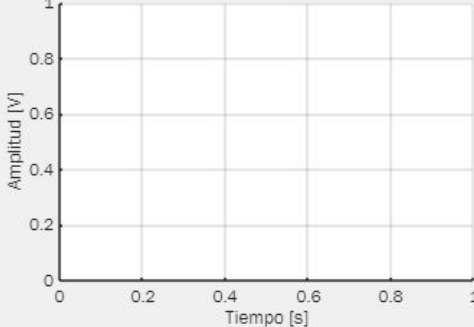
Sexo

2. Colócate el estetoscopio en algún foco de auscultación



3. Mide la señal

**Fonocardiograma**



4. Colócate los audífonos y escucha la señal

5. ¡Genera el PDF con tus datos!

Figura 17. Interfaz gráfica.

## Reporte de Fonocardiograma

Nombre: Sergio

Edad: 23

Sexo: Hombre

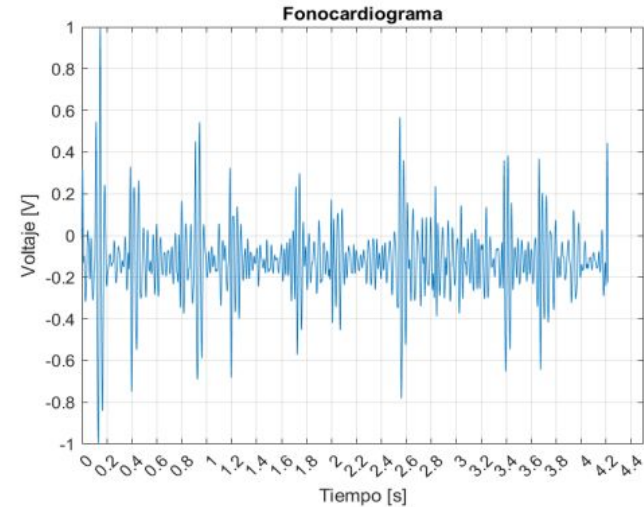


Figura 18. Reporte en formato PDF obtenido.

# Conclusiones

Se logró realizar un **estetoscopio electrónico de bajo costo** (443.00 MXN) capaz de detectar el **primer** y el **segundo ruido cardíaco**. Además, se logró realizar una **interfaz gráfica** en la cual es posible ingresar datos del paciente como nombre, edad y sexo; medir, escuchar y guardar la señal y finalmente, generar un PDF con los datos obtenidos.

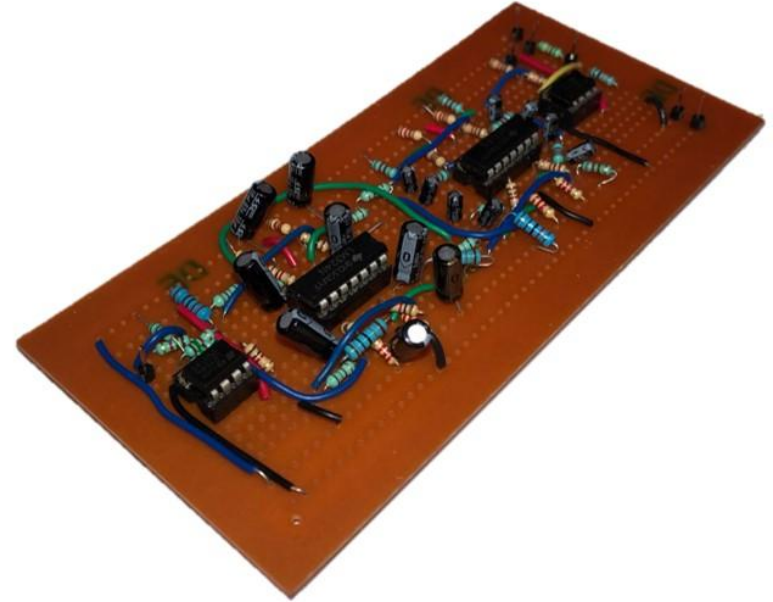


Figura 19. Placa fenólica perforada en donde se soldó el circuito.

