



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO  
CARRERA DE BIOMEDICINA**

**COMPENDIO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE BIOINSTRUMENTACIÓN  
PARA LA CARRERA DE BIOMEDICINA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERA BIOMÉDICA**

**AUTOR: SOFIA ALEJANDRA LLORE QUEZADA**

**TUTOR: Ph.D. FABIÁN RODRIGO NARVÁEZ ESPINOZA**

**Quito-Ecuador**

**2024**

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Yo, Sofia Alejandra Llore Quezada con documento de identificación N° 1725912776 manifesté que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 22 de febrero del año 2024

Atentamente,



-----  
Sofía Alejandra Llore Quezada  
1725912776

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Sofia Alejandra Llore Quezada con documento de identificación No. 1725912776, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Proyecto Técnico: “Compendio de prácticas de laboratorio de bioinstrumentación para la carrera de Biomedicina”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Biomédica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de febrero del año 2024

Atentamente,



-----  
Sofia Alejandra Llore Quezada  
1725912776

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Fabián Rodrigo Espinoza Narvárez con documento de identificación N° 0103674677, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Compendio de prácticas de laboratorio de bioinstrumentación para la carrera de Biomedicina realizado por Sofia Alejandra Llore Quezada con documento de identificación N° 1725912776, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 22 de febrero del año 2024

Atentamente,



-----  
Ph. D Fabián Rodrigo Espinoza Narvárez

0103674677

# Dedicatoria

A mí mismo, por la perseverancia en los momentos difíciles. Aprendí que cada desafío es una oportunidad para crecer

"Si puedes imaginarlo puedes programarlo"

Alejandro Taboada

## Resumen

El presente trabajo presenta un compendio de prácticas de laboratorio de Bioinstrumentación para la carrera de Biomedicina de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Este compendio reúne un conjunto de temas tratados durante la aplicación del plan analítico de la asignatura de Bioinstrumentación. Las prácticas propuestas se han diseñado para fortalecer los resultados de aprendizaje e indicadores de logro contemplados durante los procesos de enseñanza-aprendizaje de dicha asignatura. Para tal efecto, las prácticas han sido elaboradas mediante el uso de recursos tecnológicos, tanto de software como hardware disponibles en el laboratorio de Bioinstrumentación pertenecientes al área de ciencias de la vida. Particularmente, las prácticas se han diseñado para fortalecer el conocimiento empleado para la adquisición, procesamiento, y visualización de las bioseñales como un ejercicio propio del área de la ingeniería Biomédica. Por otro lado, cada práctica propuesta ha sido elaborada para potenciar las habilidades requeridas para el diseño, desarrollo, implementación y validación de tecnologías sanitarias incluidas dentro del área del procesamiento de bioseñales e instrumentación médica. Es por eso que, el diseño de las prácticas se han soportado mediante el uso de varias componentes de hardware y simuladores usadas en áreas de las ingenierías, así como en ciencias de la vida, respectivamente, entre estas: un módulo adquisición y visualización de bioseñales, que incluye diferentes tipos de sensores, conocido como IX-TA-220 de la empresa iWorx, diferentes módulos de sistemas embebidos, como la conocida plataforma Arduino. Además, algunas prácticas desarrolladas se han soportado mediante el uso de plataformas informáticas y simuladores como son: Matlab, Proteus y Tinkercad, respectivamente, de acuerdo a la naturaleza y nivel de complejidad de la práctica.

De igual manera, este trabajo proporciona la fundamentación teórica de los contenidos considerados en la asignatura, para que sea complementado y asociado con el componente práctico, asimismo es complementado con una aplicación práctica de estos fundamentos teóricos, lo que constituyen en dos actividades del componente práctico relacionadas a un tema académico particular según el plan analítico de la asignatura. El mismo que está estructurado en 4 unidades fundamentales. Por lo tanto, este compendio resulta en 13 prácticas para ser ejecutadas durante un periodo académico. Cada práctica propuesta, fue previamente desarrollada y evaluada para su ejecución con los estudiantes. Los resultados obtenidos fueron validados respecto a los resultados mínimos de aprendizaje exigidos por la asignatura.

Finalmente, el trabajo presenta los formatos adecuados para que las prácticas sean ejecutadas por los estudiantes, como un formato estandar para el laboratorio.

**Palabras clave:** Laboratorio de Bioinstrumentación, prácticas con iWorx, Adquisición de Bioseñales, Arduino para Bioinstrumentación, Electrofisiología.

# Abstract

The present work presents a compendium of laboratory practices in Bioinstrumentation for the Biomedicine program at the Salesian Polytechnic University, Quito Campus. This compendium brings together a set of topics addressed during the implementation of the analytical plan of the Bioinstrumentation course. The proposed practices have been designed to reinforce the learning outcomes and achievement indicators contemplated during the teaching-learning processes of the course. For this purpose, the practices have been developed using technological resources, both software and hardware, available in the Bioinstrumentation laboratory belonging to the life sciences area. Particularly, the practices have been designed to strengthen the knowledge used for the acquisition, processing, and visualization of biosignals as an exercise specific to the Biomedical Engineering field. On the other hand, each proposed practice has been elaborated to enhance the skills required for the design, development, implementation, and validation of healthcare technologies included within the field of biosignal processing and medical instrumentation. Therefore, the design of the practices has been supported by the use of various hardware components and simulators used in engineering areas, as well as in life sciences, respectively, including: a biosignal acquisition and visualization module, which includes different types of sensors, known as IX-TA-220 from the company iWorx, different modules of embedded systems, such as the well-known Arduino platform. Additionally, some developed practices have been supported by the use of computer platforms and simulators such as Matlab, Proteus, and Tinkercad, respectively, according to the nature and level of complexity of the practice.

Similarly, this work provides the theoretical foundation of the contents considered in the course, to be complemented and associated with the practical component, also complemented with a practical application of these theoretical foundations, which constitute two activities of the practical component related to a particular academic topic according to the analytical plan of the course. The same is structured into 4 fundamental units. Therefore, this compendium results in 13 practices to be carried out during an academic period. Each proposed practice was previously developed and evaluated for execution with the students. The results obtained were validated regarding the minimum learning outcomes required by the course. Finally, the work presents the appropriate formats for the practices to be carried out by the students, as a standard format for the laboratory.

**Palabras clave: Bioinstrumentation Laboratory, practices with iWorx, Biosignal Acquisition, Arduino for Bioinstrumentation, Electrophysiology.**

# Contenido

<b>Agradecimientos</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen</b>	<b>xi</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Justificación	2
1.2. Importancia y Alcance	4
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
<b>2. Capítulo 1</b>	<b>5</b>
2.1. Unidad 1: Electrodo para Biopotenciales	5
2.1.1. Electrodo de Biopotencial	6
2.1.2. Origen de las señales bioeléctricas	8
2.1.3. Potenciales de acción y despolarización celular	8
2.1.4. Transmisión de Señales	8
2.1.5. Electrodo y polarización.	9
2.1.6. Velocidad de transmisión neuronal	9
2.1.7. Transmisión neuronal captación por medio de Electromiograma.	10
2.1.8. Tipos de electrodo y arreglos de electrodo.	11
2.2. Unidad 2: Circuitos de acondicionamiento para señales biomédicas y sus aplicaciones.	12
2.2.1. Amplificador operacional	12
2.2.2. Estructura Interna y funcionamiento	13
2.2.3. Parámetros de un amplificador	13
2.2.4. Fundamentos de amplificadores de bioinstrumentación	13
2.2.5. Configuración de un amplificador de Bioinstrumentación	14
2.2.6. Técnicas de tratamiento y reducción de Ruido	15
2.3. Unidad 3: Microcomputadores en instrumentación biomédica	15
2.3.1. Sistema Embebido	15
2.3.2. Señal Analógica	16
2.3.3. Señal Digital	16
2.3.4. Interfaces graficas en Matlab	17

2.4.	Unidad 4 - Seguridad eléctrica en bioinstrumentos . . . . .	17
2.4.1.	Norma IEC 60601-1 . . . . .	18
2.4.2.	Seguridad eléctrica en bioinstrumentos . . . . .	18
2.4.3.	Diseño de circuitos de protección y reducción de interferencia en bio- instrumentos . . . . .	19
2.4.4.	Seguridad Eléctrica y el cuerpo humano . . . . .	19
2.4.5.	Aislamiento . . . . .	20
2.5.	Elementos Pedagógicos . . . . .	20
2.5.1.	iWorx Systems . . . . .	20
2.5.2.	Matlab . . . . .	24
2.5.3.	Proteus . . . . .	24
2.5.4.	Tinkercad . . . . .	25
2.5.5.	Multímetro . . . . .	25
2.5.6.	Osciloscopio . . . . .	26
2.5.7.	Generador de señales . . . . .	27
<b>3.</b>	<b>Capítulo 2:</b>	
	<b>Diseño e implementación de las guías de Laboratorio</b>	<b>29</b>
3.1.	Metodología . . . . .	29
3.1.1.	Unidad 1: Electrodo para biopotencial . . . . .	29
3.1.2.	Unidad 2: Circuitos de acondicionamiento para señales biomédicas y sus aplicaciones. . . . .	31
3.1.3.	Unidad 3: Microcomputadores en instrumentación biomédica . . . . .	34
3.1.4.	Unidad 4: Seguridad eléctrica en bioinstrumentos . . . . .	36
<b>4.</b>	<b>Capítulo 3</b>	<b>38</b>
4.1.	Resultados . . . . .	38
4.1.1.	Electrodos parabiopotenciales . . . . .	38
4.1.2.	Circuitos de condicionamiento para señales biomédicas y sus aplicaciones. . . . .	39
4.1.3.	Microcomputadores en instrumentación biomédica . . . . .	41
4.1.4.	Seguridad eléctrica en bioinstrumentos . . . . .	42
4.2.	Conclusiones . . . . .	42
4.3.	Recomendaciones . . . . .	43
<b>A.</b>	<b>Anexo: Plan analítico de la asignatura de Bioinstrumentación</b>	<b>45</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo: Velocidad de conducción nerviosa</b>	<b>51</b>
<b>C.</b>	<b>Anexo: Evaluación de la función cardiovascular por medio de electrocardio- grama y la función cerebral por medio del electroencefalograma</b>	<b>68</b>

