



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

### CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Electrónica e Instrumentación

Módulo IoT didáctico para la adquisición, registro y procesamiento de señales bioeléctricas, para el laboratorio de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga.

#### Autoras:

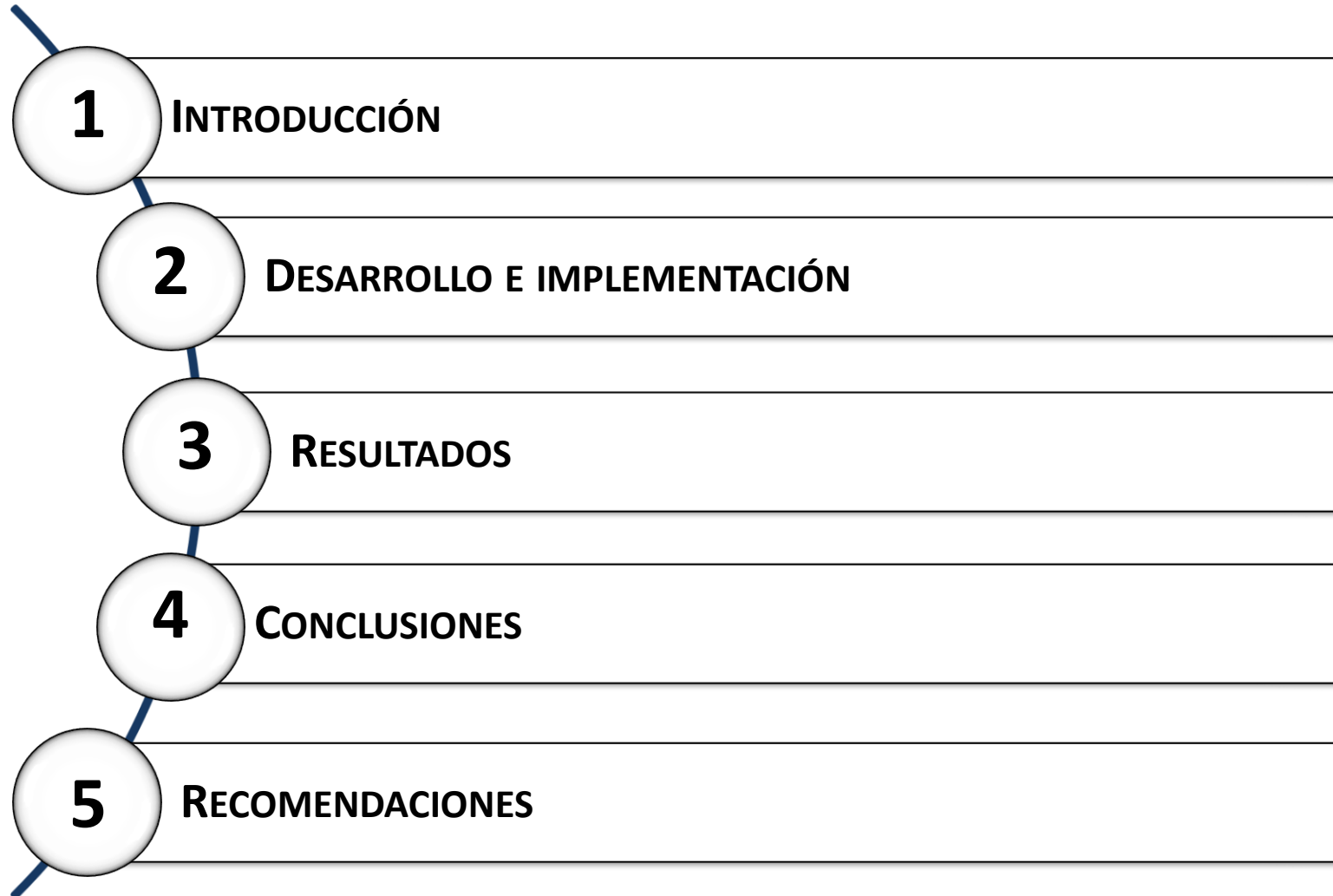
Chiluisa Chicaiza, Paola Alexandra

Tarco Maigua, Greny Elizabeth

Dra. Guerrón Paredes, Nancy Enriqueta, *Directora*



# AGENDA



# AGENDA



# INTRODUCCIÓN

## ANTECEDENTES



### MEDICINA

- Estudio de las enfermedades que afectan a los seres humanos, la prevención y su posterior tratamiento.



### BIOINGENIERÍA

- Emplea las habilidades de la ingeniería para ayudar a resolver problemas de las Ciencias Naturales.



### BIOMÉDICA

- Permite resolver problemas en el campo de la medicina.



### INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA

- Permite el diseño de instrumentos para medir, registrar y/o procesar las señales producidas por los seres vivos, que pueden ser de tipo físico, químico, eléctrico, óptico o electromagnético.



### IoT

- Capacidad de transferir datos a través de una red.



# INTRODUCCIÓN

## RESUMEN

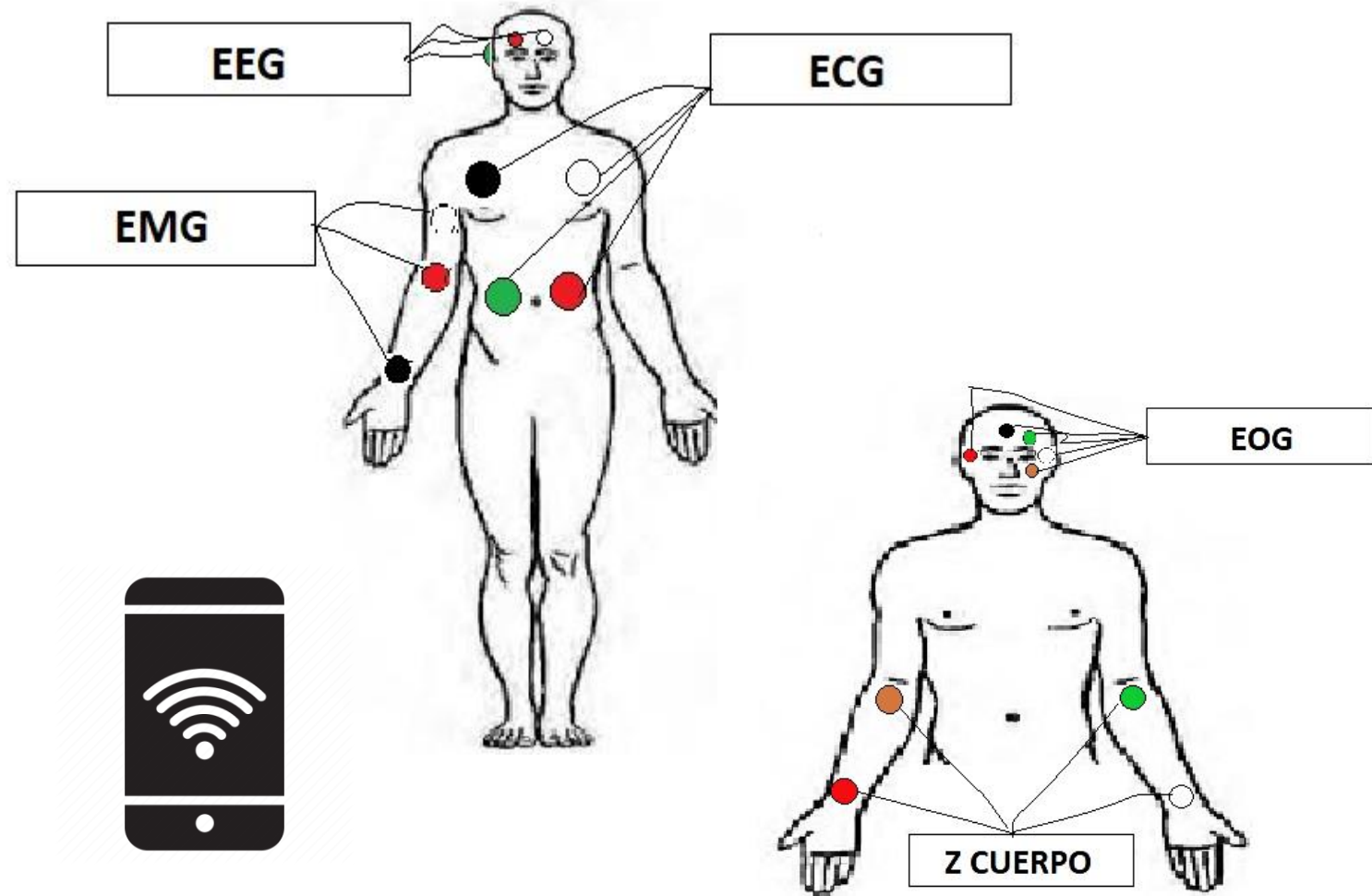
Electrocardiograma (ECG)

Electromiograma (EMG)

Electrooculograma (EOG)

Electroencefalograma (EEG)

Impedancia del cuerpo (Zcuerpo)

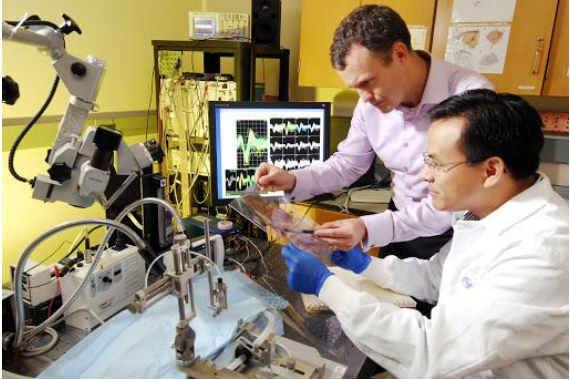


# INTRODUCCIÓN

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Relacionar la medicina con la ingeniería



Dificultad para adquirir equipos médicos



Implementar una plataforma IoT



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# INTRODUCCIÓN

## OBJETIVO GENERAL

Implementar un módulo IoT didáctico mediante el uso de una tarjeta de adquisición de datos y comunicación, para la adquisición, registro y procesamiento de señales bioeléctricas.

# INTRODUCCIÓN

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar las características de las señales bioeléctricas del cuerpo humano.
- Diseñar el sistema de adquisición y visualización de las señales adquiridas del cuerpo humano.
- Integración de IoT al módulo didáctico.
- Realizar pruebas funcionales del módulo, evaluar su desempeño y analizar los resultados obtenidos.



# INTRODUCCIÓN

## SISTEMA ELECTRÓNICO

Funcionalidad

- Preamplificación de la señal bioeléctrica
- Filtrado de la señal bioeléctrica.
- Amplificación de la señal bioeléctrica.
- Rectificar la señal bioeléctrica.
- Obtención de la señal bioeléctrica final.



# INTRODUCCIÓN

## SISTEMA DE COMUNICACIÓN

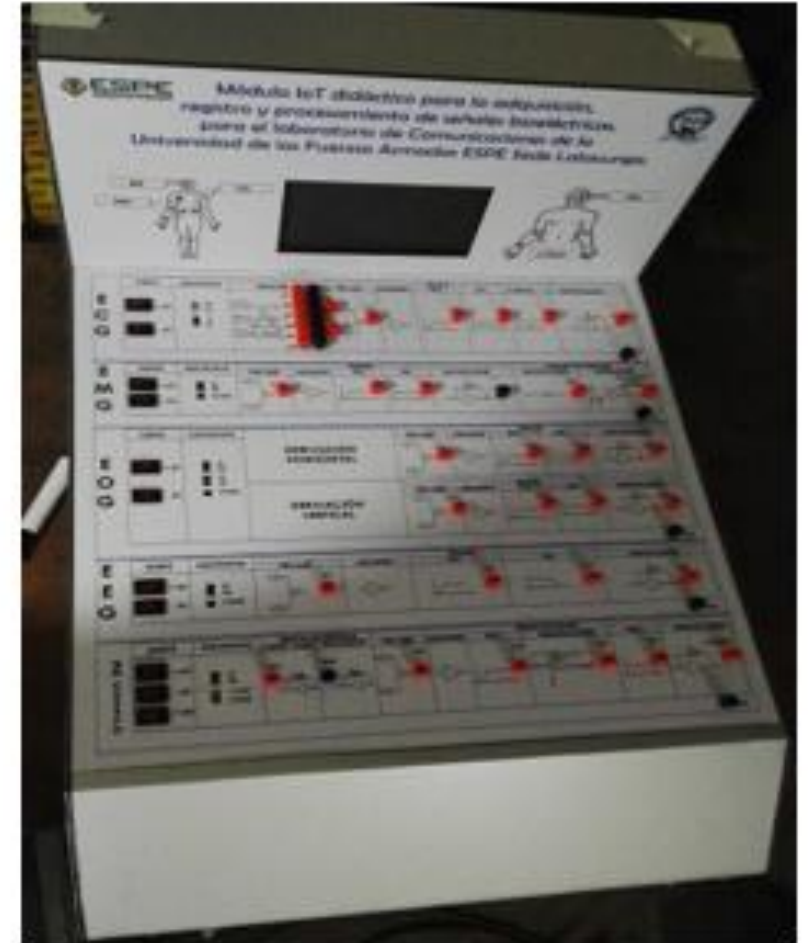
Funcionalidad:

Mostrar en la aplicación IoT la forma de onda respectiva de las señales bioeléctricas propuestas.

Conexión de dispositivos Android.