# Referencias

- [1] TecnoXplora. (2022, 17 octubre). Una aplicación móvil ayuda a detectar problemas en el corazón. *TecnoXplora*.  
[https://www.lasexta.com/tecnologia-tecnoxplora/apps/aplicacion-movil-ayuda-detectar-problemas-corazon\\_20221017634d842677c70500010779f3.html](https://www.lasexta.com/tecnologia-tecnoxplora/apps/aplicacion-movil-ayuda-detectar-problemas-corazon_20221017634d842677c70500010779f3.html)
- [2] Hall, J. E. (2010). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*.  
<http://www.doody.com/rev400images/pdf/2010/9781416045748.pdf>
- [3] Chizner, M. A. (2008). Cardiac Auscultation: Rediscovering the Lost Art. *Current Problems In Cardiology*, 33(7), 326-408.  
<https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2008.03.003>
- [4] McStethoscope. (s. f.). *Littmann CORE Digital: 8890 | Grabado laser disponible*.  
<https://mcstethoscope.com/products/littmann-core-digital-mirror-finish-8890>
- [5] MATLAB logo. (2022, 1 junio). Símbolo, Significado Logotipo, Historia, PNG. <https://1000marcas.net/matlab-logo/>
- [6] HiLetgo ESP-WROOM-32 ESP32 ESP-32D Placa de Desarrollo 2.4GHz WiFi de Modo Dual + Bluetooth procesador de Doble núcleo Integrado con Antena RF AMP Filtro Ap STA para Arduino IDE : Amazon.com.mx: Electrónicos. (s. f.).  
<https://www.amazon.com.mx/HiLetgo-ESP-WROOM-32-ESP32-ESP-32S-Microcontrolador/dp/B0718T232Z>
- [7] Carrasco C. F. (2014). Diseño y construcción de un estetoscopio electrónico de bajo costo con filtrado de frecuencias para la detección de afecciones pulmonares y cardíacas [Tesis de licenciatura], Universidad Nacional Autónoma de México.  
<http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/3031>
- [8] Descifrando los latidos del corazón para el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares - Avance y Perspectiva. (s.f.).  
<https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/descifrando-los-latidos-del-corazon-para-el-diagnostico-de-enfermedades-cardiovasculares/?print=print>

# Anexos

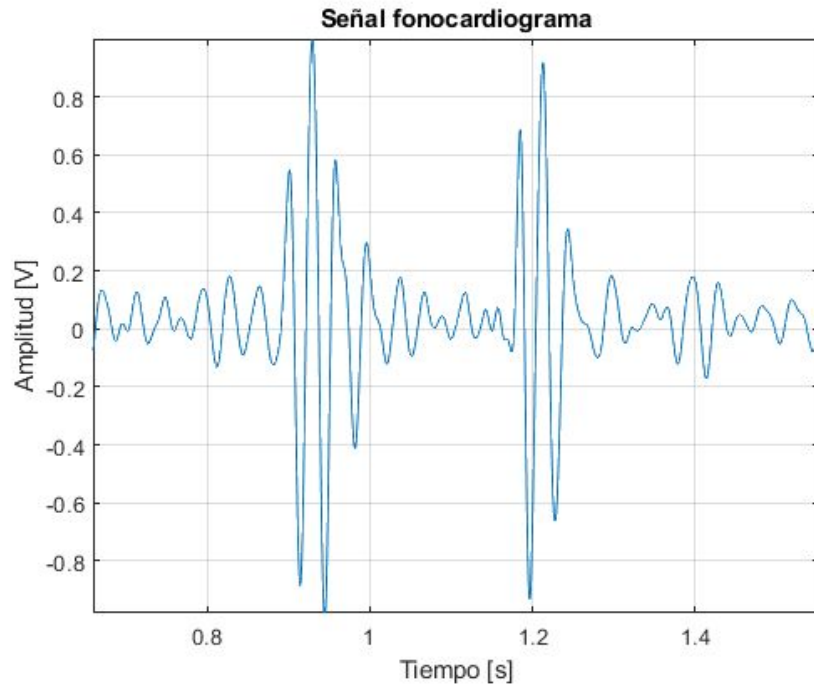


Figura 20. Señal de fonocardiograma obtenida.