---

D. Anexo: Adquisición de la onda de Presión arterial y circulación periférica	90
E. Anexo: Amplificadores operacionales empleando en el simulador proteus	100
F. Anexo: Aplicaciones de amplificadores operacionales	110
G. Anexo: Amplificadores de Bioinstrumentación	118
H. Anexo: Análisis y acondicionamiento de señales electromiografía	128
I. Anexo: Filtros activos empleando la simulación en proteus	140
J. Anexo: Sistemas embebidos y conversores ADC	151
K. Anexo: Sistemas embebidos para bioinstrumentación con arduino e iworx	159
L. Anexo: Visualización de señales con Matlab y AppDesigener	169
M. Anexo: Sistemas de seguridad y aislamiento eléctricos en bioinstrumentación (optoacopladores)	186
N. Anexo: Sistemas de seguridad y aislamiento eléctrico en bioinstrumentación con la norma IEC 660601-1	193
Bibliografía	212

# 1. Introducción

La formación y entrenamiento de nuevos ingenieros biomédicos exige un adecuado nivel de conocimientos y destrezas para la adquisición, procesamiento y visualización de señales fisiológicas de naturaleza endógenas o exógenas, las que determinan el estado de salud humana en ambientes clínicos y hospitalarios. Estas señales proporcionan información certera para la emisión de posibles diagnósticos. Es por eso que la bioinstrumentación es un área de conocimiento necesaria dentro de la formación en el campo de la Biomedicina. Un conocimiento avanzado capacita a los ingenieros biomédicos para el desarrollo de nuevas tecnologías sanitarias para uso diagnóstico, tal es el caso de los equipos clínicos de Electromiografía (EMG), electrocardiografía (ECG), electroencefalografía (EEG), entre otros. Estos sistemas comienzan con la adquisición de los biopotenciales generados a nivel celular, para luego preamplificar y adecuar estas señales en términos de variables físicas, como son los voltajes y corrientes que circulan en el cuerpo. Entonces es necesario un proceso de filtrado para mejorar la señal y con las diferentes técnicas de procesamiento de señales se almacena o visualiza esta información para que sea usada con fines diagnósticos y pronósticos. Este ciclo general de procesamiento de la información fisiológica de los pacientes, requiere un conocimiento avanzado, tanto en software como en hardware, para el diseño, implementación, validación de tecnologías sanitarias presentes en escenarios clínicos reales y centros hospitalarios.

La carrera de Biomedicina de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, dentro de su malla curricular incluye la asignatura de Bioinstrumentación, para proporcionar los fundamentos teóricos con aspectos prácticos relacionados con el ciclo general de procesamiento de señales fisiológicas. Es por eso que, un entrenamiento práctico consolida los conocimientos teóricos en los estudiantes, mejora sus habilidades para el manejo de tecnologías sanitarias y les capacita para utilizar dispositivos de medición comerciales y técnicas de análisis propias de la ingeniería Biomédica. Este entrenamiento práctico se logra realizando actividades de laboratorios, así los estudiantes mejoran su aprendizaje mediante la resolución de problemas.

En términos generales, la bioinstrumentación exige conocimientos de electrónica para medir parámetros fisiológicos y mejorar la atención en el ámbito de la salud. La enseñanza efectiva de esta área se consolida a través de diversos métodos pedagógicos, siendo el desarrollo de proyectos prácticos una herramienta útil. Esta actividad práctica brinda la confianza necesaria para abordar los desafíos del diseño de dispositivos biomédicos. La inclusión de instrumentos virtuales, como (tablas, gráficos, texto, audio y video), enriquece la experiencia de

aprendizaje al proporcionar otro enfoque práctico y visual para comprender los componentes individuales de instrumentación biomédica.

Para alcanzar un nivel de pensamiento crítico, es necesario que los estudiantes enfoquen su aprendizaje hacia la comprensión profunda de los temas, principios y aplicaciones centrales de la bioinstrumentación. Además, con la aplicación de métodos para amplificar y filtrar dichas señales, constituyen una parte integral de este proceso de aprendizaje [Andritoi et al., 2019]. Es por eso que la integración de prácticas de laboratorio con esquemas y circuitos electrónicos reales refuerza de estos conocimientos, asegurando la calidad y seguridad en el diseño de dispositivos biomédicos. Este enfoque fortalece la enseñanza y prepara a los estudiantes para afrontar situaciones del mundo real, relacionado con la tecnología médica y la atención al paciente.

Por otro lado, existen plataformas didácticas que incluyen componentes de software y hardware, tal es el caso especial de los sistemas desarrollados por la empresa iWorx. Esta plataforma de aprendizaje incluye el uso de biosensores junto a componentes de microelectrónica, lo cual los convierte en un método eficaz gracias al conjunto de posibilidades que brinda el kit de enseñanza iWorx. Por citar un ejemplo, el hardware con que cuenta, está conformado por 3 canales de entrada para adquisición de biopotenciales y uno de salida para procesamiento de señales de manera externa [Griffin, 2003]. Este hardware se complementa con un software (LabScribe) de adquisición compatible con la computadora, que ofrece diversas opciones para la adquisición y análisis de señales, facilitando la aplicación de instrumentos tanto entornos teóricos como prácticos, con una amplia gama de sensores y transductores.

Por lo tanto, esta plataforma didáctica brinda a los estudiantes un marco interactivo ajustado a cumplir los objetivos de aprendizaje [Griffin, 2003]. Así, la incorporación de iWorx en los laboratorios de bioinstrumentación favorece a la experiencia y aprendizaje en el laboratorio.

Sin embargo, a pesar que la bioinstrumentación comprende una amplia gama de áreas de aplicación, se requiere de conocimientos básicos en temas específicos con herramientas necesarias para abordar los desafíos actuales y futuros en el ámbito de la salud, por lo que se requiere de herramientas complementarias que no se incluyen en algunas plataformas de aprendizaje.[Bazil et al., 2006]

## 1.1. Justificación

La importancia de complementar la formación teórica con la práctica en las asignaturas de carrera de Biomedicina, radica en la complejidad del área de aplicación, la necesidad

de desarrollar habilidades técnicas, integración de conocimientos, preparación para la vida profesional y mejora de la toma de decisiones. Usualmente, los estudiantes deben adquirir experiencia práctica, como lo que ofrece el material académico y didáctico iworx. Debido al uso de estas plataformas, los estudiantes aplican sus conocimientos en situaciones médicas y de investigación (simuladas). Esto los prepara para carreras en la atención médica e investigación biomédica.

Específicamente, la asignatura de bioinstrumentación, contempla un plan analítico que aborda de manera exhaustiva una serie de temas fundamentales para la formación en Ingeniería Biomédica. En la unidad 1, se profundiza en electrodos para biopotenciales, explorando su implementación como herramienta para la exploración de señales provenientes de las profundidades del cuerpo, como las generadas por el funcionamiento de nervios y músculo. Este enfoque se amplía un sistema de adquisición de datos que facilita a los estudiantes el estudio de señales eléctricas a través de experiencias prácticas de laboratorio, abarcando miogramas (EMG), encefalogramas (EEG) y cardiogramas (ECG). Además, se destaca que la distancia entre los electrodos aplicados genera señales visibles, permitiendo el análisis de los potenciales medidos y la bioeléctrica [Andrew, 2013]. En la unidad 2, se aborda el diseño e implementación de circuitos de acondicionamiento para señales biomédicas y sus aplicaciones. Es aquí donde se resalta la importancia de desarrollar estos circuitos para medir las señales bioeléctricas con mayor resolución y fiabilidad, contribuyendo así a registros precisos y efectivos [Ponmozhi et al., 2012]. Por otro lado, la unidad 3 se enfoca en la aplicación de microcomputadores en instrumentación biomédica. Establece la relevancia de la electrónica y ciertas técnicas de medición en la bioinstrumentación para diseñar dispositivos para diagnosticar y tratar enfermedades. Se destaca especialmente la función fundamental de los ordenadores en este contexto, desde microprocesadores en dispositivos de uso único hasta microordenadores necesarios para procesar grandes cantidades de información en sistemas de bioinstrumentación médica, siendo una contribución esencial proveniente de laboratorios de investigación de ingenieros biomédicos en todo el mundo [Javaid et al., 2023].