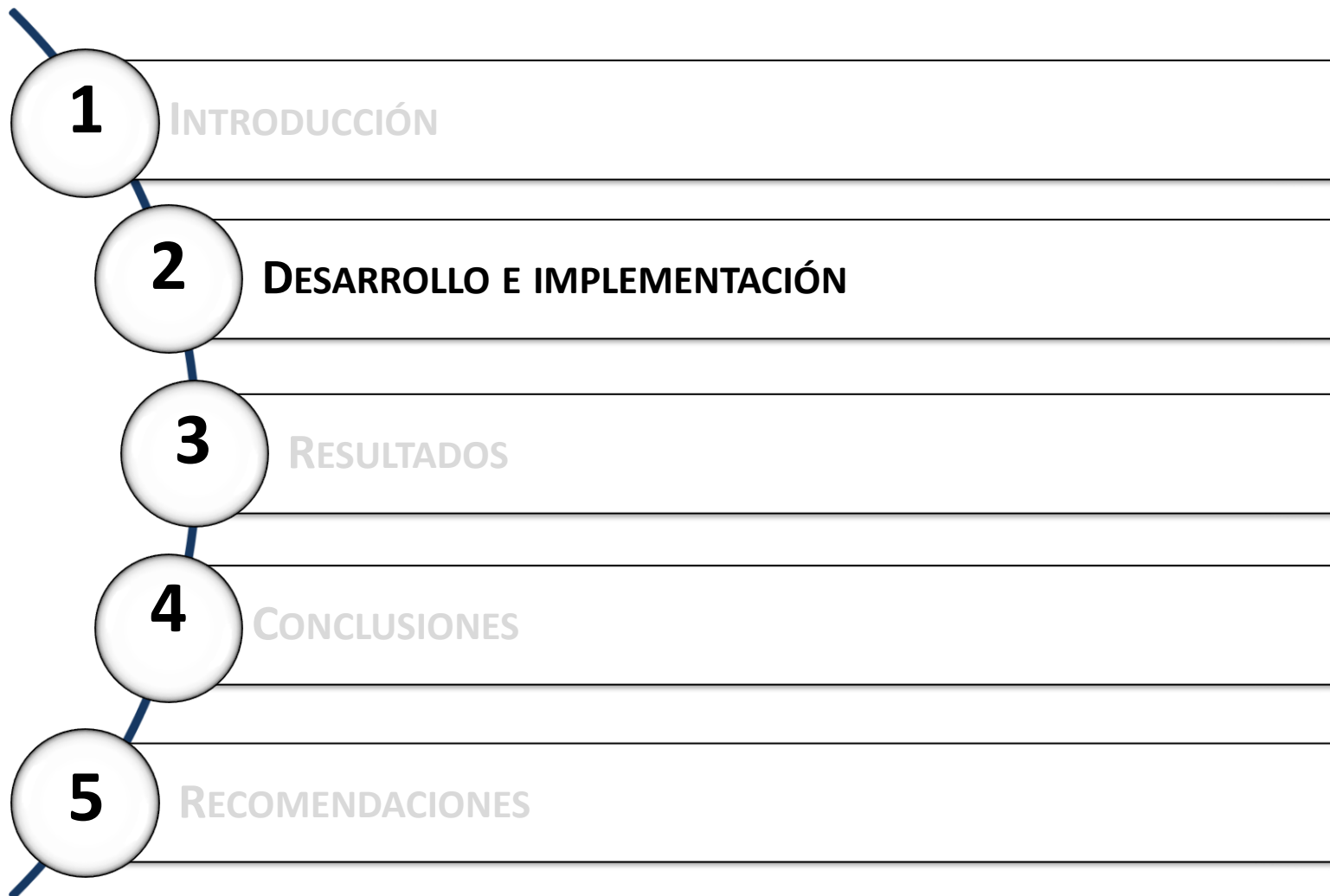
Verificar la visualización en dispositivos Android.

Resultados del proceso tras el análisis.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# AGENDA

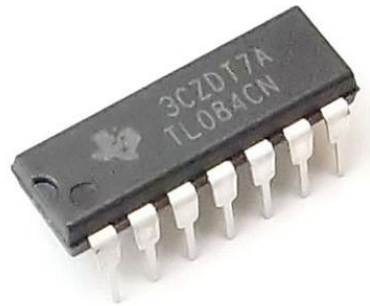


# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA ELECTRÓNICO

Amplificador de  
Instrumentación.



Amplificador Operacional  
TL084



Cable para electrodos



Electrodos



# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA ELECTRÓNICO

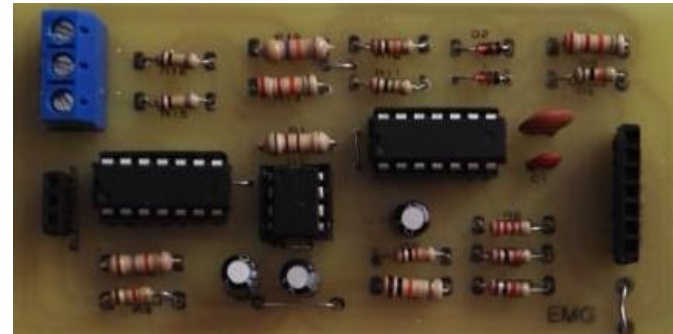
ECG	Electrodos Superficiales	Preamplificador	Filtro Pasa Alto	Filtro Pasa Bajp
EMG				
EOG	Filtro Notch	Amplificador	Integrador	Rectificador
EEG				
ZCUERPO	Oscilador	Fuente de Corriente Constante	Circuito Offset	Demodulador

# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA ELECTRÓNICO

Circuito ECG



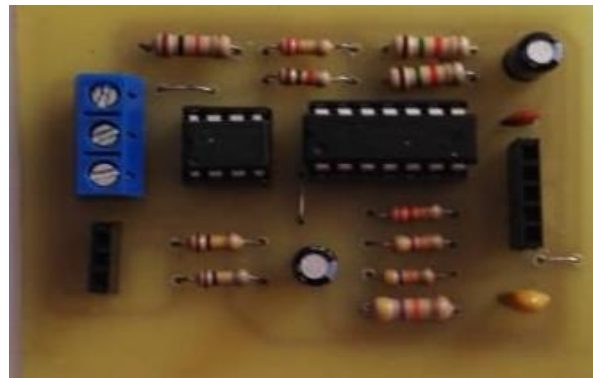
Circuito EMG



Circuito EOG



Circuito EEG

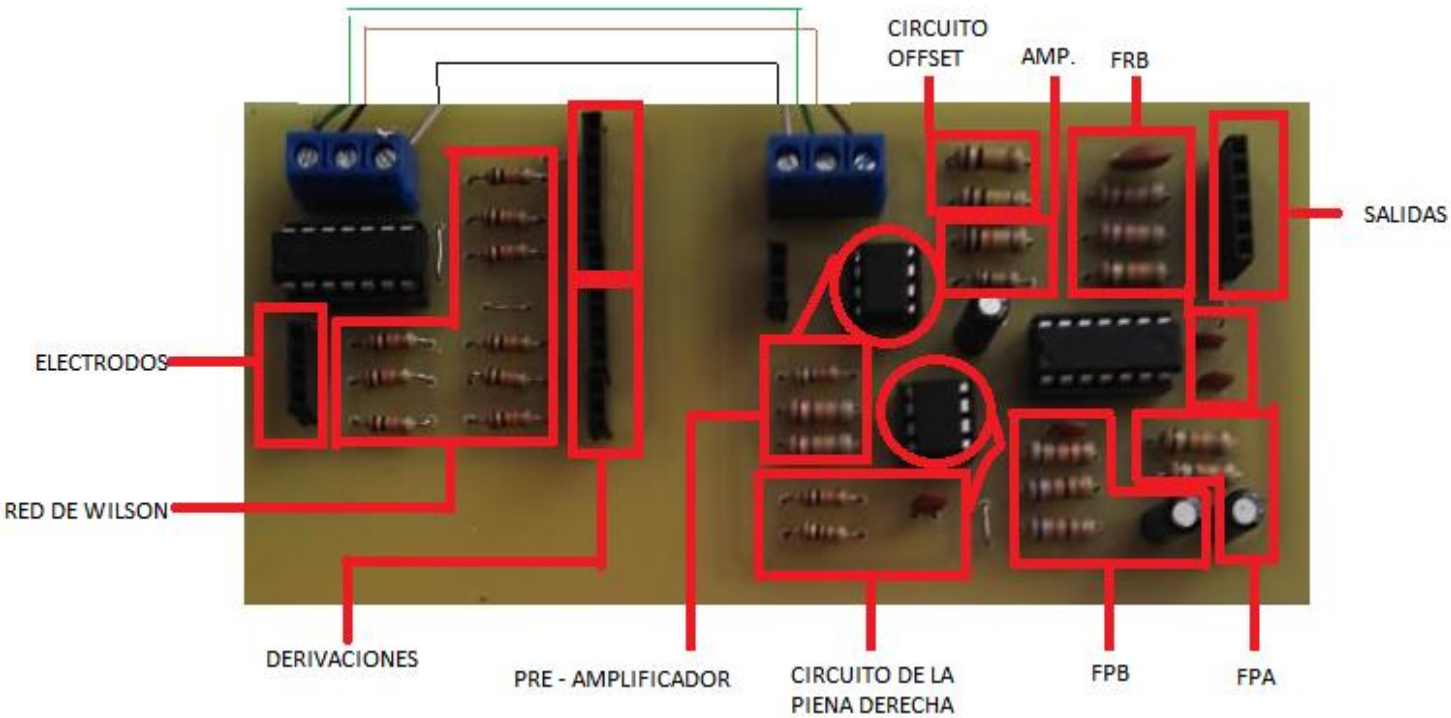


Circuito Zcuerpo



# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA ELECTRÓNICO

## CIRCUITO ECG



### PRE -AMPLIFICADOR

Ganancia de 10.

### FILTRO PASA ALTO

$f_c = 0,5 \text{ Hz}$

### FILTRO PASA BAJO

$f_c = 150 \text{ Hz}$

### FILTRO RECHAZA BANDA

$f_r = 60 \text{ Hz}$

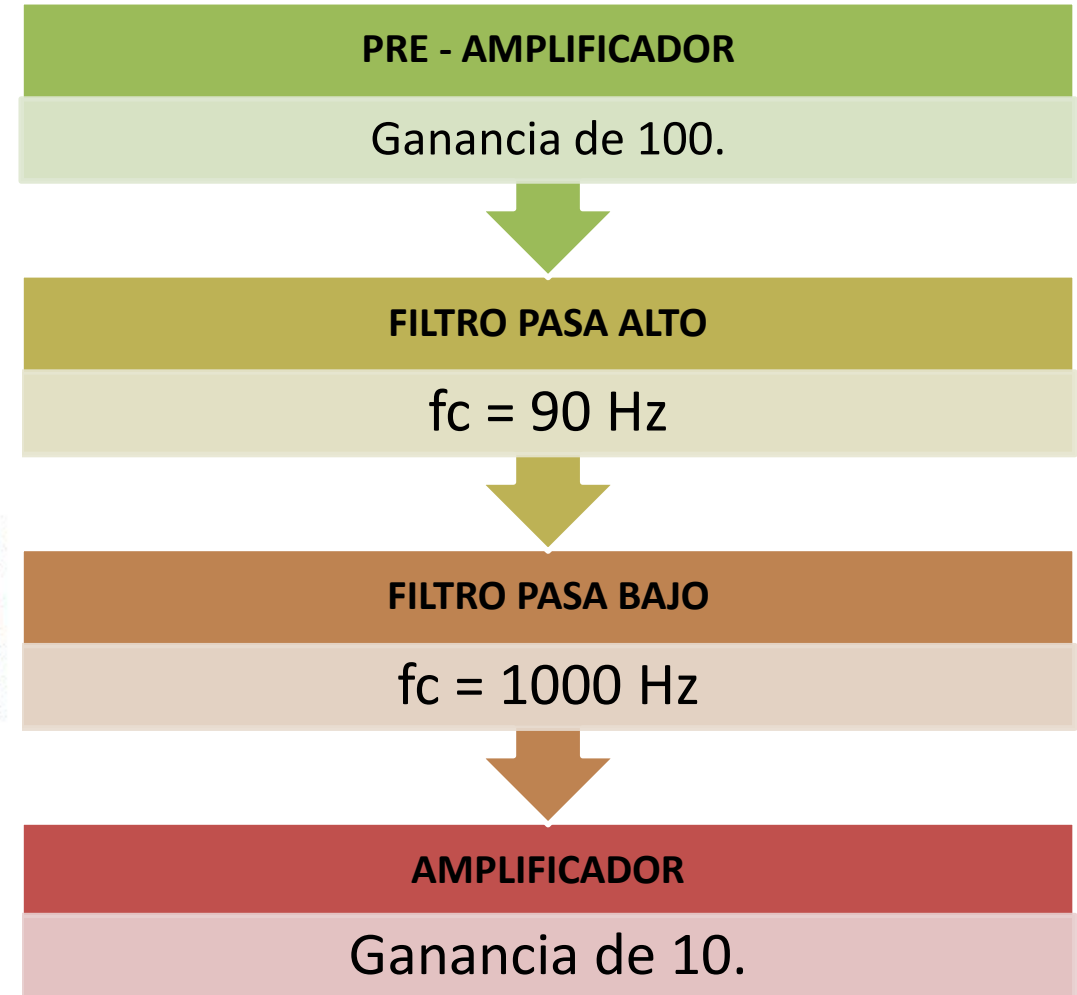
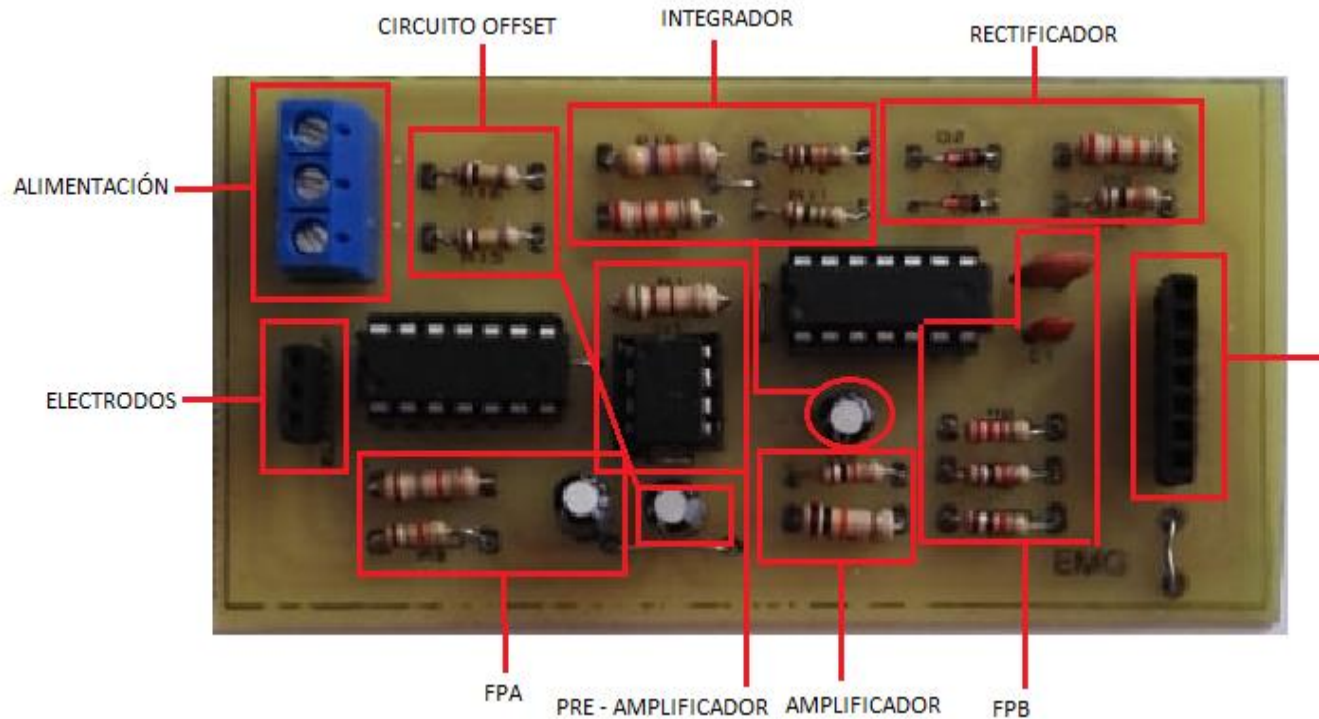
### AMPLIFICADOR

