

Alejandro Daniel Copati  
acopati@itba.edu.ar

Tomás Hilaire  
thilaire@itba.edu.ar

En este trabajo se estudio la forma de fabricar un electrocardiógrafo, un equipo que se utiliza para medir la despolarización del corazón en forma de señales cardiacas de un paciente, mediante tres electrodos conectados a sus extremidades. Posterior a la captura, amplificación y digitalización, se realizará un estudio de la señal en tiempo real para detectar cardiopatías, frecuencia cardíaca, y otros parámetros relevantes al estudio.

## Principio de funcionamiento

Un electrocardiograma (ECG) es la medición y la representación gráfica, con respecto al tiempo, de las señales eléctricas asociadas a la polarización y despolarización de los tejidos cardíacos. A partir de estas señales registradas es posible monitorear el ritmo cardíaco e identificar diferentes enfermedades del corazón. Por su sencillez y bajo costo en una de las técnicas de diagnóstico más utilizadas.

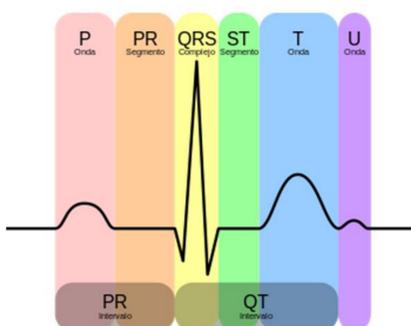
Todos los ECGs detectan señales cardiacas mediante el uso de electrodos (invasivos o no invasivos) conectados en lugares específicos del paciente. Las señales registradas corresponden a las diferencias de tensión causadas por los potenciales de acción de las células cardiacas durante la contracción y relajación auricular y ventricular, las mismas se encuentran en el rango de los milivolts de amplitud. Dependiendo de la ubicación de los electrodos es posible observar la actividad cardíaca desde diferentes ángulos, un electrocardiograma puede realizarse con diferente cantidad de electrodos permitiendo obtener más información de la actividad de ser necesario, aunque los convencionales utilizan 10 para lograr 12 derivaciones distintas.

## Señal cardíaca

La forma clásica de señal cardíaca está compuesta por varios intervalos importantes a analizar:

### Complejo QRS

El complejo QRS es la representación gráfica de la despolarización de los ventrículos del corazón formando una estructura picuda en el electrocardiograma. El complejo QRS aparece después de la onda P y, por tener los ventrículos más masa que las aurículas cardiacas, el complejo QRS es de mayor tamaño que la onda P. Adicional a ello, gracias a que el sistema His/Purkinje es una red de tejido altamente especializada, coordina la despolarización de los ventrículos a una velocidad de conducción muy elevada y, como consecuencia, las ondas del complejo QRS tienden a ser muy angostas y en forma de pico, en vez de redondeadas.



Un complejo QRS normal tiene una duración entre 0.06 y 0.10 s (60 a 100 milisegundos) y un voltaje no mayor de 3,5 mV.

## Metodología

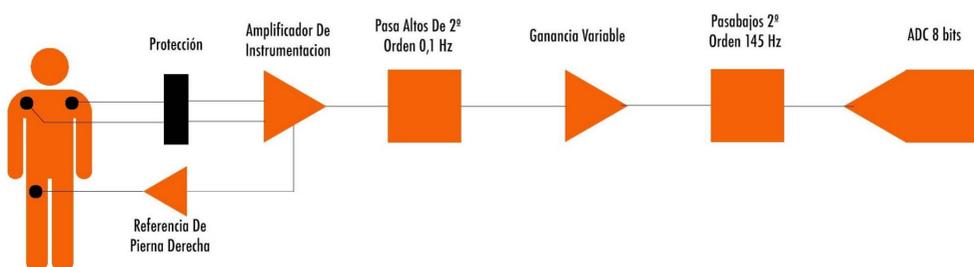
La etapa de adquisición de señal fisiológica depende de tres electrodos descartables superficiales que se colocan sobre el paciente. De acuerdo con las derivaciones utilizadas (D1, entre brazo derecho y brazo izquierdo, D2, entre brazo derecho y pie izquierdo y D3, entre brazo izquierdo y pie izquierdo), dos de los electrodos son de medición y el tercero, en la pierna derecha, actúa de referencia.

El pre-procesamiento analógico filtra y amplifica la señal fisiológica a través de amplificadores operacionales y de instrumentación. La tensión de alimentación (5V) del hardware es suministrada por la placa Arduino Mega.

En la etapa de digitalización se utiliza el conversor analógico digital (ADC) de Arduino para la comunicación entre el hardware y la computadora.

## Implementación

A continuación se presenta un diagrama de la ejecución práctica del trabajo:



Las señales fisiológicas adquiridas son procesadas tanto analógica como digitalmente en las siguientes etapas:

## Filtrado

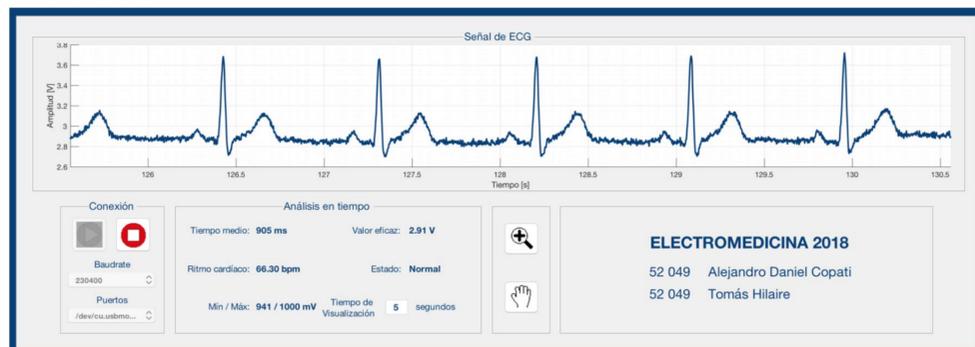
El objetivo es eliminar artefactos típicamente asociados a la adquisición de las señales fisiológicas

- Pasabajos para eliminar los ruidos fisiológicos,
- Pasaaltos para eliminar las componentes de HF,
- Notch digital para eliminar el ruido de linea.

## Análisis Morfológico

- Detección de complejos QRS, Algoritmo Pan & Tompkins,
- Heart Rate Variability (HVR),
- Detección de arritmias cardiacas.

## Resultados



### Derivación I



### Derivación III



## Agradecimientos

Al ITBA por proporcionarnos los materiales y conocimientos para el desarrollo del proyecto.

Al profesor Damián Garayalde por su enseñanza y a Luciana Montivero por su ayuda.