Finalmente, en la unidad 4 se aprenden principios sobre seguridad eléctrica en bioinstrumentos para la protección de pacientes y operadores de los dispositivos biomédicos, garantizando un entorno clínico o hospitalario seguro. Esto implica permitir el flujo adecuado de corriente a través del cuerpo, evitando posibles lesiones graves en la personas [Javaid et al., 2023]. Este enfoque holístico en la bioinstrumentación no solo ofrece una comprensión profunda de los principios teóricos, sino que también enfatiza la necesidad práctica y segura de aplicar estos conocimientos en el contexto clínico y de investigación biomédica.

## 1.2. Importancia y Alcance

La importancia de complementar la formación teórica con la práctica en la carrera de Biomedicina se hace aún más al considerar la materia de Bioinstrumentación, esto se debe a la complejidad inherente del campo, la necesidad de adquirir habilidades en técnicas específicas para operar y comprender los instrumentos biomédicos, la integración de conocimientos en contextos reales, la preparación para una carrera profesional en el ámbito biomédico y la mejora de la toma de decisiones críticas en situaciones que involucran instrumentación médica. Por lo tanto, la combinación de teoría y práctica entrena a que los estudiantes estén bien preparados para enfrentar los desafíos de la bioinstrumentación en escenarios clínicos reales. Además, los estudiantes adquieren experiencia práctica, como la que proporciona estos materiales de apoyo académico mediante la realización de prácticas de laboratorio.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo General

Diseñar un compendio de prácticas de laboratorio de Bioinstrumentación para la carrera de Biomedicina

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Revisar los fundamentos teóricos y el estado del arte acerca de metodología de aprendizaje mediante prácticas de laboratorios en el área de bioinstrumentación.
- Diseñar los esquemas y circuitos electrónicos para la adquisición, almacenamiento y visualización de bioseñales de acuerdo al plan analítico disponible de la carrera de Biomedicina
- Implementar las prácticas propuestas como circuitos y esquemas electrónicos para la adquisición y visualización de bioseñales de acuerdo a los resultados de aprendizaje de la malla curricular de Biomedicina.
- Evaluar las prácticas implementadas como circuitos y esquemas electrónicos para cubrir los resultados de aprendizaje de la materia de bioinstrumentación.
- Documentar el compendio de acuerdo a formatos y guías establecidas en la carrera de biomedicina para las prácticas propuestas.

## 2. Capítulo 1

En este capítulo se describen brevemente los fundamentos teóricos de los temas relevantes que son el eje de conocimiento en cada una de las unidades de estudio dentro del plan analítico de la materia de Bioinstrumentación, esto como principios para el diseño y desarrollo de las prácticas correspondientes. Para tal efecto, se han considerado las siguientes unidades: En la Unidad 1, se profundiza el estudio acerca de electrodos para biopotenciales, explorando su implementación como herramienta para la adquisición de señales provenientes del cuerpo. En la Unidad 2, se aborda el diseño e implementación de circuitos de acondicionamiento para señales biomédicas y sus aplicaciones. La Unidad 3 se enfoca en la aplicación de microcomputadores y sistemas embebidos, en instrumentación biomédica. Finalmente, en la unidad 4 se aprenden principios sobre seguridad eléctrica en bioinstrumentos. Por lo tanto, el capítulo presenta brevemente los fundamentos teóricos de los temas centrales que dan cumplimiento a los resultados de aprendizaje de cada unidad.

### 2.1. Unidad 1: Electrodos para Biopotenciales

Los resultados de aprendizaje correspondientes a esta unidad se definen como:

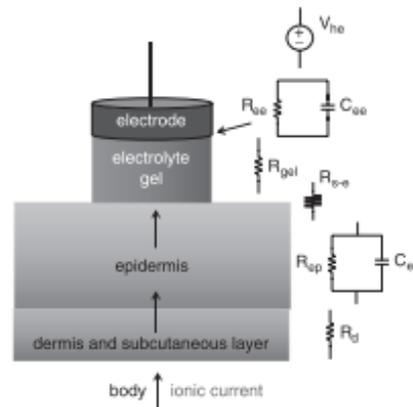
- *”Conoce los parámetros característicos de los bioinstrumentos y biosensores”*
- *”Conoce los transductores básicos para instrumentación biomédica: electrodos, transductores mecánicos, térmicos, ópticos y químicos”*

En esta unidad se contemplan contenidos de aprendizaje que cubren temas desde: los parámetros característicos de los bioinstrumentos y biosensores, los diferentes electrodos para biopotencial, en donde se analiza las interfaces entre electrodos, electrolitos y la piel, con los efectos de polarización de los electrodos. Además se define los tipos de electrodos y arreglos de electrodos más comunes, hasta temas relacionados con otros transductores usados para instrumentación biomédica. Por lo tanto, es evidente el enfoque central de esta unidad de aprendizaje, el mismo que relaciona los biopotenciales y el uso de electrodos, por lo que se describen algunos fundamentos teóricos para la planificación de las prácticas correspondientes.

### 2.1.1. Electrodo de Biopotencial

Los electrodos de biopotencial son dispositivos usado para la adquisición precisa de señales eléctricas originadas por procesos biológicos en los organismos vivos, señales como la electrocardiografía (ECG), la electroencefalografía (EEG) y la electromiografía (EMG). Estos dispositivos facilitan la supervisión de la actividad eléctrica en órganos como el corazón, el cerebro, los músculos y otros tejidos, suministrando datos valiosos para propósitos de diagnóstico e investigación médica, al mismo tiempo se dividen en los siguientes. [García, 2019] Son ampliamente utilizados para la medición de voltaje, aplicándose directamente sobre la piel con el objetivo de captar las variaciones de potencial entre distintas áreas del cuerpo, estas mediciones reflejan la actividad eléctrica celular o neural en los órganos internos ofreciendo información crucial para comprender el funcionamiento de los órganos [Griffin, 2003].

Generalmente, los electrodos están compuestos por un metal en contacto con un electrolito, esta disposición se conoce en electroquímica como una media celda, cuando el metal entra en contacto inicialmente con el electrolito, un átomo metálico se disuelve y se transporta como un ion positivo a través de la solución, dando lugar a la formación a la doble capa de Helmholtz [Inamdar A et al., 2009]. En la Figura 2-1 se ilustra el modelo eléctrico para un electrodo.



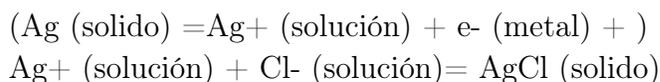
**Figura 2-1.:** Partes de un electrodo , diagrama de un biopotencial.Fuente: [Webster, ].

Esta doble capa consta de una capa de iones estrechamente asociada a la superficie del electrodo y otra capa adyacente de iones de carga opuesta en la solución, este proceso resulta en que el electrolito adquiere una carga neta positiva, mientras que el electrodo adquiere una carga neta negativa.[Inamdar A et al., 2009]

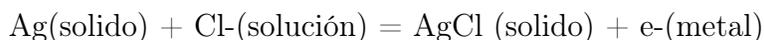
A medida que el potencial en el electrodo aumenta con el tiempo, este proceso de transporte crea un campo eléctrico más robusto dentro de la doble capa[Webb, 2018]. Finalmente, el potencial experimenta un aumento hasta que el campo eléctrico detiene el proceso de trans-

porte, conocido en este contexto como el potencial de media celda ( $V_{hc}$ ). El valor de  $V_{hc}$  está influenciado por la composición del electrodo y el electrolito circundante, entre los electrodos más utilizados en mediciones y dispositivos biomédicos se encuentran el compuesto por plata/cloruro de plata (Ag/AgCl), debido a su bajo potencial de media celda, aproximadamente 220 mV y su facilidad de fabricación. [Parastoo Dehkordi and Tavakolian, 2019].

Químicamente, este electrodo consta de un disco de plata recubierto por una capa de cloruro de plata depositada en su superficie, se coloca en un gel que contiene una solución saturada de cloruro de sodio, cuando el electrodo entra en contacto con una solución que contiene iones de cloruro, se produce un intercambio entre el electrodo y la solución, las reacciones en el electrodo [Webb, 2018] se expresa de la siguiente manera:



Lo que da una reacción general:



El electrodo de plata-cloruro de plata desarrolla un potencial  $E$ , que depende de la concentración de cloruro en el electrolito

$$E = E_0 - \left( \frac{R.T}{F} \right) \ln a_{\text{Cl}^-} = 0,22 - 0,059 \log[\text{Cl}^-] \quad (2-1)$$

Donde  $E_0$  es el potencial estándar de media celda  $R$  es la constante del gas,  $T$  la temperatura en grados Kelvin, la constante de  $F$  es conocida como de Faraday y  $\text{Cl}^-$  representa la actividad del ion de cloruro, de este modo el paso de las corrientes iónicas creadas por neuronas cardiacas la actividad eléctrica a través de la piel y hacia el electrolito de esta manera la corriente es translúcida en una señal eléctrica por el electrodo el circuito eléctrico equivalentes de diferentes tejidos materiales que componen el electrodo e interfaces entre ellos, en la piel que está conformada por tres capas, la dermis y la capa subcutánea se modelan como una resistencia y la epidermis que es semipermeable a la corriente iónica y se puede modelar como un circuito en RC paralelo [Andritoi et al., 2019].