Ganancia de 10



# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA ELECTRÓNICO

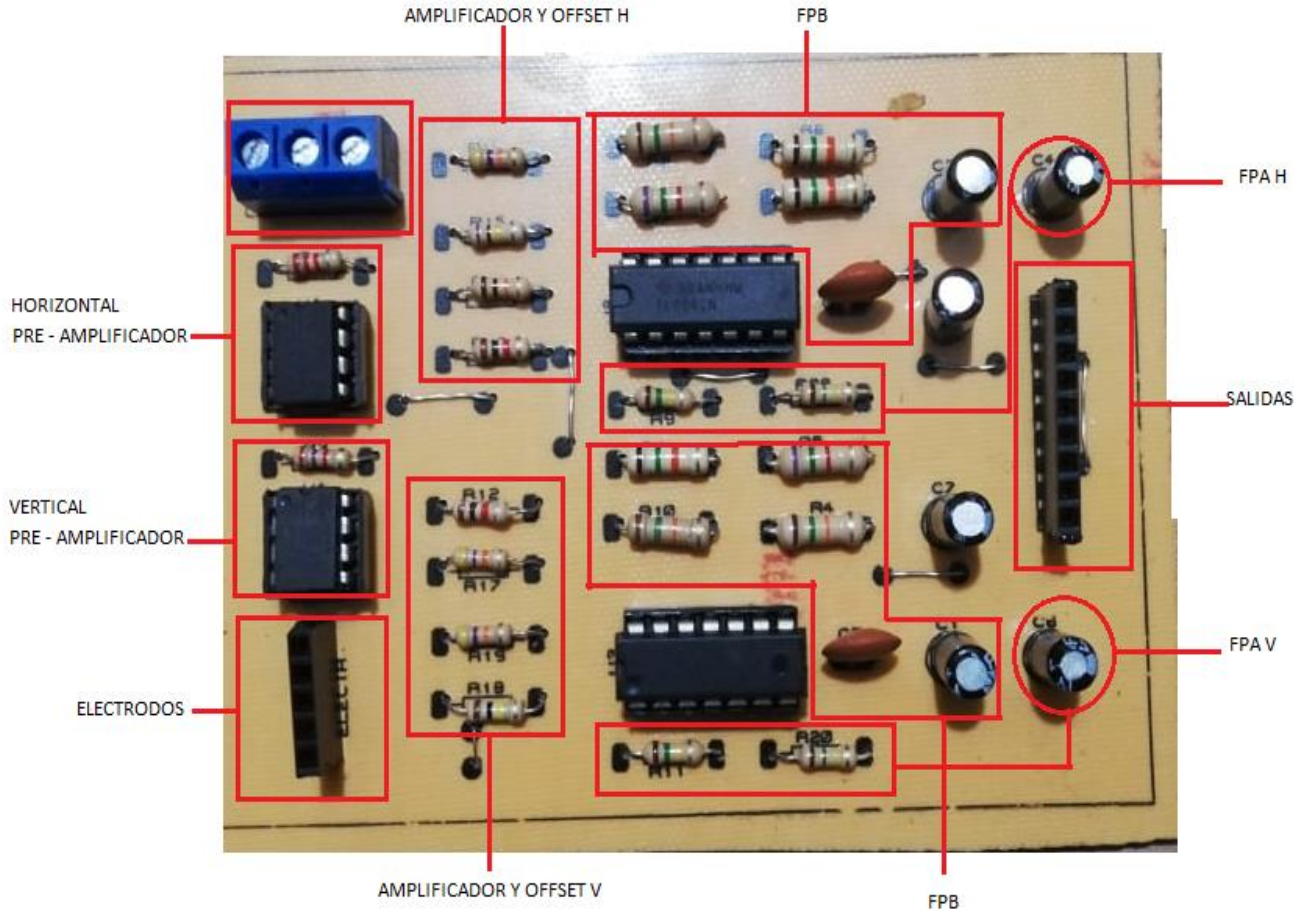
## CIRCUITO EMG





# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA ELECTRÓNICO

## CIRCUITO EOG



### PRE -AMPLIFICADOR

- Ganancia de 25.

### FILTRO PASA ALTO

- $f_c = 0,05$  Hz

### FILTRO PASA BAJO

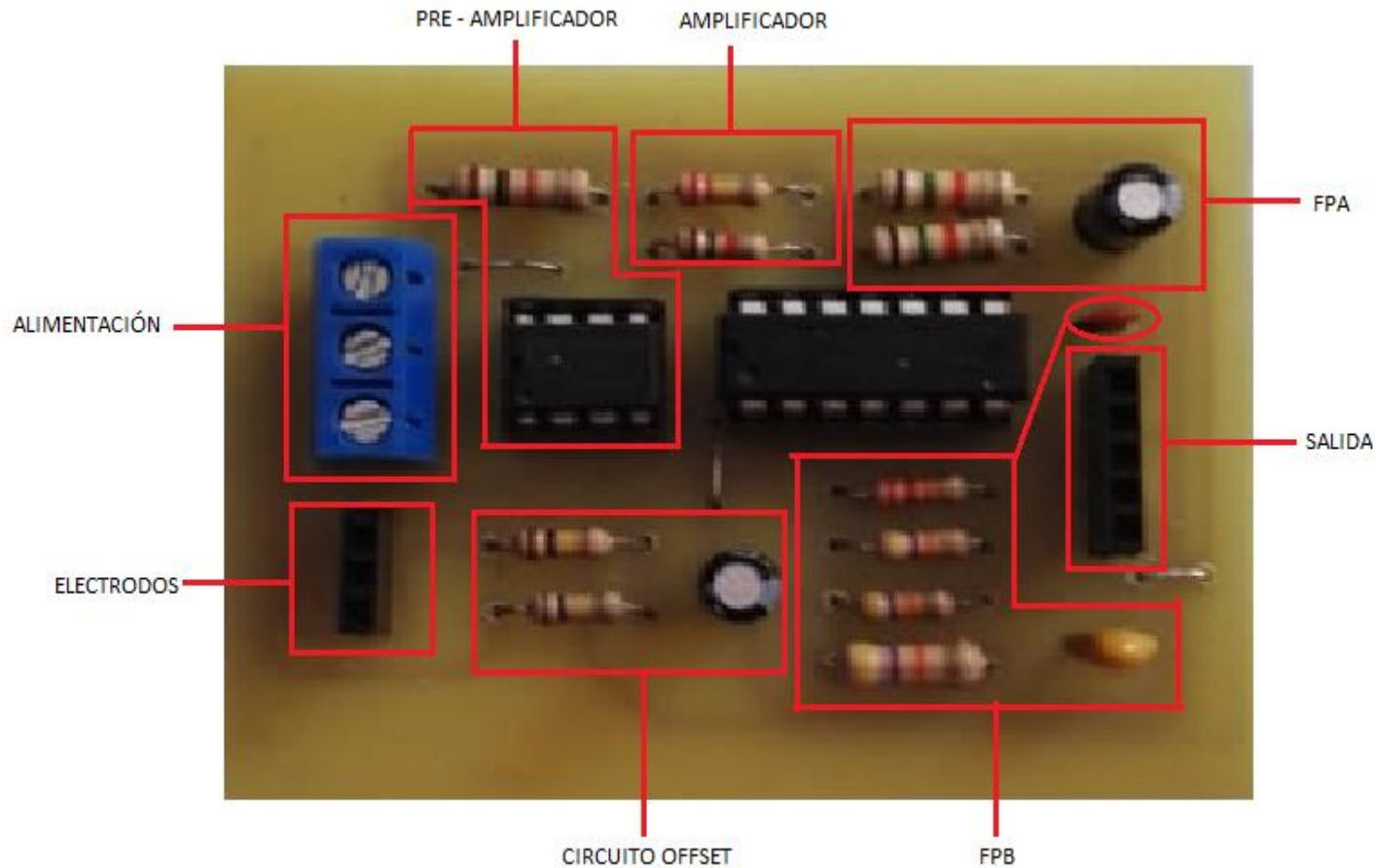
- $f_c = 30$  Hz

### AMPLIFICADOR

- Ganancia de 10.

# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA ELECTRÓNICO

## CIRCUITO EEG



PRE -  
AMPLIFICADOR

Ganancia de 50.

FILTRO PASA ALTO

$f_c = 0,5 \text{ Hz}$

FILTRO PASA BAJO

$f_c = 20\text{Hz}$

AMPLIFICADOR

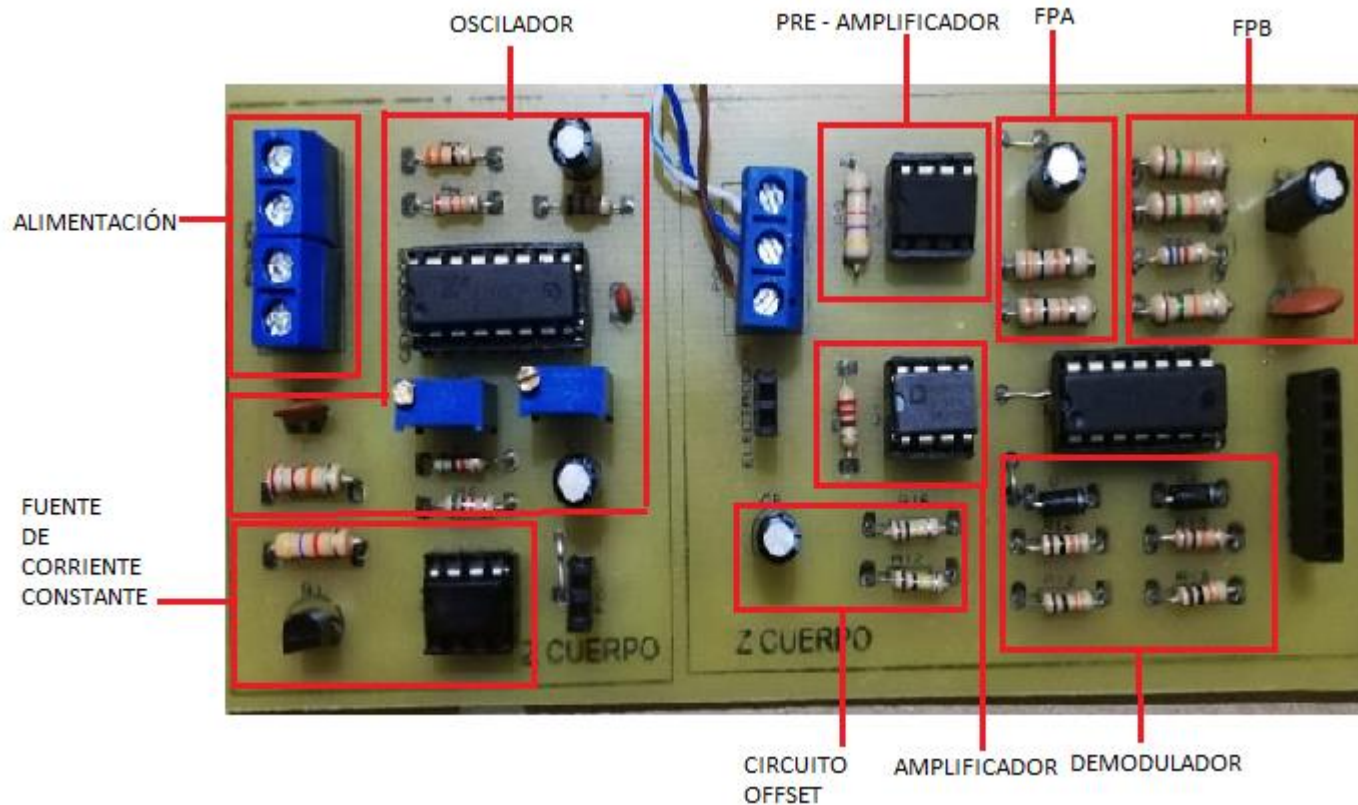
Ganancia de 10.