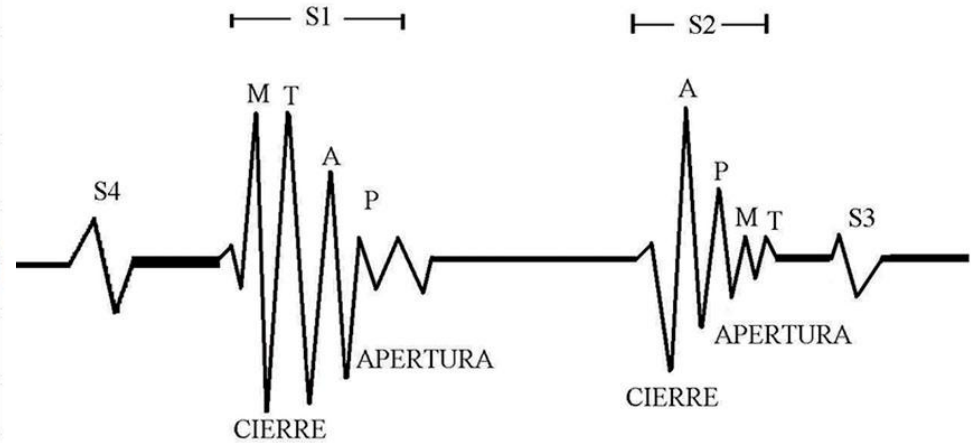


Figura 21. Cierre y apertura de las válvulas cardíacas en la señal de fonocardiograma. [8]

# Anexos

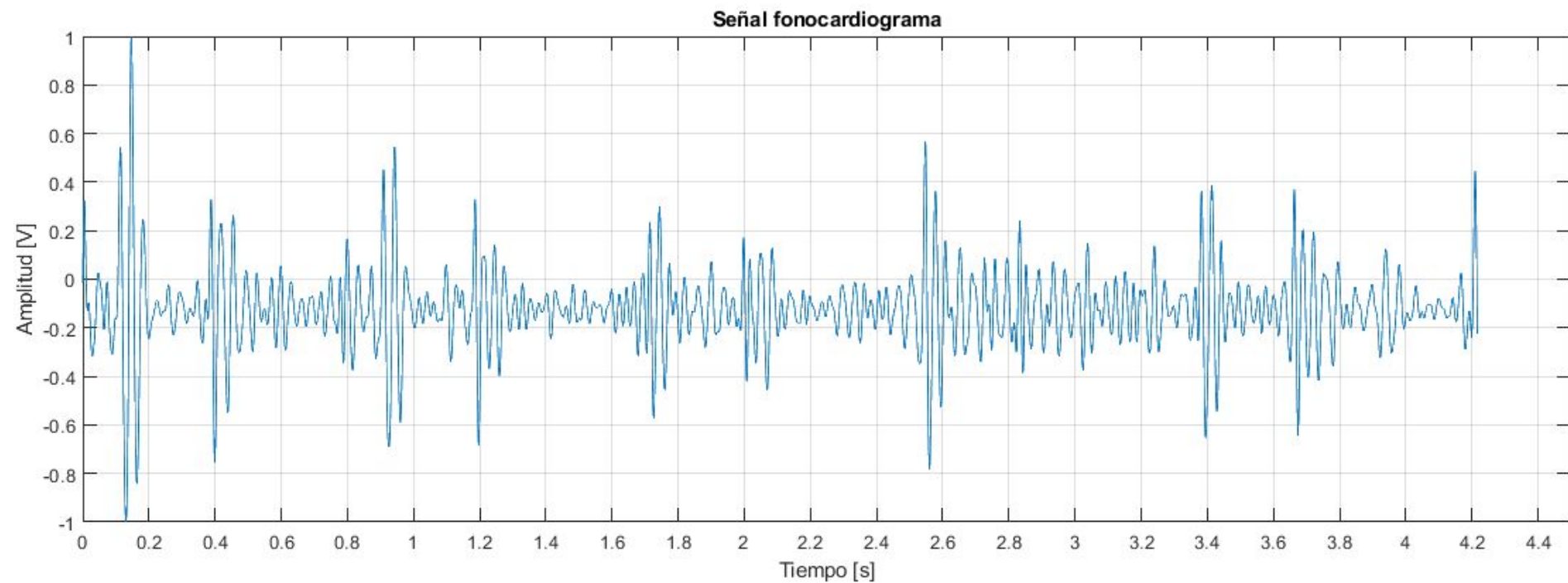


Figura 22. Señal de fonocardiograma anexada al reporte del paciente.