El electrodo de referencia (RE) tiene un potencial fijo y no es polarizable, es decir el potencial no cambia a medida que fluye la corriente a través de él.

### 2.1.2. Origen de las señales bioeléctricas

Las señales biológicas se originan en el organismo humano por el movimiento de iones cargados en solución, particularmente de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Cl}^-$ . Este desplazamiento es consecuencia de cambios en las concentraciones presentes en los fluidos extracelular, intracelular e intersticial. La migración de estas partículas con carga eléctrica es denominada difusión, dando lugar a la formación de un gradiente de concentración [Osorio, 2007], para finalmente obtener un potencial de acción, como se describe a continuación.

### 2.1.3. Potenciales de acción y despolarización celular

Las señales eléctricas captadas por los electrodos en la superficie de la piel tienen su origen en los potenciales de acción generados a nivel celular, estableciendo trayectorias iónicas dentro del cuerpo, en condiciones de reposo celular, las concentraciones intracelular y extracelular de cationes y aniones son la siguiente: [Andritoi et al., 2019]

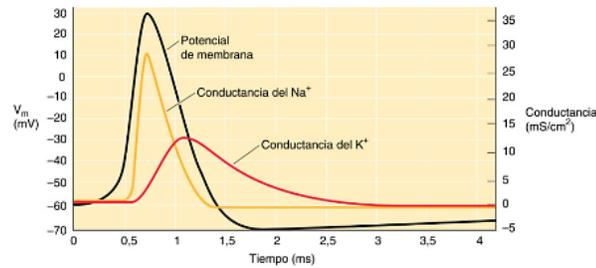
- Intracelular  $\text{Na}^+$ : 12 mM, Extracelular  $\text{Na}^+$ : 145 mM
- Intracelular  $\text{K}^+$ : 155 mM, Extracelular  $\text{K}^+$ : 4 mM
- Intracelular  $\text{Cl}^-$ : 4 mM, Extracelular  $\text{Cl}^-$ : 120 mM

Para mantener el gradiente de concentración en un estado estacionario a través de la membrana, es necesario que la bomba de sodio-potasio, realice el transportando el  $\text{Na}^+$  desde el espacio intracelular al extracelular y simultáneamente el  $\text{K}^+$  en dirección opuesta, este proceso contribuye a establecer y mantener el potencial de reposo. [Andritoi et al., 2019]

El musculo cardiaco ventricular y esquelético tiene un reposo de -85 a -90 mV, mientras que las celular nerviosas tienen un potencial de reposo de -70mV. [Andritoi et al., 2019]

### 2.1.4. Transmisión de Señales

En la Figura 2-2 se ilustra el potencial de acción opuesto al potencial de reposo de la membrana celular, se establece -70mV para las neuronas, su desencadenamiento inicia con un estímulo, frecuentemente de naturaleza química, donde un neurotransmisor se une a un canal iónico activado por ligando en la membrana celular neuronal. Si el estímulo es lo suficientemente intenso y excitador, la disipación de carga desencadena una despolarización en la elevación hasta alcanzar -55mV.[Whitmer, 2021]



**Figura 2-2.:** Diagrama de fases en estado de reposo, despolarización, pico, repolarización e hiperpolarización (potencial de acción). Fuente: [Moczydlowski, 2017].

Para transmitir esta señal a otra célula, se requiere una transmisión sináptica, que constituye el eslabón más lento en la cadena de la comunicación neuronal, durante este proceso, el potencial de acción llega a los extremos axónicos, provocando la apertura de canales de calcio regulados por el voltaje.

### 2.1.5. Electrodo y polarización.

Las señales eléctricas captadas por los electrodos en la superficie de la piel tienen su origen en los potenciales de acción generados a nivel celular, estableciendo trayectorias iónicas dentro del cuerpo, en condiciones de reposo celular, las concentraciones intracelular y extracelular de cationes y aniones son la siguiente:

- Intracelular Na<sup>+</sup>: 12 mM, Extracelular Na<sup>+</sup>: 145 mM
- Intracelular K<sup>+</sup>: 155 mM, Extracelular K<sup>+</sup>: 4 mM
- Intracelular Cl<sup>-</sup>: 4 mM, Extracelular Cl<sup>-</sup>: 120 mM

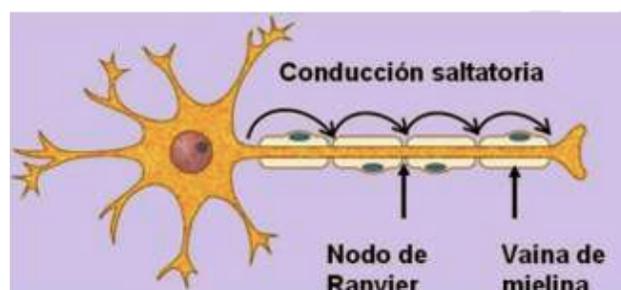
Para mantener el gradiente de concentración en un estado estacionario a través de la membrana, es necesario que la bomba de sodio-potasio, realice el transportando el Na<sup>+</sup> desde el espacio intracelular al extracelular y simultáneamente el K<sup>+</sup> en dirección opuesta, este proceso contribuye a establecer y mantener el potencial de reposo.

El músculo cardiaco ventricular y esquelético tiene un reposo de -85 a -90 mV, mientras que las células nerviosas tienen un potencial de reposo de -70mV. [Andritoi et al., 2019]

### 2.1.6. Velocidad de transmisión neuronal

La rapidez con la que se transmiten las señales neuronales está influenciada principalmente por dos factores el grosor del axón y su nivel de mielinización, los axones más anchos permiten una transmisión más veloz debido a una menor resistencia interna. En el caso de los

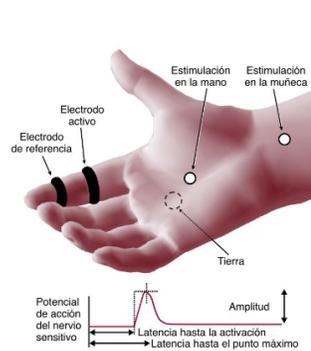
axones mielinizados, caracterizados por una sustancia blanca, la velocidad de transmisión puede alcanzar hasta 150m/s gracias a un proceso conocido como conducción saltatoria. En este proceso, los canales iónicos solo son esenciales en áreas específicas de la mielina, conocidas como Nódulos de Ranvier, esto permite que la señal se propague rápidamente, saltando de un nódulo a otro. Por otro lado, en axones sin mielina o materia gris, la transmisión es continua y por lo tanto más lenta ya que requiere la constante intervención de bombas de iones a lo largo de toda la membrana axonal, como se muestra en la Figura 2-3. En estos casos, las velocidades rara vez superan los 10m/s. Es importante destacar que la salud general del sistema nervioso, la edad, el género y las condiciones ambientales como la temperatura pueden influir en estas velocidades de transmisión. [Whitmer, 2021]



**Figura 2-3.:** Estructura y la conducción saltatoria del potencial de acción en una neurona.  
Fuente: [Píriz Giménez et al., 2021].

### 2.1.7. Transmisión neuronal captación por medio de Electromiograma.

El electromiografía (EMG) se utiliza para evaluar las velocidades de conducción nerviosa de manera no invasiva, es esta técnica de velocidad de conducción nerviosa, un electrodo EMG capta la respuesta muscular a la estimulación neuronal proporcionada por otro electrodo colocado en la piel.[Sahin et al., ], Se mide el lapso desde la estimulación inicial hasta la contracción muscular y este proceso se repite al desplazar el electrodo d estimulación, estas mediciones permiten calcular la velocidad de conducción nerviosa. Esas velocidades indican la salud de los nervios periféricos, la falta de respuesta o velocidades anómalas pueden señalar problemas, como la desmielinización en condiciones como la esclerosos múltiple o degeneración nerviosa, normalmente los nervios periféricos de los brazos operan con velocidades entre 50 y 60 m/s [Whitmer, 2021]. En la Figura 2-4 se ilustra este procedimiento clínico (EMG).