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN SISTEMA ELECTRÓNICO

## CIRCUITO ZCUERPO



### OSCILADOR

- 50 KHz a 1 Vpp

### FUENTE DE C. CONSTANTE

- 1 mA

### PRE - AMPLIFICADOR

- Ganancia de 10.

### FILTRO PASA ALTO

- $f_c = 0,5 \text{ Hz}$

### FILTRO PASA BAJO

- $f_c = 150 \text{ Hz}$

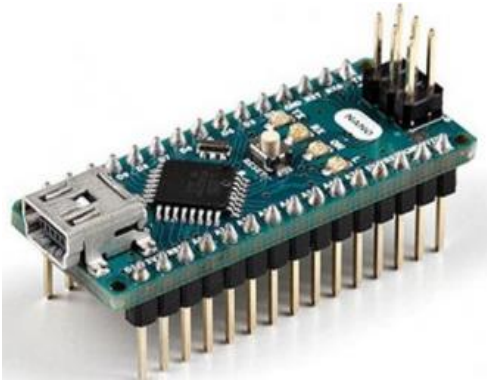
### AMPLIFICADOR

- Ganancia de 10.



# COMUNICACIÓN ENTRE EL MÓDULO Y LA APLICACIÓN IoT

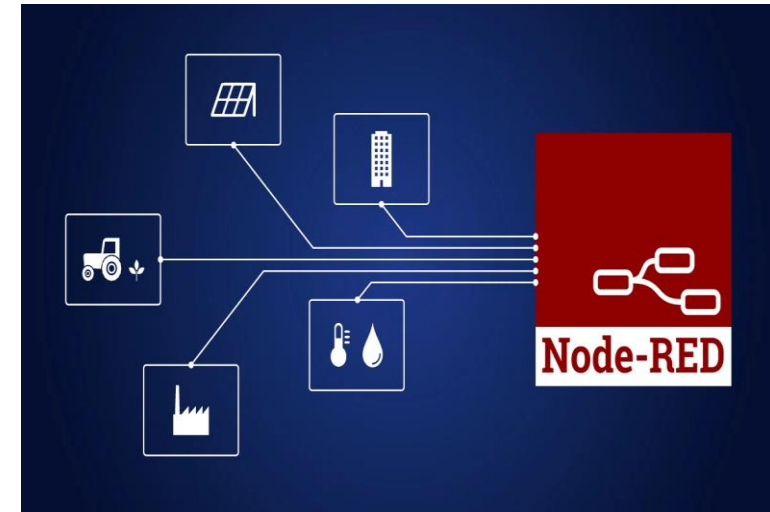
Arduino



Raspberry PI3



Plataforma IoT



Adquisición de las señales bioeléctricas



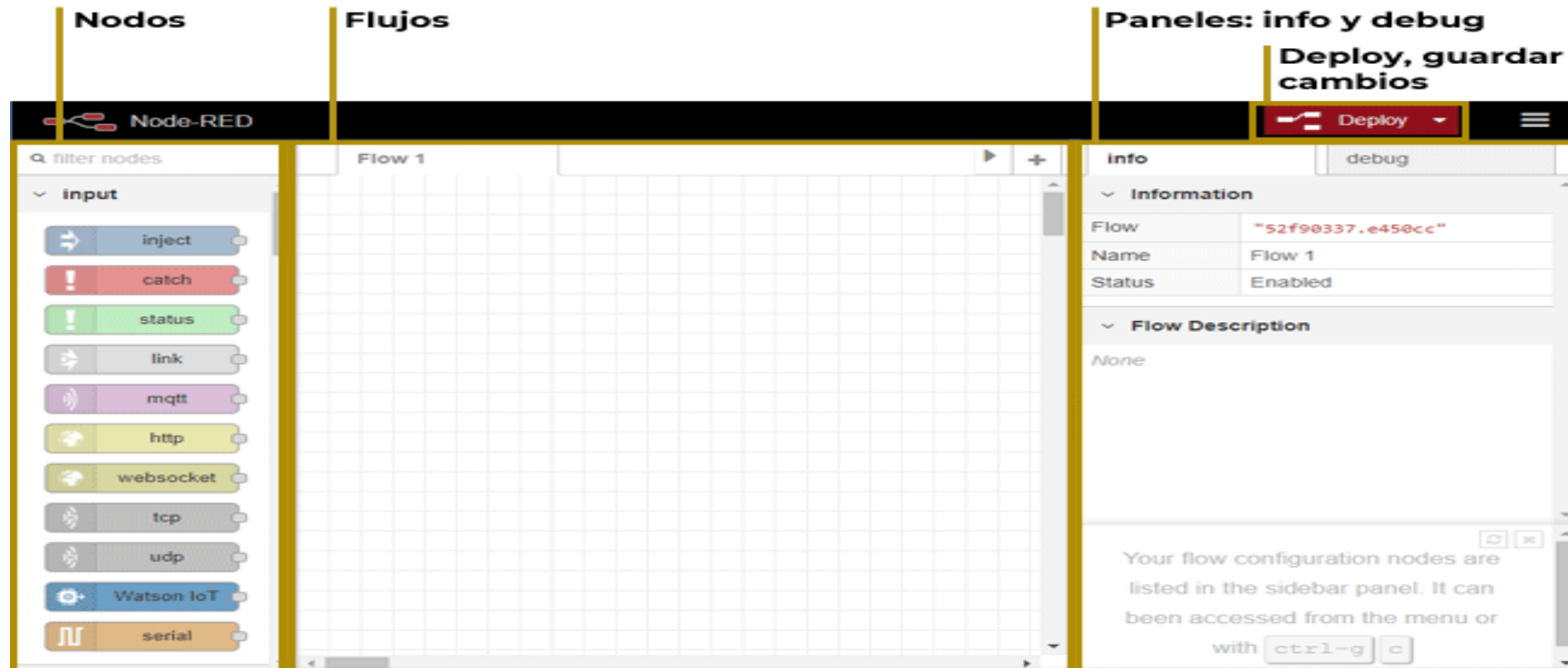
Broker: Recibe los datos por USB y los envía mediante Wi-Fi, asigna dirección IP



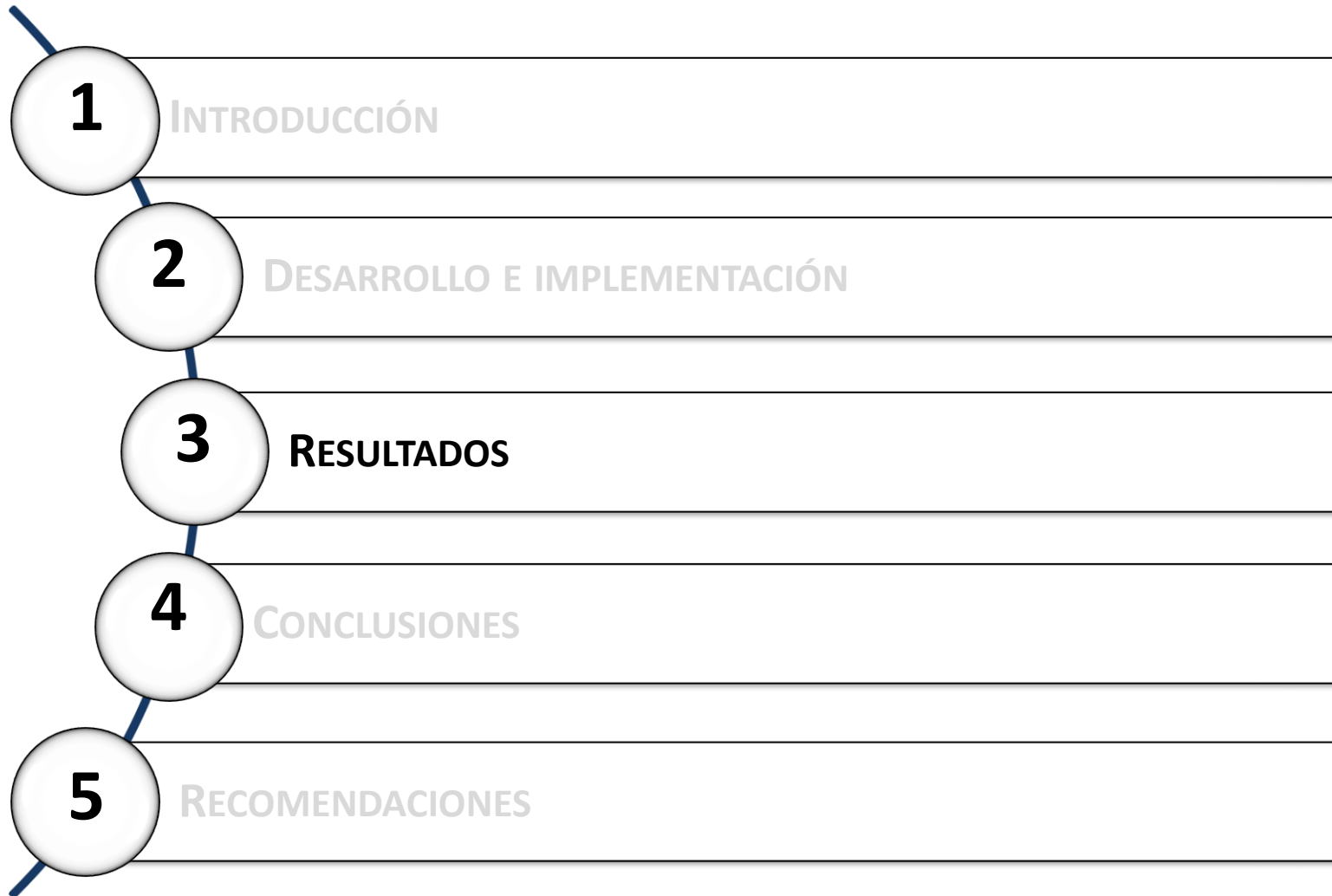
Recibe los datos y las simula en el entorno desarrollado.