# Anexos

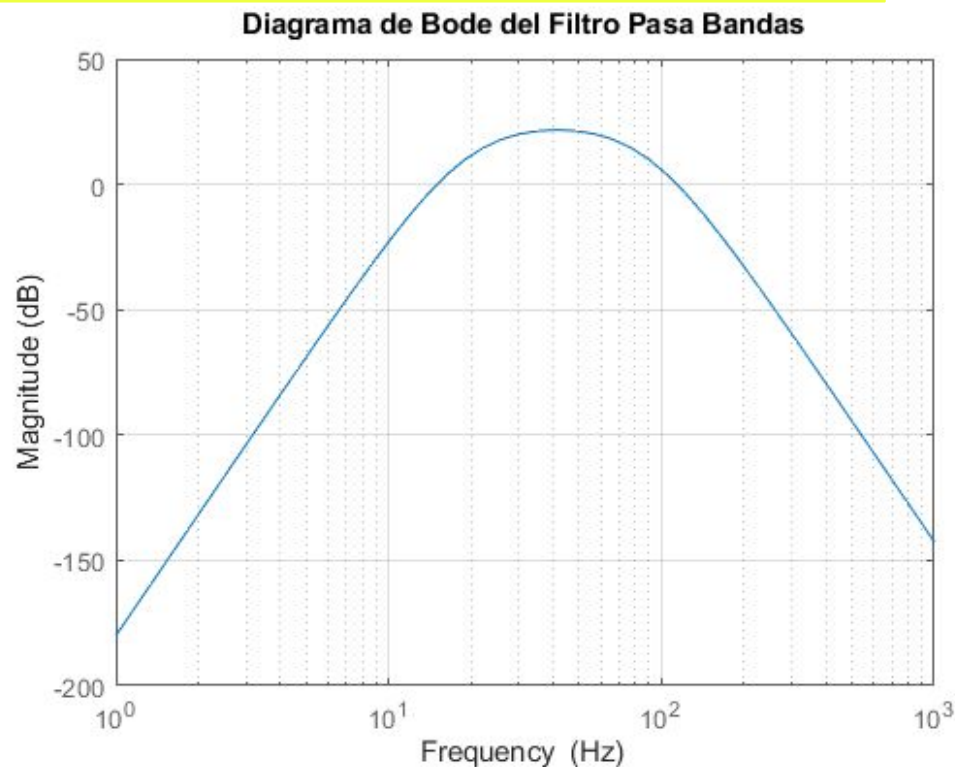


Figura 23. Diagrama de Bode del filtro activo pasa bandas de octavo orden con ancho de banda de 19.41 Hz a 88.42 Hz.

$$F_1(s) = 4 * \frac{s^2 * \left(1 + \frac{R_B}{R_A}\right)}{s^2 + s * \frac{1}{RC} \left(2 - \frac{R_B}{R_A}\right) + \left(\frac{1}{RC}\right)^2}$$

$$F_2(s) = 4 * \frac{\left(1 + \frac{R_B}{R_A}\right)}{s^2 * (RC)^2 + s * CR \left(2 - \frac{R_B}{R_A}\right) + 1}$$

$$F_3(s) = F_1(s) * F_2(s)$$

# Anexos



Facultad de  
Ciencias  
UNAM

## Estetoscopio Electrónico

### 1 Descripción general

- Estetoscopio electrónico
- Auscultación cardíaca
- Fonocardiograma
- Interfaz gráfica
- Reporte del paciente



### 2 Descripción

- Dispositivo capaz de captar las señales acústicas del corazón para la identificación de los ruidos R1 y R2 del ciclo cardíaco.
- El circuito funciona con una fuente bipolar de  $\pm 5$  [V].

Figura 24. Hoja de especificaciones del trabajo realizado.