**Figura 2-4.:** Electromiografía con electrodos para evaluar conducción nerviosa. Fuente: [Weiss et al., 2023].

### 2.1.8. Tipos de electrodos y arreglos de electrodos.

#### 1. Electrodo de Superficie

Los electrodos de superficie son aquellos que se colocan en contacto con la piel del paciente. Estos electrodos tienen diámetros que varían entre 0.3 y 0.5 cm, y en algunos casos pueden llegar a tener un diámetro de hasta 1 cm. Por lo general, la impedancia normal de la piel, tal como es percibida por el electrodo, fluctúa entre 0.5 k ohmios para piel sudorosa y 20 k ohmios para piel seca. Cualquier problema cutáneo puede provocar un aumento en la impedancia dentro del rango de 500 k ohmios. En todo caso, es necesario considerar los electrodos de superficie como una fuente de voltaje con una impedancia muy elevada, lo cual afecta significativamente el diseño del circuito de entrada del amplificador bioeléctrico. [Andritoi et al., 2019]

#### 2. Microelectrodos

Con el microelectrodo se puede medir el potencial eléctrico de una sola célula, ya que cuenta con puntas de diámetro muy reducido que pueden penetrar profundamente en la célula sin causarle daño. Los microelectrodos desempeñan funciones como el registro del potencial y la capacidad de inyectar medicamentos. Por lo general, cuando el microelectrodo se encuentra dentro de la célula, el electrodo de referencia permanece fuera. Debido a su tamaño pequeño, los microelectrodos presentan altas impedancias en el rango de los mega ohmios y además cuenta con dos tipos de microelectrodo. [Asgill, 2009]

- Microelectrodo de metal
- No metálicos (Micro pipetas)

#### 3. Electrodo de Agujas

Cuando el electrodo se aproxima al generador bioeléctrico, el electrodo penetra en la piel. Por ende, es necesario que el electrodo tenga un borde afilado para facilitar la penetración y poder capturar y registrar los sucesos bioeléctricos de manera efectiva. [Asgill, 2009]

## 2.2. Unidad 2: Circuitos de acondicionamiento para señales biomédicas y sus aplicaciones.

Los resultados de aprendizaje correspondientes a esta unidad se definen como:

- *”Analiza circuitos para acondicionamiento de señales biomédicas”*
- *”Conoce y aplica métodos para detectar, clasificar y eliminar ruido”*
- *”Determina las condiciones adecuadas para la adquisición de bioseñales y emplea las estrategias que garanticen la seguridad del paciente.”*

En esta unidad se contemplan contenidos de aprendizaje que cubren temas desde: el amplificador de instrumentación, en el cual desempeña la evaluación de parámetros claves de un circuito amplificador, tales como la impedancia de entrada y salida, el voltaje offset, la corriente de polarización (bias) y la respuesta en frecuencia. Estos parámetros permite comprender y optimizar el rendimiento de los amplificadores en diversas aplicaciones, incluyendo aquellas en el ámbito biomédico.

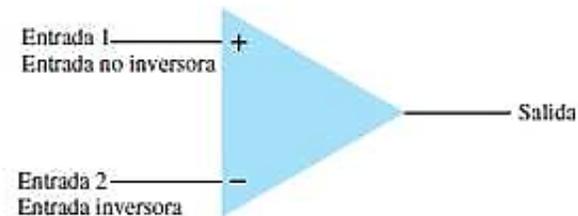
Posteriormente, se aborda la necesidad de un bioamplificador que presenta requisitos específicos para ampliar señales biológicas, esto se complementa con una caracterización del ruido en el registro de biopotenciales, se examina tanto la definición del ruido como los parámetros. Por último, se profundiza en las técnicas de tratamiento y reducción de ruido, destacando especialmente en uso de filtros ayudando así la relación de señal y ruido, en conjunto estos temas proporcionan una comprensión de los principios y prácticas para el diseño y la implementación de sistemas de amplificación de señales biomédicas. Por lo tanto, es claro el enfoque principal de esta unidad de aprendizaje se centra en los amplificadores, dado que se detallan fundamentos teóricos para la preparación de las prácticas asociadas [Self and Waugaman, 2005].

### 2.2.1. Amplificador operacional

Los amplificadores operacionales son dispositivos electrónicos diseñados para amplificar la diferencia de potencial entre sus entradas, se caracterizan por su alto nivel de ganancia, respuesta lineal y versatilidad para realizar diversas operaciones en señales analógicas. [Webster, ]

### 2.2.2. Estructura Interna y funcionamiento

Los amplificadores operacionales son dispositivos que se construyen mediante tecnologías de semiconductores, integrando transistores, resistencias y condensadores en un solo chip. Su función es amplificar la diferencia de voltaje entre dos entradas, cuando la salida del amplificador alcanza su valor máximo y se satura, se ajusta a los valores máximos, determinados por la relación de tensiones presentes en las entradas, este comportamiento permite a los ingenieros comprender y diseñar circuitos que utilicen amplificadores operacionales en variedad aplicaciones.[Webster, ]. En la Figura 2-5 se ilustra el modelo eléctrico para un amplificador operacional. [Andritoi et al., 2019]



**Figura 2-5.:** Funcionamiento y configuración de un amplificador. Fuente: [Ochoa et al., ].

### 2.2.3. Parámetros de un amplificador

La importancia de la impedancia de entrada y salida tiene la determinación de la eficacia de transferencia de señales, reflejándose en la adaptación entre el amplificador y la fuente o carga. Por otro lado, el voltaje offset, que indica la desviación del voltaje de salida en ausencia de señal, requiere una minimización para evitar distorsiones no deseadas.

La corriente de polarización, también conocida como bias, la cual establece el punto operativo del transistor, lo que facilita la linealidad del amplificador y permite un ajuste. Finalmente, la respuesta en frecuencia del amplificador, que describe cómo varía la ganancia en función de la frecuencia de la señal de entrada, se considera un parámetro para garantizar la fidelidad en la amplificación de señales a lo largo de un rango específico de frecuencias. [Griffin, 2003].

### 2.2.4. Fundamentos de amplificadores de bioinstrumentación

El amplificador de instrumentación es un componente en los sistemas de medición en la necesidad de medir señales de baja amplitud, las cuales son generadas por fenómenos biológicos complejos tales como las señales cardíacas o cerebrales.

Los amplificadores mejoran la detección y amplificación de las señales fisiológicas, su importancia radica en su capacidad para ajustar con precisión la amplificación de acuerdo con las necesidades específicas, lo que otorga una notable flexibilidad en una amplia gama de aplicaciones biomédicas.

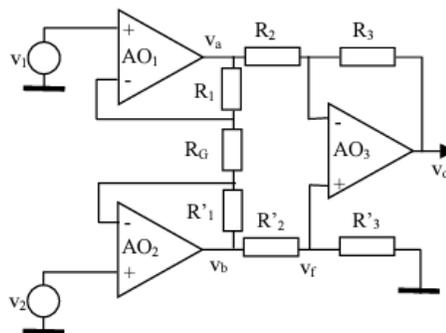
La baja ganancia en modo común que mantienen se enfoca en amplificar variaciones específicas, sin prestar atención al ruido circundante, esto se traduce en una representación más clara y precisa de las señales eléctricas del cuerpo. [Simic torres, 2020]

### 2.2.5. Configuración de un amplificador de Bioinstrumentación

Los amplificadores de bioinstrumentación son componentes esenciales en una variedad de aplicaciones, caracterizados por su arquitectura de amplificador diferencial que incorpora etapas de búfer en las entradas. Esta disposición proporciona una notable inmunidad al ruido entre las entradas, gracias a la capacidad de restar las señales.

La estructura interna básica comprende dos búferes de entrada y un amplificador diferencial, con la salida referida al potencial de tierra. El amplificador diferencial realiza la operación de diferencia entre las señales ( $V_1-V_2$ ), lo cual es crucial para atenuar el ruido común presente en ellas, siendo esta la razón principal de su aplicación en instrumentación. [Andritoi et al., 2019]

La configuración más comúnmente empleada consta de tres amplificadores, utilizados de acuerdo con el esquema en la Figura 2-6 se ilustra el modelo eléctrico para un amplificador de Bioinstrumentación [Simic torres, 2020].



**Figura 2-6.:** Amplificador de Bioinstrumentación con entradas diferenciales, ganancia ajustable y rechazo al modo común: [Arévalo, 2023].

Estos amplificadores están diseñados para cumplir con condiciones ideales específicas, como

tener impedancias de entrada infinitas tanto en modo diferencial como común, una impedancia de salida a cero, una ganancia precisa y estable dentro del rango de 1 a 10.000, y una alta capacidad de rechazo de señales no deseadas. Su función radica en amplificar con precisión señales de bajo nivel, incluso en presencia de componentes de modo común. [Webster, ]

### 2.2.6. Técnicas de tratamiento y reducción de Ruido

Las técnicas de tratamiento y reducción de ruido son aspectos principales en el procesamiento de señales, y los filtros están diseñados para atenuar o eliminar componentes no deseados de una señal, los filtros pueden clasificarse en diversas categorías, como pasa bajos, pasa altos, pasa banda y rechaza banda, cada uno diseñado para abordar diferentes frecuencias y tipos de ruido.