# NODO - RED

Node-RED es una herramienta muy potente que sirve para comunicar hardware y servicios de una forma muy rápida y sencilla. Simplifica enormemente la tarea de programar del lado del servidor gracias a la programación visual, y además permite conectar entre sí dispositivos hardware, APIs y servicios en-linea

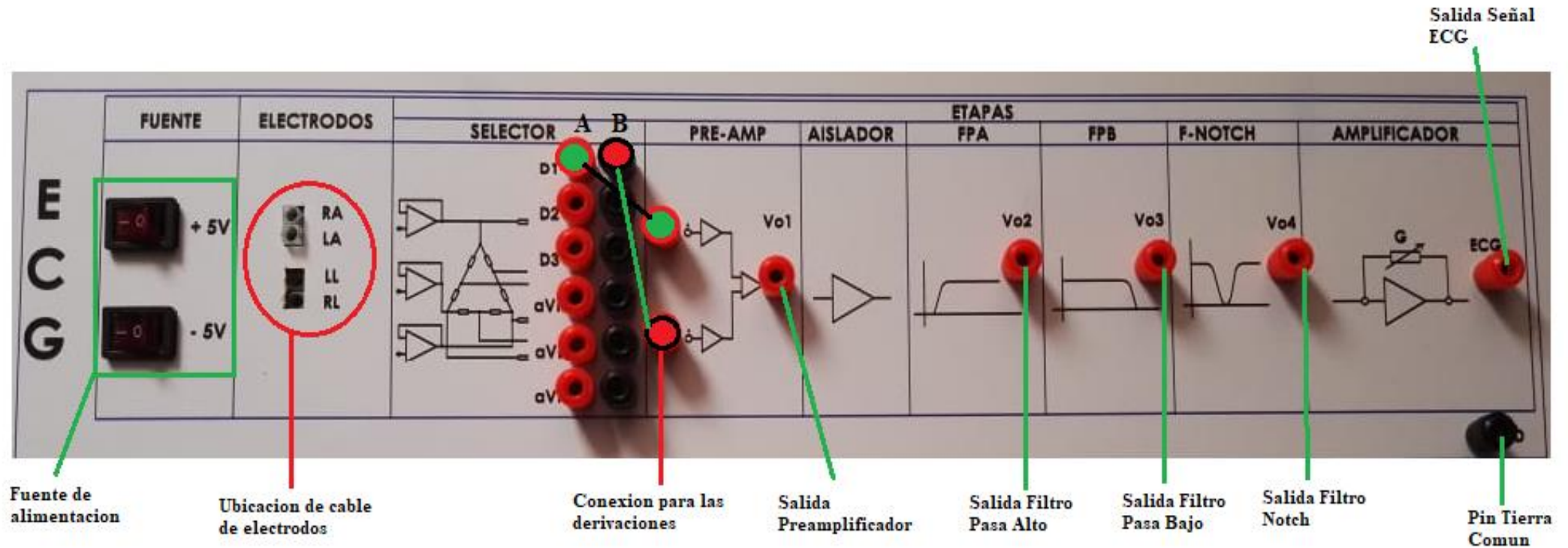


# AGENDA



# RESULTADOS

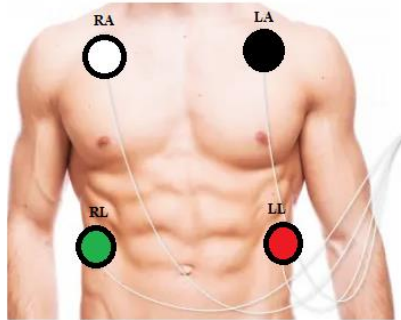
## PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES BIOELÉCTRICAS – FORMAS DE ONDA



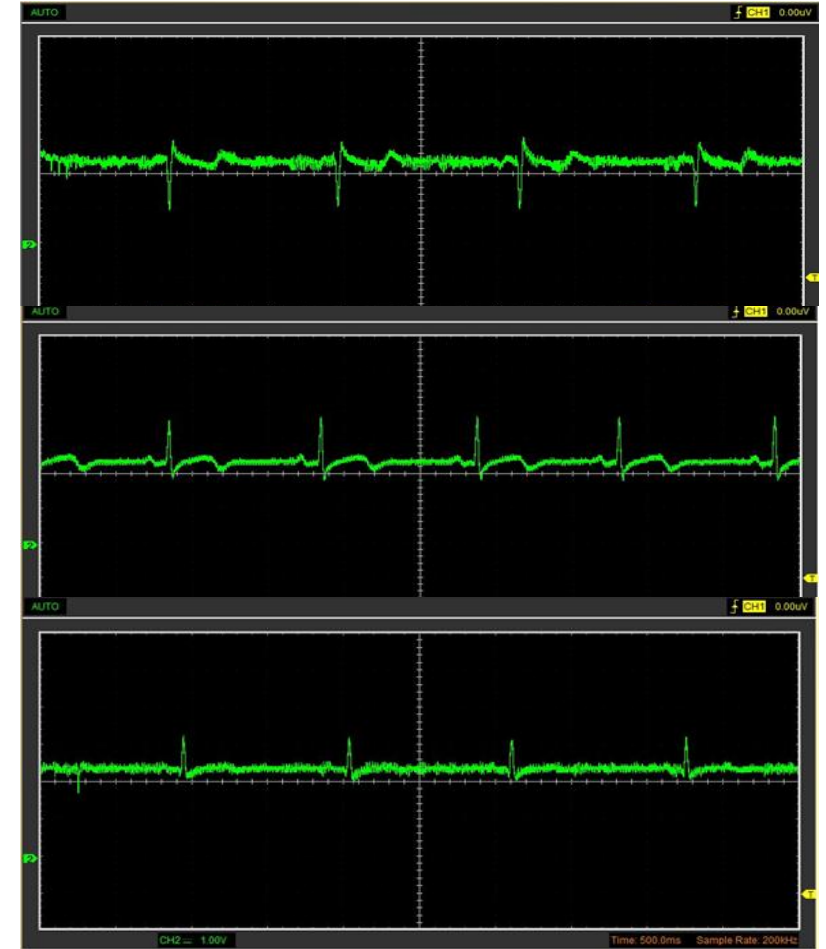
# RESULTADOS

## PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES BIOELÉCTRICAS – FORMAS DE ONDA

### ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)



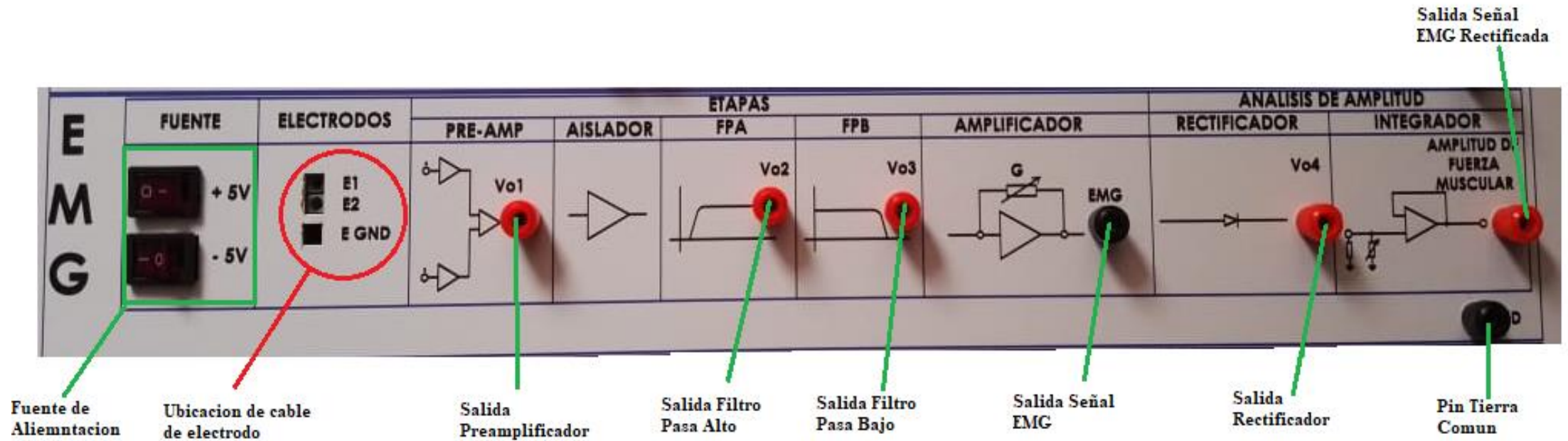
Conexión de electrodos





# RESULTADOS

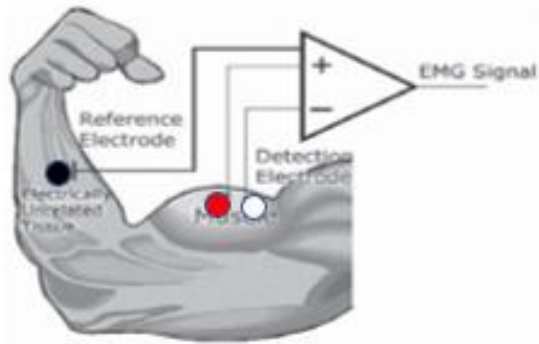
## PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES BIOELÉCTRICAS – FORMAS DE ONDA



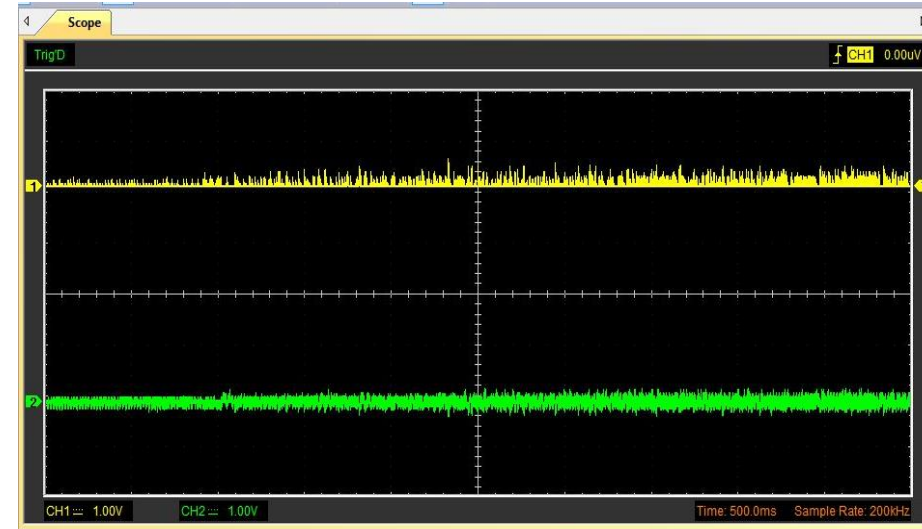
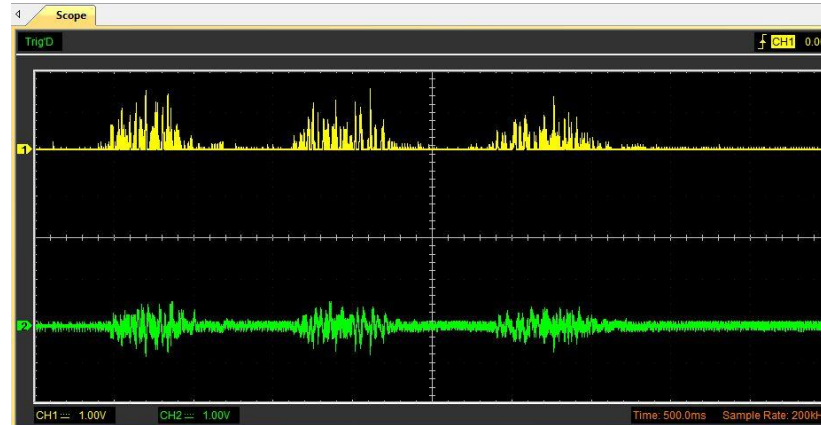
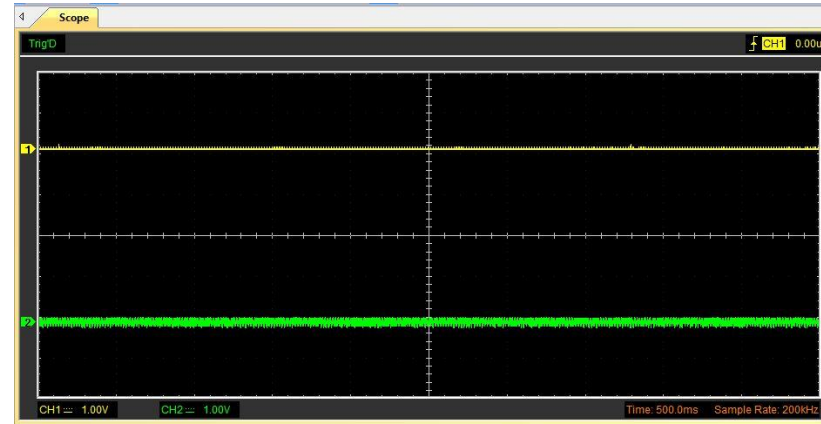
# RESULTADOS

## PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES BIOELÉCTRICAS – FORMAS DE ONDA

### ELECTROMIOGRAMA (EMG)

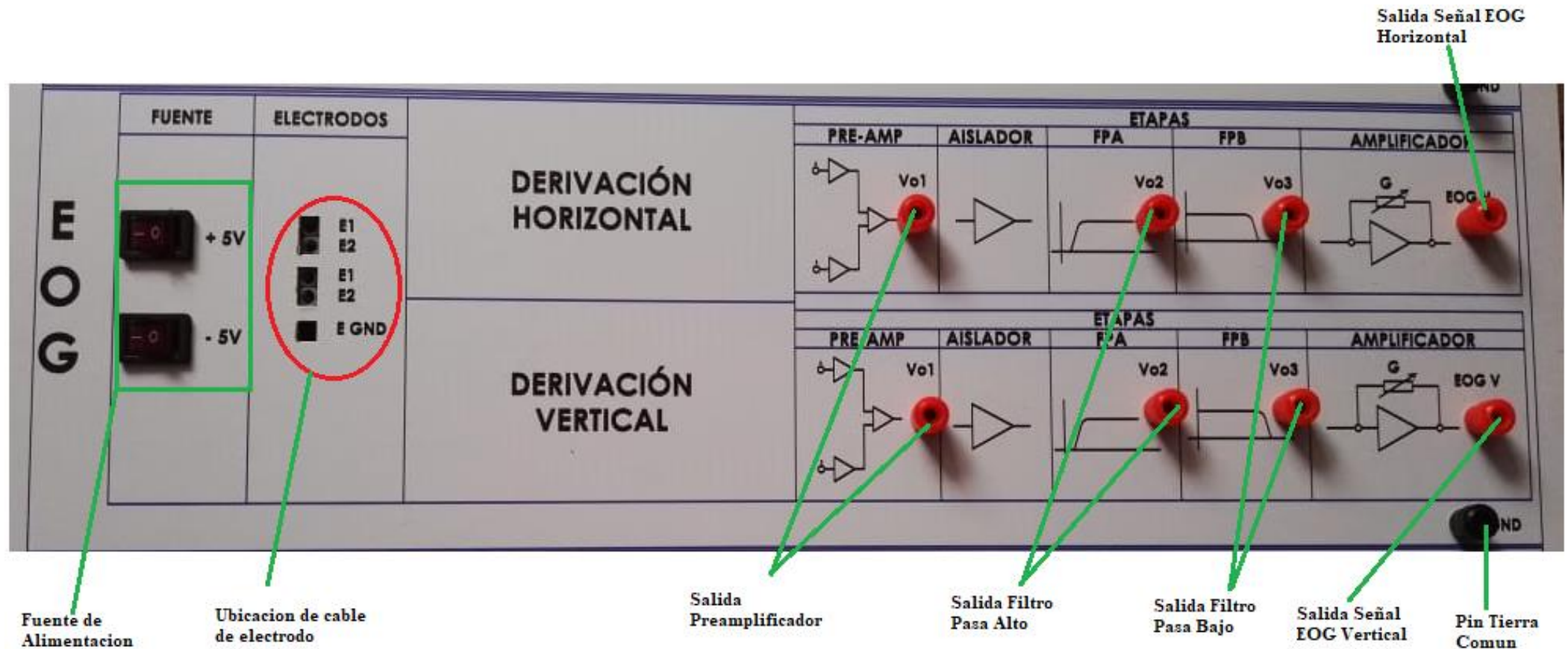


Conexión de electrodos



# RESULTADOS

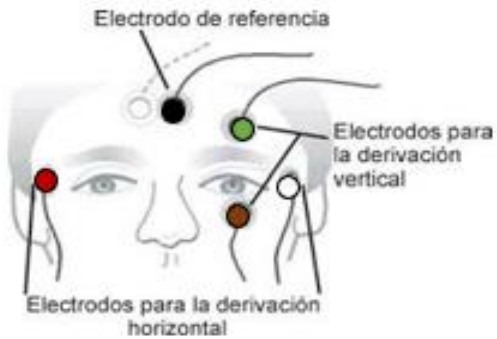
## PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES BIOELÉCTRICAS – FORMAS DE ONDA



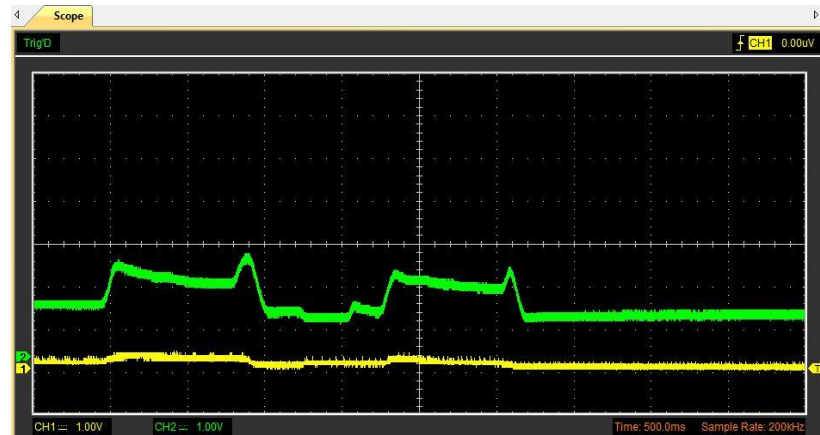
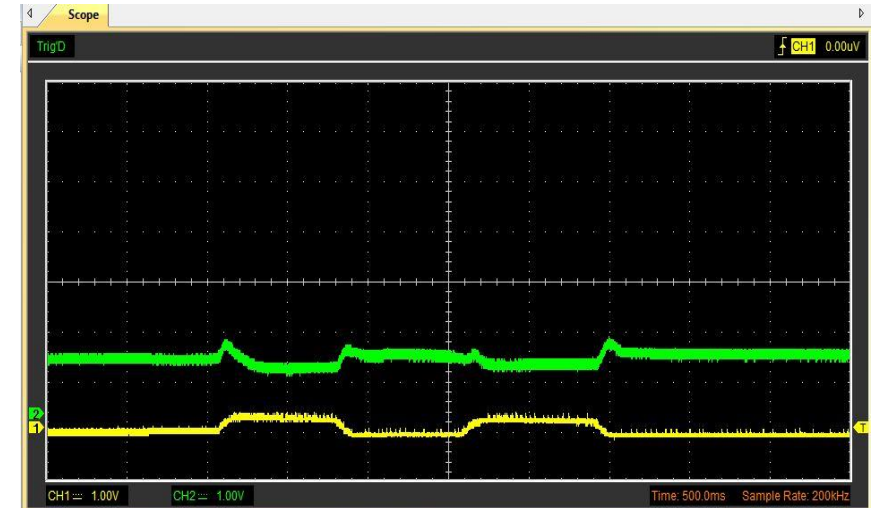
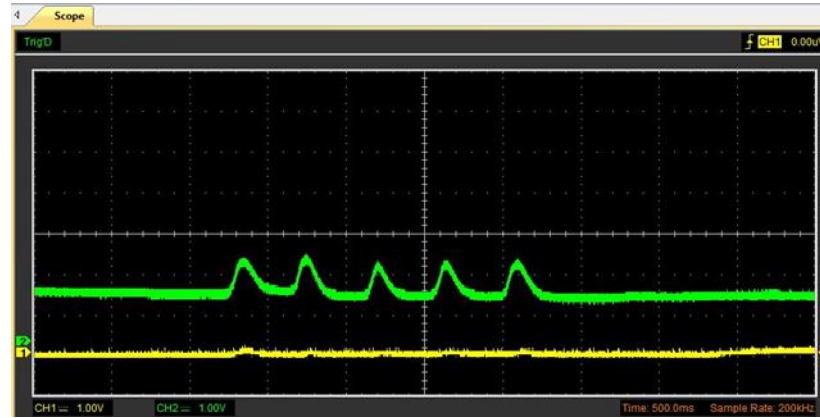
# RESULTADOS

## PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES BIOELÉCTRICAS – FORMAS DE ONDA

### ELECTROOCULOGRAMA (EOG)

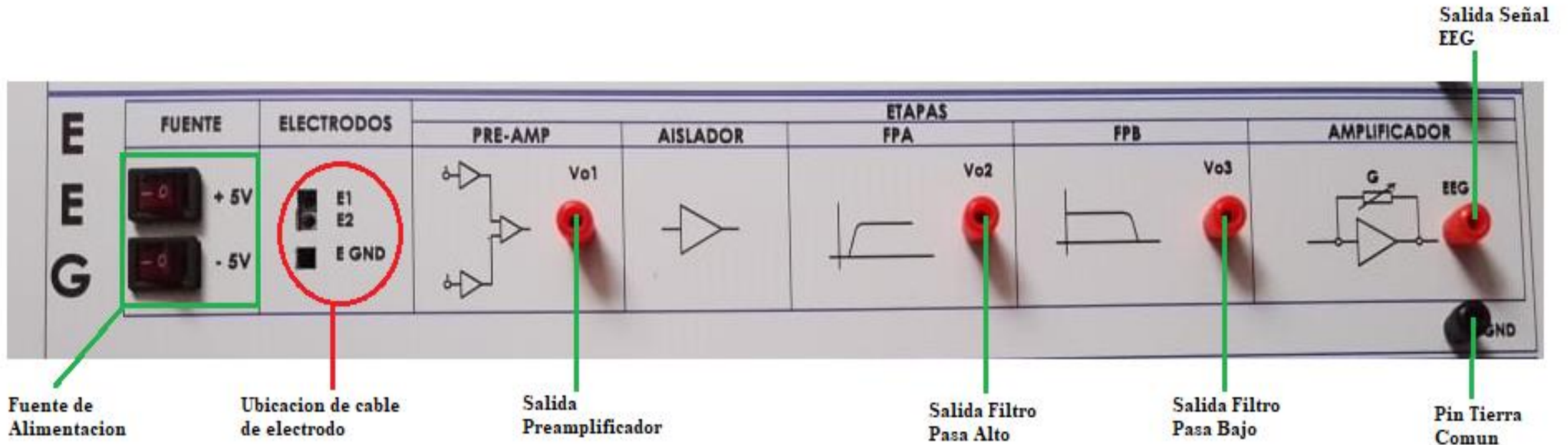


Conexión de electrodos



# RESULTADOS

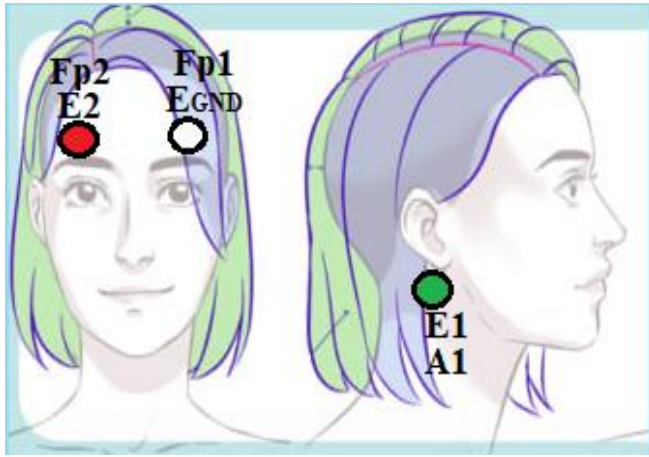
## PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES BIOELÉCTRICAS – FORMAS DE ONDA



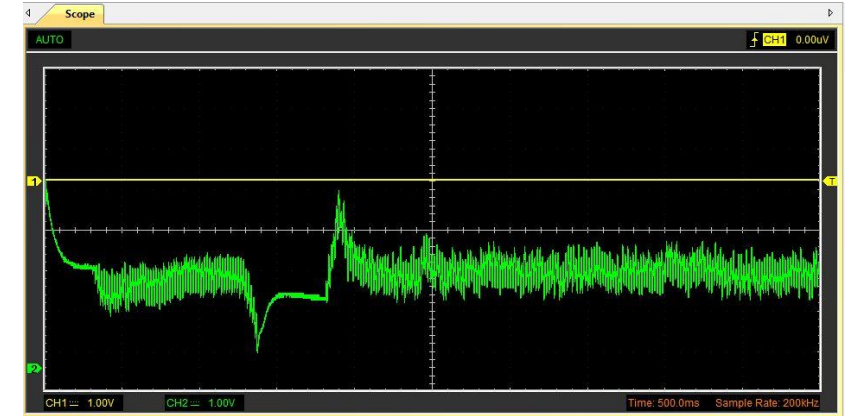
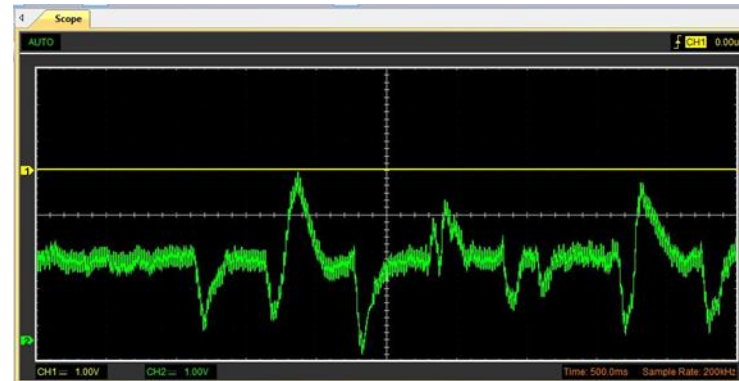
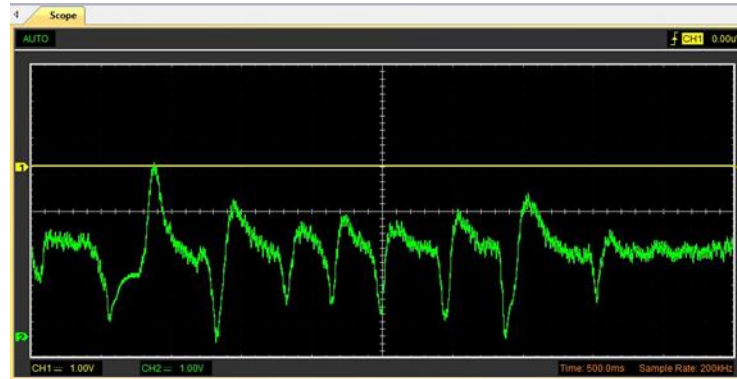
# RESULTADOS

## PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES BIOELÉCTRICAS – FORMAS DE ONDA

### ELECTROENCEFALOGRAMA (EEG)

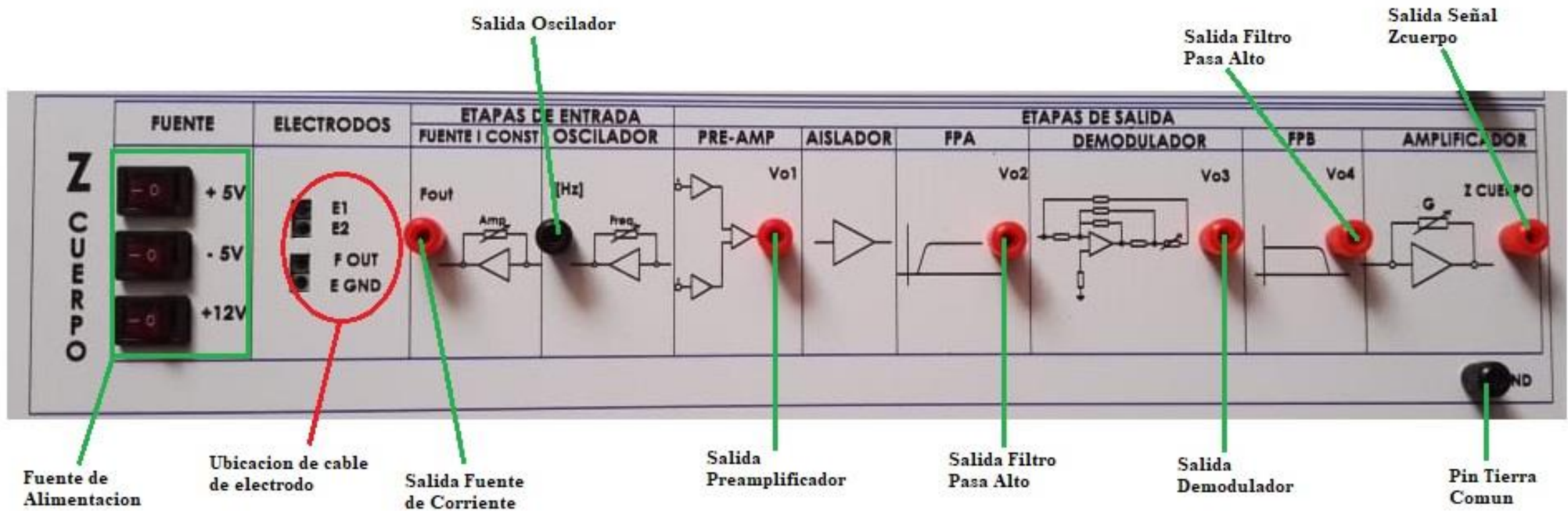


Conexión de electrodos



# RESULTADOS

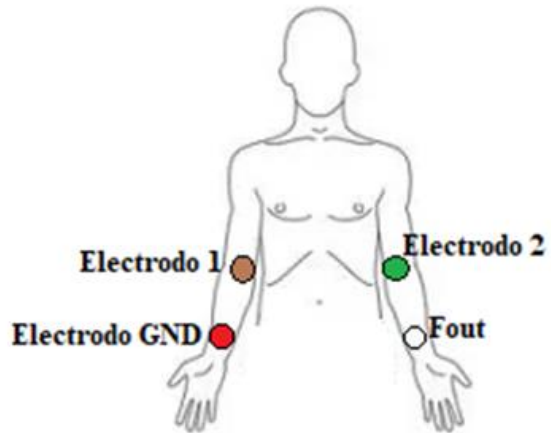
## PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES BIOELÉCTRICAS – FORMAS DE ONDA



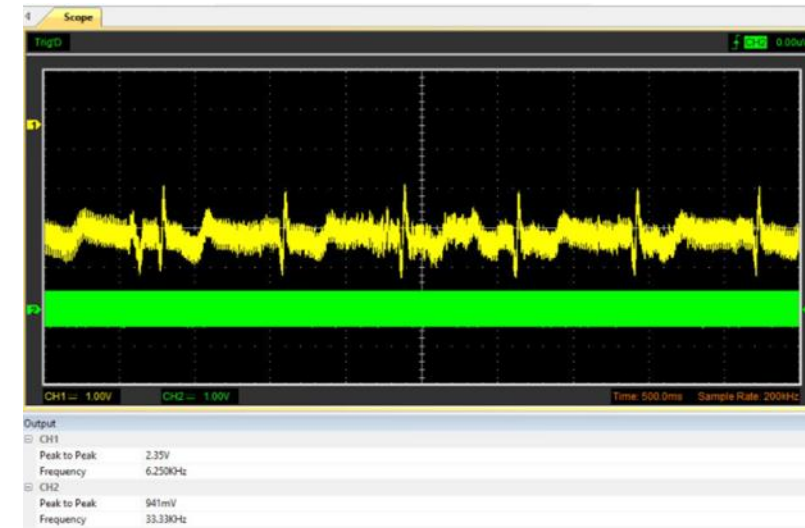
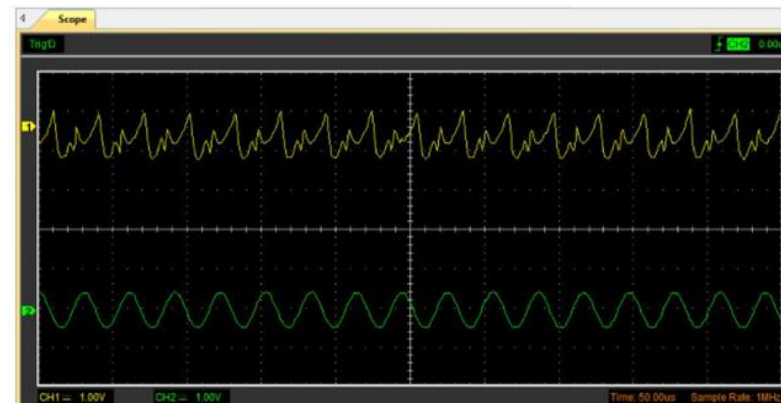
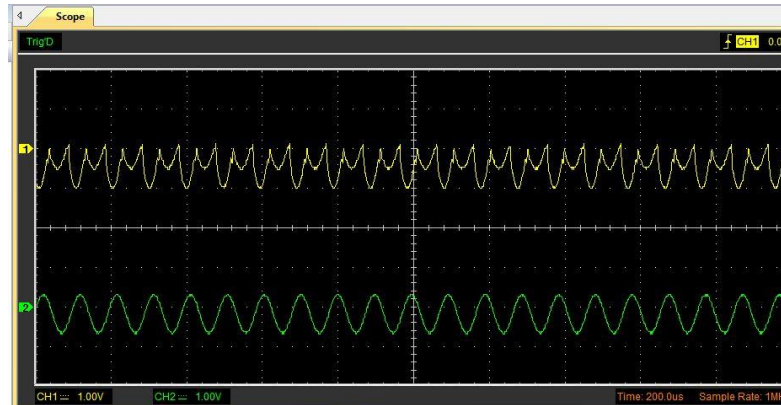
# RESULTADOS

## PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES BIOELÉCTRICAS – FORMAS DE ONDA

### IMPEDANCIA DEL CUERPO (ZCUERPO)



Conexión de electrodos



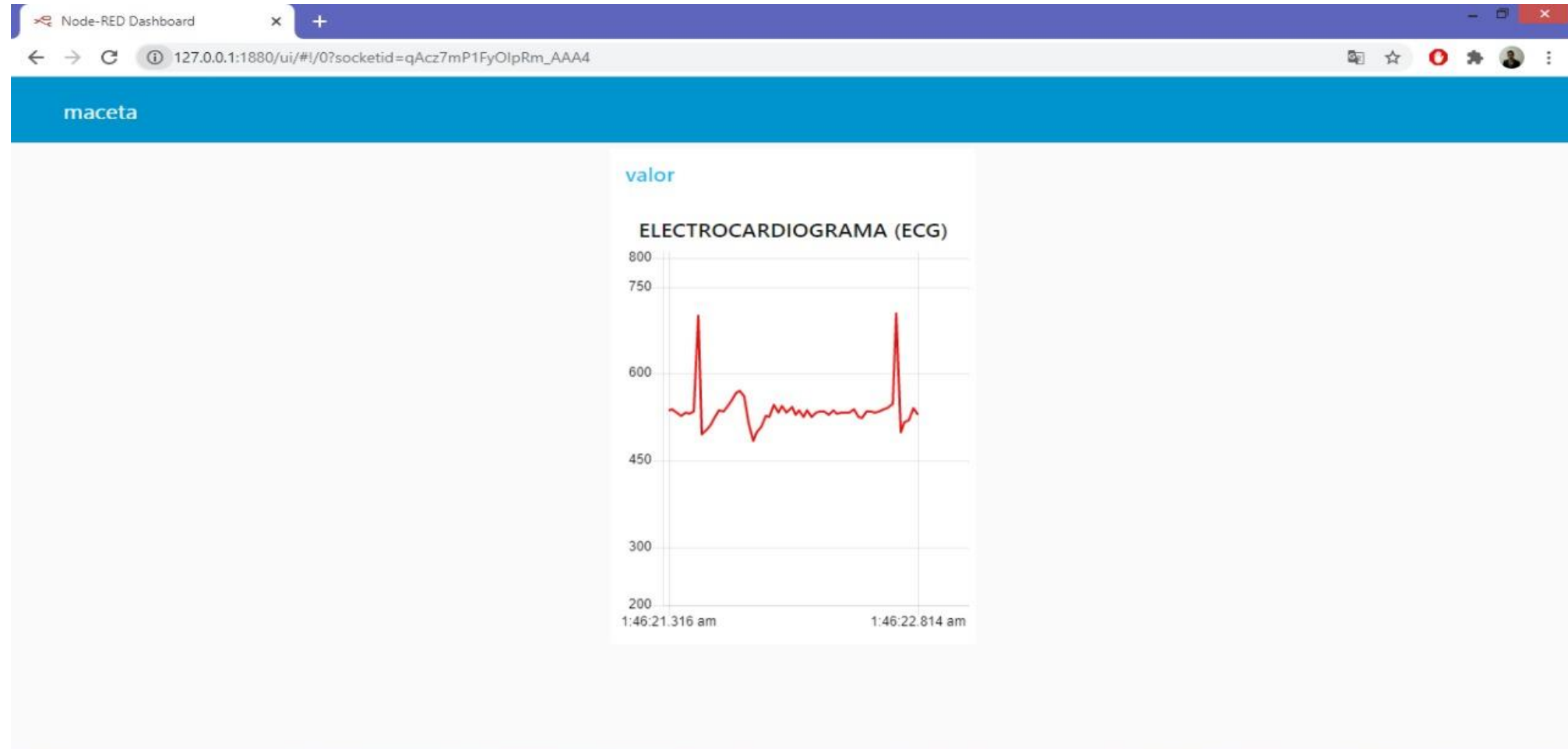
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



# PLATAFORMA IoT

NODO – RED

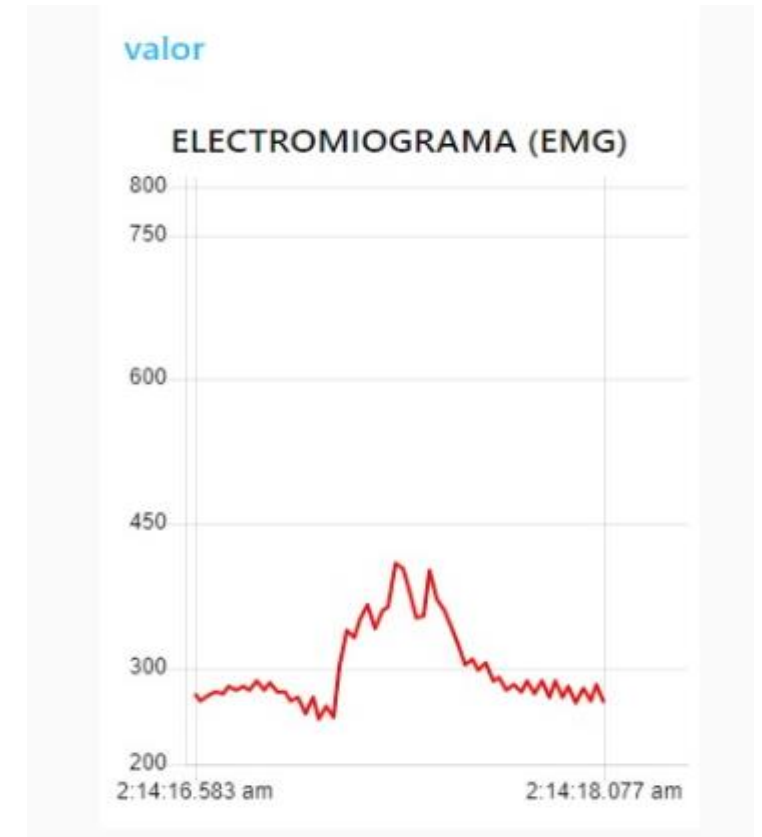
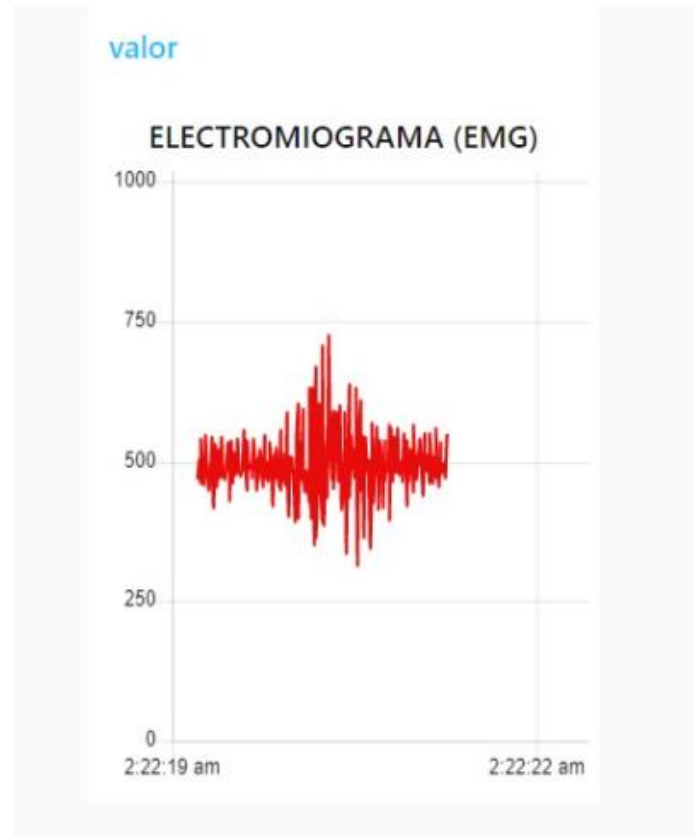
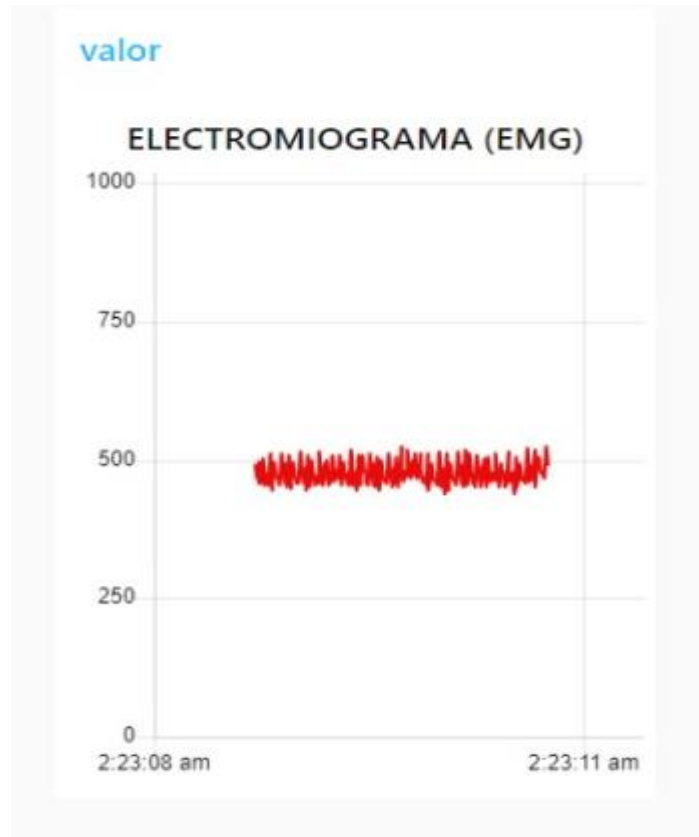
DASHBOARD