## 2.3. Unidad 3: Microcomputadores en instrumentación biomédica

Los resultados de aprendizaje correspondientes a esta unidad se definen como:

- *”Aplica los conceptos de bioinstrumentación al tratamiento de bioseñales”*
- *”Identifica los escenarios de utilización de bioinstrumentación”*

En esta unidad se contemplan contenidos de aprendizaje que cubren temas desde: estrategias básicas de procesamiento, almacenamiento y visualización de información para adquirir, analizar y visualizar las señales, además requieren un control y retroalimentación para garantizar la eficacia y precisión de los resultados por medio de aplicaciones de microcomputadoras de bioinstrumentos. Por lo tanto, es claro el enfoque principal de esta unidad se centra en las aplicaciones de microcomputadoras en bioinstrumentación, ya que se detallan fundamentos teóricos para la preparación de las prácticas asociadas

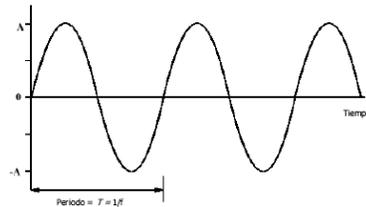
### 2.3.1. Sistema Embebido

El sistema embebido, diseñado para funciones específicas en tiempo real, mediante el cual se programa directamente en el lenguaje del microcontrolador. Puede desempeñar funciones específicas, como el monitoreo de constantes vitales o la gestión de dispositivos médicos. La mayoría de sus componentes, como sensores y actuadores, están integrados en la placa base. Estos sistemas también incluyen interfaces de entrada/salida para el monitoreo continuo del estado de salud y facilitan el diagnóstico del sistema. Sus características distintivas abarcan funciones específicas para la salud, fuentes de alimentación confiables, una gran capacidad

de reserva y la capacidad de operar en tiempo real [Garza, ].

### 2.3.2. Señal Analógica

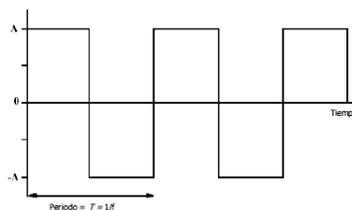
La señal analógica representa variables eléctricas, como corriente, tensión o carga eléctrica, de manera continua en el tiempo. Esta variación ocurre dentro de límites definidos, entre un valor mínimo y máximo, y se representa mediante ondas, como se muestra en la la Figura 2-7 [Guamán and Díaz, 2019].



**Figura 2-7.:** Onda sinusoidal analógica con una frecuencia de 1kHz y una amplitud de 1 voltio . Fuente: [Albertí, 2003].

### 2.3.3. Señal Digital

La señal presenta una variación discontinua en el tiempo y puede tomar un número limitado de valores. Este tipo de señal se transforma en una serie de números binarios (0 o 1), lo que facilita su procesamiento y regeneración. Estas señales son altamente sensibles al ruido ambiental y pueden procesarse de manera eficiente. Los parámetros de la señal incluyen la altura del pulso, su duración y la frecuencia de repetición, tal como se ilustra la Figura 2-8 [Guamán and Díaz, 2019].



**Figura 2-8.:** Onda cuadrada digital con una frecuencia de 1kHz y una amplitud de 5 voltios. Fuente: [Albertí, 2003].

### 2.3.4. Interfaces graficas en Matlab

Matlab, acrónimo de Matrix Laboratory, es una herramienta de software de amplio uso en entornos académicos e investigativos. Este software integral incluye un lenguaje de programación propio, denominado lenguaje M, que permite realizar operaciones con matrices, representar datos, implementar algoritmos, crear interfaces de usuario (GUI) y comunicarse con otros programas y dispositivos de hardware.

Además de sus aplicaciones básicas, como Simulink para la simulación, Matlab proporciona opciones específicas para el diseño de interfaces de usuario, como GUIDE y App Designer, que son editores especializados para este propósito. Asimismo, se pueden ampliar las capacidades de Matlab mediante herramientas adicionales (toolboxes) y las de Simulink con aplicaciones de bloques (blocksets) [Espinosa, ].

En la actualidad, Matlab presenta tres enfoques para la creación de interfaces de usuario:

- Funciones de Matlab
- GUIDE
- App Designer

Cada uno de estos métodos proporciona un conjunto único y particular de funcionalidades. La elección entre ellos depende de los objetivos del proyecto y de las preferencias del desarrollador en cuanto a su flujo la Figura 2-9 se ilustra.

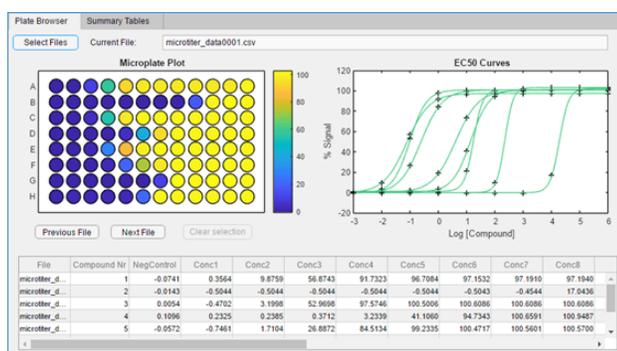


Figura 2-9.: Interfaz gráfica de usuario de Matlab App Designer.

## 2.4. Unidad 4 - Seguridad eléctrica en bioinstrumentos

El resultado de aprendizaje correspondiente a esta unidad se definen como:

- *”Determina las condiciones adecuadas para la adquisición de bioseñales y emplea las estrategias que garanticen la seguridad del paciente.”*

En esta unidad se contemplan contenidos de aprendizaje que cubren temas desde: seguridad eléctrica en bioinstrumentos que se consideran uno de los elementos más críticos en el ámbito de los dispositivos médicos, sobre todo cuando se trata de equipos invasivos, dado que se requiere que estos dispositivos sean extremadamente confiables. [Castillo and Delgado, 2020]

La seguridad eléctrica en bioinstrumentación engloba las precauciones y medidas tomadas para asegurar la integridad de los dispositivos y equipos empleados en el ámbito biomédico, evitando riesgos para los pacientes, operadores y otros usuarios. Dado que la bioinstrumentación implica la adquisición y procesamiento de señales eléctricas del cuerpo humano, resulta vital asegurar la seguridad en el diseño, la fabricación y el uso de estos instrumentos biomédicos[Castillo and Delgado, 2020],

### 2.4.1. Norma IEC 60601-1

La Norma IEC 60601-1 ofrece una especificación detallada de los requisitos de seguridad que los equipos electromédicos deben cumplir, su principal objetivo es garantizar la protección completa del paciente, el personal operativo y el entorno donde se emplean dichos dispositivos. Esta norma establece directrices precisas para abordar aspectos cruciales de seguridad, con el fin de asegurar que la atención médica se brinde de manera segura y eficaz. [Luna, 2015]

### 2.4.2. Seguridad eléctrica en bioinstrumentos

En el ámbito de la seguridad eléctrica aplicada a bioinstrumentos, resulta necesario tener presente los conceptos básicos para asegurar la protección tanto del paciente como del personal médico. La norma IEC 60601, específicamente diseñada para equipos médicos, establece directrices importantes en este aspecto. En primer lugar, subraya la necesidad de una correcta puesta a tierra para prevenir corrientes no deseadas y descargas eléctricas, como una doble capa de aislación en el diseño de barreras protectoras se emplean para evitar la exposición directa a componentes eléctricos, garantizando así la integridad del usuario y del entorno clínico. Además, la resistencia de aislamiento debe cumplir con estándares rigurosos para minimizar los riesgos de fugas de corriente.

La seguridad eléctrica de los bioinstrumentos también abarca la protección contra descargas electrostáticas y electromagnéticas que puedan interferir con el funcionamiento adecuado de los equipos médicos. [Azpiroz et al., 2015]

Se observa claramente que la norma IEC 60601 se centra en la clasificación detallada de las partes aplicadas, las partes conductoras aplicadas y partes funcionales, ofreciendo criterios específicos para garantizar la seguridad de cada una de ellas. [Castillo and Delgado, 2020]

### 2.4.3. Diseño de circuitos de protección y reducción de interferencia en bioinstrumentos

En el diseño de circuitos de bioinstrumentos, la seguridad eléctrica es de suma importancia para proteger al paciente como al equipo, la incorporación de amplificadores de aislamiento, optoacopladores y transformadores ayudan en la mitigación de riesgos y la reducción de interferencias.[Vives, ]

Los amplificadores de aislamiento son elementos esenciales para asegurar la separación eléctrica entre el paciente y el equipo de medición. Esta medida previene el riesgo de corrientes de fuga y reduce la posibilidad de daños eléctricos. Los optoacopladores, al emplear un acoplamiento óptico, añaden una capa adicional de aislamiento entre los circuitos de entrada y salida. Esto minimiza la transmisión de interferencias eléctricas y mejora significativamente la seguridad del sistema.[Vives, ]

Asimismo, la inclusión de transformadores permite aislar eléctricamente las partes del circuito como a reducir interferencias electromagnéticas y garantizan una conexión segura a tierra.[Vives, ]

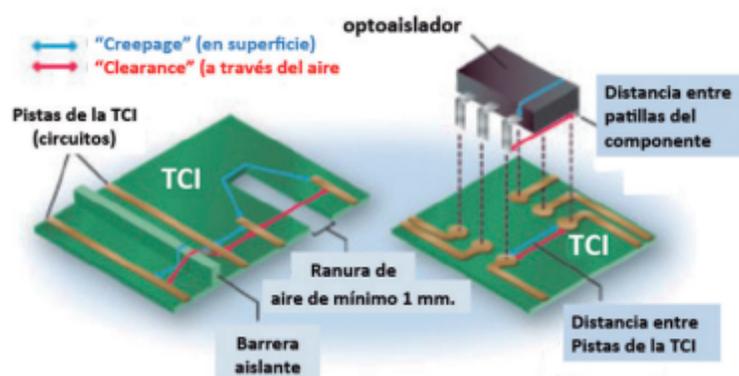
La implementación de estas medidas no solo protege al paciente de posibles riesgos eléctricos, sino que también contribuye a la integridad de las mediciones biomédicas al minimizar la interferencia y asegurar resultados precisos y confiables.

### 2.4.4. Seguridad Eléctrica y el cuerpo humano

La electricidad desempeña un papel fundamental en las funciones vitales del cuerpo humano. Las señales eléctricas presentes en los sistemas fisiológicos del cuerpo operan a niveles del orden de microamperios. Sin embargo, cuando una corriente eléctrica de mayor magnitud entra en contacto con el cuerpo, se incrementa el riesgo de un accidente eléctrico. Este peligro se agrava en entornos hospitalarios, donde los equipos médicos pueden entrar en contacto con partes del cuerpo del paciente, facilitando la circulación de corriente eléctrica. Un aumento repentino o prolongado en los niveles de voltaje puede ocasionar daños a tejidos u órganos, e incluso causar la muerte del paciente. Además, el personal médico enfrenta riesgos significativos en estas situaciones. [Cuervo Ramírez and Salazar Gómez, 2013]

### 2.4.5. Aislamiento

El aislamiento implica una separación física y eléctrica entre dos partes de un circuito, con el fin de evitar interacciones directas que puedan causar fugas eléctricas no deseadas, como se muestra en Figura 2-10 [Allende et al., 2007].



**Figura 2-10.:** Aislamiento de distancia en un circuito con transistor controlado por inductor. Fuente: [Parastoo Dehkordi and Tavakolian, 2019].

En la figura 1, se observa que la "creepage distance" se refiere a la distancia más corta entre dos partes conductoras, medida a lo largo de la superficie de aislamiento. Por otro lado, la clearance indica la distancia más corta a través del aire entre dos conductores que deben permanecer aislados. El aislamiento ofrece diversas ventajas, como la interrupción de bucles de tierra, el mejoramiento del rechazo en modo común y la capacidad de mantener diferentes niveles de tensión entre las partes del circuito. Esto permite que una parte esté segura mientras que otras operan a niveles peligrosos.

## 2.5. Elementos Pedagógicos

### 2.5.1. iWorx Systems

Es una herramienta avanzada para la enseñanza e investigación en fisiología diseñado para registrar y analizar señales fisiológicas [Iworx, ]

El Módulo de Análisis del iWorx LabScribe automatiza la evaluación de datos, ofrece plantillas de análisis predefinidas para una delimitación precisa de los inicios, duraciones y amplitudes. También es posible crear plantillas personalizadas según perfiles únicos, almacenándolas

en una biblioteca para su utilización posterior. [Iworx, ]

iWorx ha lanzado una nueva serie de prácticos kits de Asistente de Enseñanza (TA) diseñados para la instrucción en humanos, animales, ejercicios y disciplinas como la fisiología psicológica y neurobiología, como se muestra en Figura 2-11. Estos kits integran instrumentación completa, software especializado y cursos profesionales, facilitando la enseñanza de laboratorios de nivel universitario. Por otro lado, las soluciones avanzadas de investigación de iWorx abarcan hardware, software y componentes de grabación de alto rendimiento, agilizando la investigación en áreas como fisiología metabólica, cardiovascular, neuromuscular y respiratoria. Complementando los sistemas de adquisición de datos, iWorx ofrece una gama completa de dispositivos y accesorios de laboratorio. Sistemas de Adquisición y Análisis de Datos iWorx ofrece más rendimiento y valor a su Laboratorio de Fisiología. [Andrew, 2013]



**Figura 2-11.:** Maletín iWorx con sensores y actuadores. Fuente: [Iworx, ].

El conjunto de enseñanza BIK-TA de bioinstrumentación en fisiología proporciona todos los elementos esenciales, desde hardware y componentes hasta el software LabScribe y material didáctico elaborado por expertos. Este kit está diseñado para enseñar 59 experimentos relacionados con la detección de señales biológicas en fisiología cardiovascular, respiratoria y neuromuscular. Además, permite a los estudiantes identificar el estado y analizar las señales biológicas adquiridas a través de biosensores.

Este kit esta compuesto de los siguientes elementos [Iworx, ]:

1. **BP-220 blood pressure:** El transductor sirve para controlar las presiones del manguito correspondientes a las presiones sanguíneas diastólica y sistólicas, la salida obtenida por el transductor de presión es un voltaje registrados y convertidos
2. **A-GC-7165 Electrodes:** recibe las señales provenientes de los tejidos u órganos.
3. **IX-TA-220 Recorder:** Este módulo de control puede ser controlado por el programa LabScribe , que cuenta con una interfaz para configurar pantallas para calibrar señales,

cuenta con sensores incorporados como el sensor de presión arterial, sensor de fuerza, de temperatura y de presión, que graba varias señales simultáneamente como pueden ser la frecuencia cardiaca, la respiración, cuenta con estimuladores de bajo y alto voltaje controlados por un software

4. **RM-204 Respiration Belt:** Es un transductor utilizado para medir la frecuencia de la respiración de un paciente, esto se usa en experimentos en los que no es práctico el uso de un espirómetro.
5. **Dissection Kit:** Este kit incluye unas tijeras de disección, pinzas para vendaje, unas micropinzas para vendaje, mango de cuchillos del numero 4, una aguja de avance recta y de ángulo, una hoja quirúrgica numero 22 y una lona enrollable.
6. **Power Supply :** Es una fuente de alimentación, sus características son, el voltaje de entrada es de 110 a 240 v de corriente alterna de 50 a 60 Hz y el voltaje de salida es de 12 voltios corriente alterna con 1 A.
7. **A-FH-300 Flow Head:** Espirometría que tiene un rango entre -300 a +300 litros/minuto es adecuado para la mayoría de las mediciones en pacientes, las características de estos cabezales es que tiene una linealidad en su rango normal respectivo, cada cabezal cuenta con una fina gasa de acero inoxidable a través de la cual pasa el aire, está relacionada con la velocidad del aire o con su viscosidad de forma lineal.
8. **Foot reaction Switch:** Es un interruptor de pie, se puede usar para prender o detener motores livianos, para los sistemas de intercomunicadores y transeptores es útil usar este interruptor cuando las manos de una persona estén ocupadas.  
[Bhattacharya et al., 2012].
9. **BCL-100 BICOLOR-Light source:** Es una fuente de luz LED que cuenta con dos colores la cual puede proporcionar señales visuales de 2 diferentes colores durante las pruebas de reflejos visuales en pacientes, este es útil para determinar los tiempos de reacción a las señales de luz en diferentes longitudes de ondas, también es útil para determinar si los tiempos de reacción cambian si a los pacientes se les presenta señales de luz con una longitud de onda diferente después de que a los pacientes se han acostumbrado a señales de luz de un color familiar.
10. **PT-104 PULSE:** Es un sensor sensible, resistente y no magnético, que se usa para medir los cambios de volumen en diferentes partes del cuerpo, este examen se puede usar para verificar si existe algún coágulo sanguíneo en los brazos o en las piernas. cuando se usa este sensor de pulso produce una señal a partir de la cual se puede calcular las tasas de información de presión, las aplicaciones incluyen la medición de pulsos de presión periférica y sonidos de korotkoff,

11. **Iwire-B3G Biopotential module:** Es una interfaz que permiten la expansión de un equipo de grabación de laboratorio simplemente conectando un dispositivo compatible con iwire, este dispositivo permite la grabación de 3 canales de ECG,EMG O EEG así como la conductancia de la piel desde una única entrada por ejemplo una grabadora tradicional requiere de cuatro canales para lograr esto, su rango de entrada es de 2400 1000 milivoltios hasta los 12000 voltios.
12. **C-ISO-SL7 Electrode Cable :** Son cables conductores de un tamaño de 1m de ancho que presenta conectores y de colocan a presión presenta una longitud de 1.8 m
13. **C-HVS-SL2 Stimulator Cable :** Es un estimulador de un cable de 2 set de seguridad de color rojo y negro y un snap lead.
14. **C-ISO-SC5 EEG Electrodes:** Es un módulo de registro iWire aislado de ECG, EMG, GSR. Se encarga de guardar información o grabar en IX-TA-200 o IX-RA-834, se encuentra en tres canales de biopotenciales y 1 canal GSR, EDA, SCR, SCL o de la respiración
15. **TM-220 Temperature:** En una sonda de temperatura que tiene un rango de 0.07 , presenta un tiempo de respuesta de 15 segundos en un aire estático y 2 segundos en agua estática, presenta una precisión de 0.5.
16. **HSM-220 Heartsounds:** Es un micrófono de sonidos cardiacos el cual está constituido de un IX-TA-220 y un fonendoscopio, presenta un tubo el cual se conectan a la grabadora.
17. **ISE-730 Oxygen Electrode:** Es un electrodo que está cubierto de una membrana diseñada para medir la concentración de oxígeno ya sea en sangre o en alguna solución
18. **EM-220 Event Marker:** El EM-220 es un interruptor que presenta un botón manual, su producción es TTL y su entrada de voltaje es de 5V, permite realizar experimentos psicofisiológicos y neurobiología humana, en donde el sujeto registra estímulos visuales, auditivos o ya sea táctiles. Se utiliza para medir el tiempo de reacción de experimentos psicofisiológicos y del sistema nervioso humano
19. **FT-220 Hand Dynamometer:** es un dinamómetro manual que utiliza un sensor que ayuda a poder observar la fuerza de agarre es muy útil para experimentos en donde involucran la cantidad de fuerza de las contracciones que se da a nivel muscular. [Iworx, ].
20. **SMT-220 Muscle Transducer:** es un sensor de contracción muscular.
21. **C.ISO.GSR Electrodes:** es un electrodo de dedo GSR que utiliza un módulo Iwire-B3G, su respuesta se da por la piel es una actividad electrodérmica que es una conducción a través de la piel es una respuesta galvánica