# PLATAFORMA IoT

NODO – RED

DASHBOARD

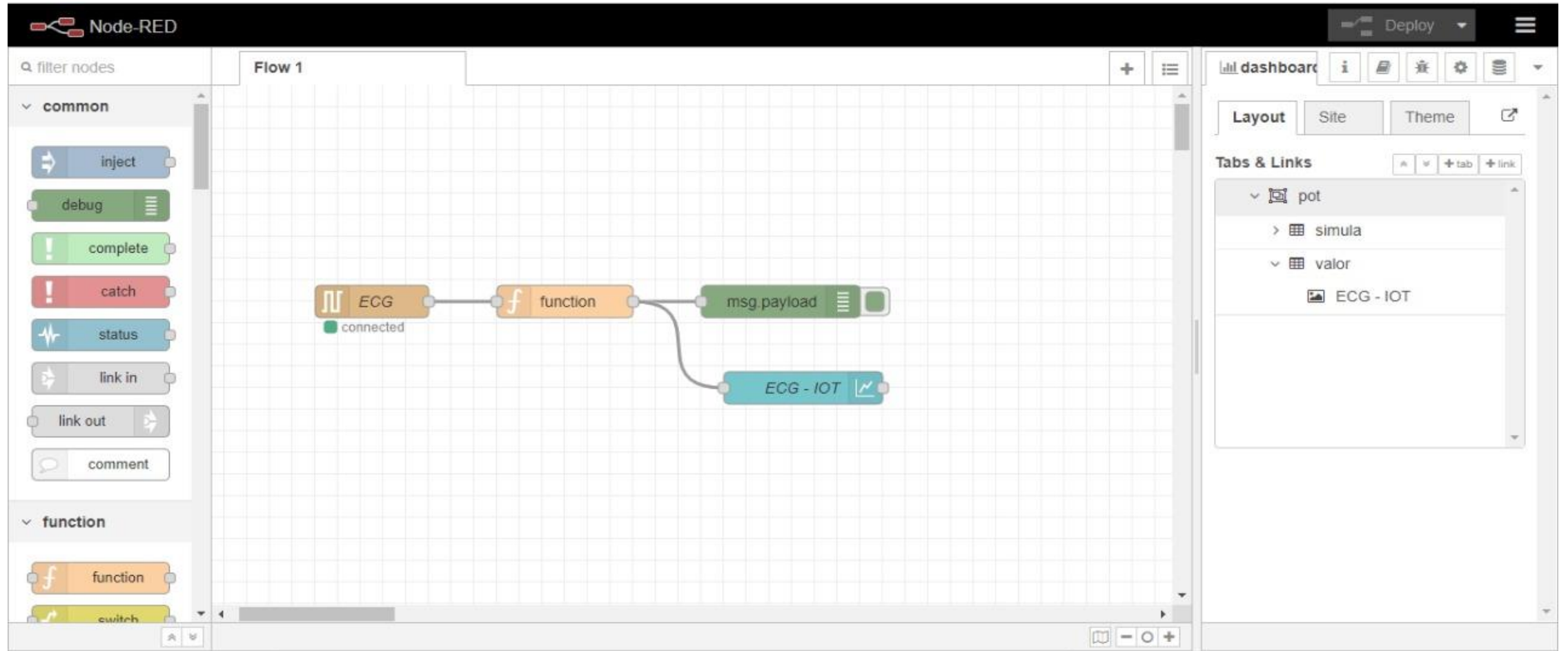


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# PLATAFORMA IoT

## NODO – RED

### DIAGRAMA DE FLUJOS



# PLATAFORMA IoT

## NODO – RED

### DIAGRAMA DE FLUJOS

**Edit function node**

Delete Cancel Done

**Properties**

Name Name

Setup **Function** Close

```
1 var lectura= parseInt(msg.payload);
2 msg.payload = lectura;
3 return msg;
```

Outputs 1

Enabled

# PLATAFORMA IoT

## NODO – RED

### DIAGRAMA DE FLUJOS

**Edit chart node**

Delete Cancel Done

**Properties**

Group [pot] valor

Size 6 x 8

Label ELECTROCARDIOGRAMA (ECG)

Type Line chart  enlarge points

X-axis last 1 minute: OR 60 points

X-axis Label automatic  as UTC

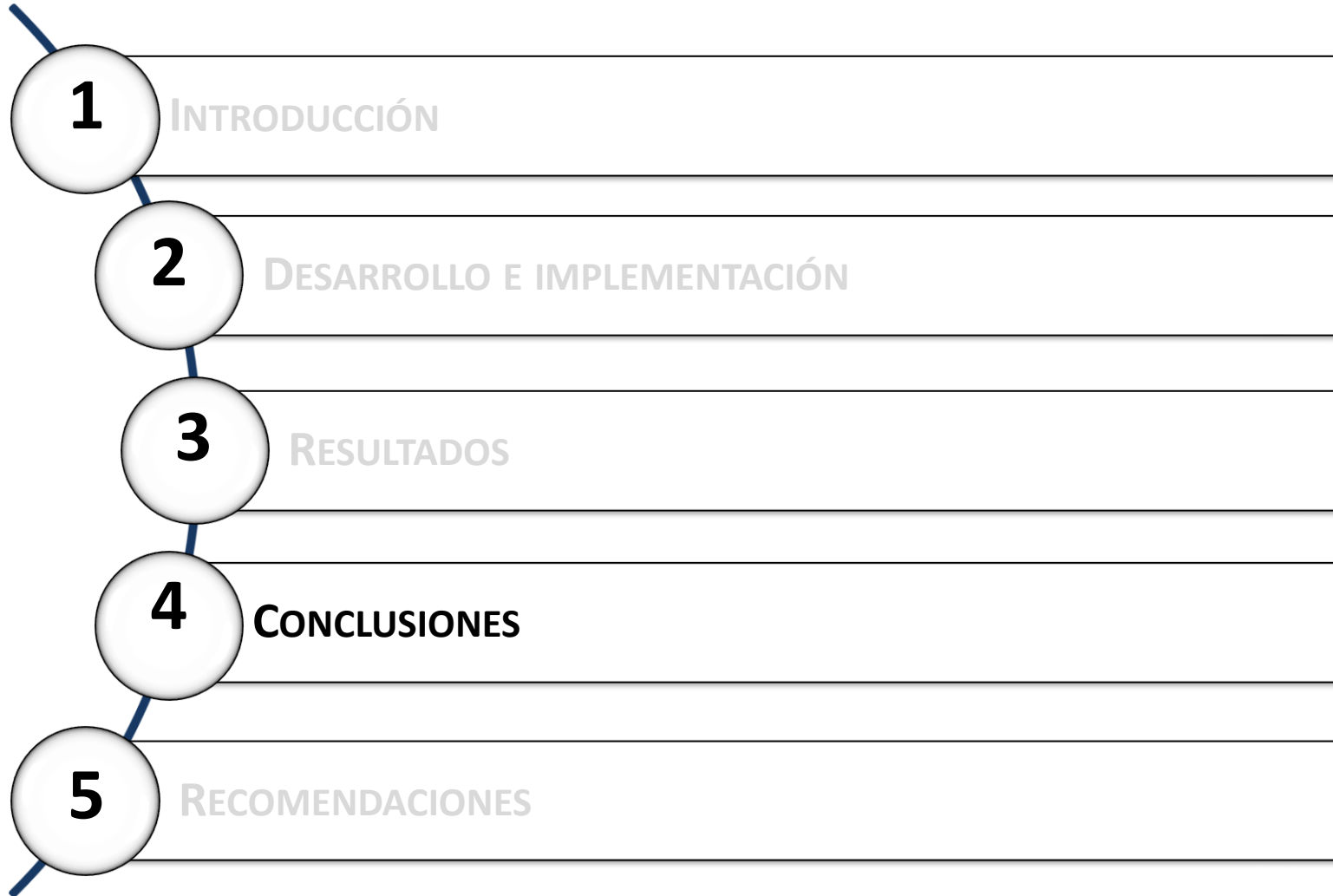
Y-axis min 200 max 800

Legend None Interpolate linear

Series Colours

Enabled

# AGENDA



# CONCLUSIONES

- Se implemento un módulo IoT utilizando una tarjeta Raspberry Pi 3 B+, que tiene incluido un dispositivo Wi – Fi, ya la tarjeta no posee pines analógicos que reciban los datos, se empleó una tarjeta Arduino, el cual adquiere las señales y mediante un cable USB, se envía a la Raspberry Pi 3 B+, este a su vez envía los datos a la plataforma IoT Node – Red, mediante el protocolo QMTT, que se basa en el método de publicar y suscribir.
- Para la implementación de equipos médicos didácticos es fundamental tener conocimientos del principio fisiológico para evitar datos erróneos al realizar la lectura de datos e interpretar la señal de ruido como información útil.
- Las señales bioeléctricas tienen una amplitud muy pequeña por lo que es necesario diseñar una etapa de pre amplificación, donde se empleó amplificadores de instrumentación, por tener una alta impedancia a la entrada, permitiendo obtener la señal propia del cuerpo.

## CONCLUSIONES

- El bienestar de los individuos que van a ser sujetos a pruebas mediante el uso del módulo didáctico es de vital importancia, por lo tanto, el módulo didáctico es diseñado para trabajar con un voltaje mínimo el cual no es dañino para la salud.
- La aplicación IoT es primordial para que varios dispositivos estén interconectados de acuerdo a los puntos de acceso que posea y a la red de datos que está disponible para cumplir con el objetivo de que cada usuario disfrute de la aplicación en su dispositivo propio.
- Una forma de verificar el funcionamiento del módulo didáctico es el desarrollo de pruebas de acuerdo a la teoría de la asignatura de Instrumentación Biomédica, además, de comentarios de un especialista respecto a las señales bioeléctricas adquiridas por el equipo.



# AGENDA



# RECOMENDACIONES

- La investigación bibliográfica debe realizarse asistiendo a fuentes confiables, repositorios de universidades, paginas académicas, revistas, libros electrónicos y papers, los cuales proporcionen información óptima y sustentable para el desarrollo del trabajo.
- Es necesario aislar el circuito de procesamiento de la señal bioeléctrica de la tarjeta de adquisición, por consiguiente, se realizó un circuito de aislamiento con la finalidad de evitar la conexión directa.
- Tomar una posición cómoda al sentarse, limpiarse el área de medición con alcohol, evitar el uso de teléfonos celulares, evitar poseer cosas metálicas cerca del cuerpo, son indicaciones que se deben aplicar al momento de realizar las medidas, así evitar mediciones erróneas.

# RECOMENDACIONES

- Utilizar electrodos nuevos en cada prueba a realizar, ubicarlos correctamente como se especifica en el manual detallado en el Anexo 1.
- La posición y orientación de los electrodos tiende a ser un aspecto fundamental al obtener la señal del electromiograma debido a la variación que presenta de acuerdo a la ubicación de los mismos dentro del musculo objeto de análisis.
- Es necesario implementar un circuito offset, para que las señales recibidas se visualicen en el segmento positivo, esto es importante ya que el módulo Arduino solo puede recibir voltajes desde 0 a 5V, así se evitaría daños o a su vez perdida del módulo.

# GRACIAS