22. **FT-302 Force Transducer:** Es un transductor de fuerza FT-302, es de alta sensibilidad que se encarga de medir rangos de fuerza entre 0,005 a 10 gramos y de 0 a 100 gramos en el cual utiliza un fotomicrosensor
23. **C-ISO-N3 and C-BNC.N2 Needle Electrodes:** es un cable de estimulador BCN para lo cual se utilizan en electrodos de aguja doble de platino en el que mide 10 mm de largo.
24. **A-BST-100 Bi-Polar Stimulating Electrode:** es un electrodo estimulante se utilizan para mejorar la conductividad y se utilizan en tejido animal o en humanos.
25. **NBC-401 NerveBath with C-ISO-FP5 and C-BNC-P2:** se utiliza para registrar potencial de acción en el nervio ciático generalmente de una rana de tamaño regular y grabaciones del cordón nervioso del gusano de tierra.

## 2.5.2. Matlab

Es un entorno de computación técnica y lenguaje de programación desarrollado por MathWorks. La palabra MATLAB es una abreviatura de "Matrix LaBoratory" (Laboratorio de Matrices), que refleja su capacidad para realizar cálculos y manipulaciones de matrices de manera eficiente. Este software se utiliza ampliamente en ingeniería, ciencias aplicadas y campos relacionados para análisis numérico, modelado y simulación, visualización de datos, desarrollo de algoritmos y mucho más. MATLAB ofrece una amplia gama de funciones y herramientas para resolver problemas técnicos y científicos de manera rápida y eficiente, lo que lo convierte en una herramienta poderosa y versátil para profesionales e investigadores en diversas disciplinas [Fernández, ].

## 2.5.3. Proteus

Es un software de diseño electrónico que ofrece herramientas para el diseño, simulación y verificación de circuitos electrónicos, permite a los ingenieros y diseñadores crear esquemas electrónicos, diseñar placas de circuito impreso (PCB), simular el comportamiento de los circuitos y realizar análisis de rendimiento. El software es ampliamente utilizado en la industria electrónica y académica para el desarrollo y la prueba de prototipos de sistemas electrónicos antes de su implementación física, ofrece una interfaz amigable y poderosas capacidades de simulación que ayudan a acelerar el proceso de diseño y a garantizar la fiabilidad y eficiencia de los circuitos electrónicos, como se muestra en Figura 2-12 [Rossano, 2013].

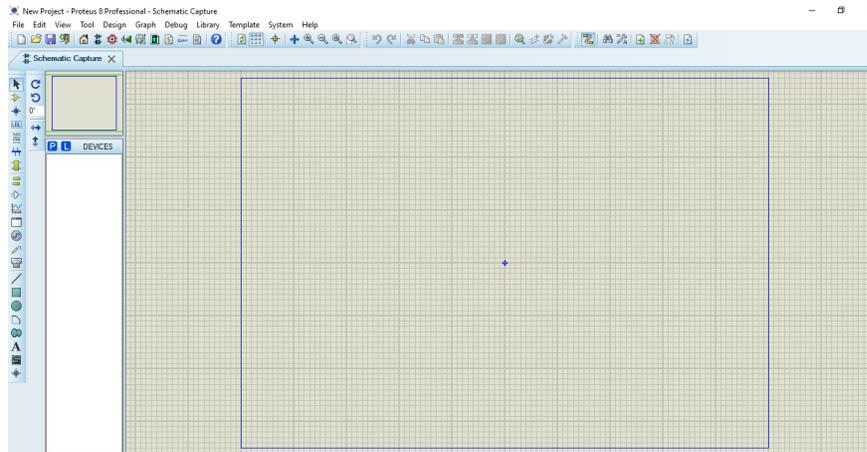


Figura 2-12.: Interfaz gráfica del software proteus . Fuente: [Simonson et al., 2013].

#### 2.5.4. Tinkercad

Es una plataforma en línea de modelado 3D que permite a los usuarios crear diseños y prototipos digitales de manera fácil y accesible. Desarrollada por Autodesk, tinkercad es especialmente popular entre principiantes y educadores debido a su interfaz intuitiva y sus herramientas simples de usar. Permite a los usuarios diseñar objetos tridimensionales utilizando formas básicas y herramientas de manipulación, y luego combinarlas para crear modelos más complejos. Además, tinkercad ofrece la posibilidad de exportar los diseños para su impresión en 3D o su integración en otros programas de diseño y modelado, como se muestra en Figura 2-13 su símbolo.[Martínez-Artero and Rubio, 2023].



Figura 2-13.: Símbolo de software Tinkercad un programa de modelado 3D . Fuente: [Martínez-Artero and Rubio, 2023].

#### 2.5.5. Multímetro

El dispositivo eléctrico portátil, también conocido polímetro o tester, se utiliza para la medición de diversas magnitudes eléctricas, tales como corrientes, tensiones, resistencias, capacitancia, entre otras. Este instrumento, que cuenta con amplias funcionalidades, es ampliamente empleado tanto en entornos industriales como en situaciones cotidianas. Además, se enfoca en explorar la evolución histórica de los multímetros, así como en abordar aspectos relacionados con sus componentes, aplicaciones y la relevancia de su calibración, como se

muestra el diseño en la figura 2-14 [Pérez-Saavedra et al., 2015]



**Figura 2-14.:** Multímetro digital para realizar mediciones eléctricas. Fuente: [Pérez-Saavedra et al., 2015].

### 2.5.6. Osciloscopio

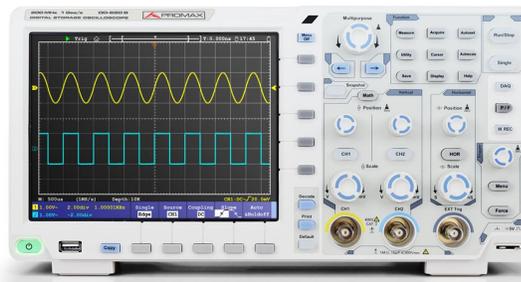
Los osciloscopios son dispositivos de medición que permiten obtener, de manera visual, datos asociados a la medición de señales eléctricas, evalúan y presentan de manera gráfica, a través de un oscilograma, la evolución temporal de la tensión eléctrica. En este tipo de instrumento, el eje vertical representa la magnitud de la tensión eléctrica, mientras que el eje horizontal refleja las unidades de tiempo, como segundos o milisegundos, proporcionando así una representación visual de cómo cambia la tensión eléctrica a lo largo del tiempo. [Cajas et al., ]

Existen tipos principales de osciloscopios según su funcionamiento son:

- El osciloscopio analógico recibe una señal eléctrica a través de su sonda al establecer contacto con un circuito. Esta señal se dirige a la sección vertical del osciloscopio, donde experimenta amplificación o atenuación, y luego se encamina hacia las placas de deflexión vertical. Estas placas son responsables de modificar la trayectoria de los electrones, lo que permite así la visualización de la onda resultante en una pantalla, como se muestra en la figura 2-15 [Cajas et al., ]
- Los osciloscopios digitales capturan la señal de manera similar a los osciloscopios analógicos, mediante procesos de amplificación o atenuación. Sin embargo, se distinguen por utilizar un sistema de procesamiento de datos para representar la señal. [Cajas et al., ]
- Osciloscopio portátil se han desarrollado versiones más pequeñas y compactas de los osciloscopios portátiles con el fin de facilitar su transporte y posibilitar su utilización

en cualquier lugar. [Cajas et al., ]

- Osciloscopio utilizados en laboratorios o los osciloscopios industriales son clasificados como osciloscopios de banco, destacando por su potencia superior en comparación con los modelos portátiles. Estos equipos se encuentran estacionados en ubicaciones específicas o instalaciones designadas. [Cajas et al., ]



**Figura 2-15.:** Diseño de un Osciloscopio Digital promax. Fuente: [Candelas Valiente et al., 2018].

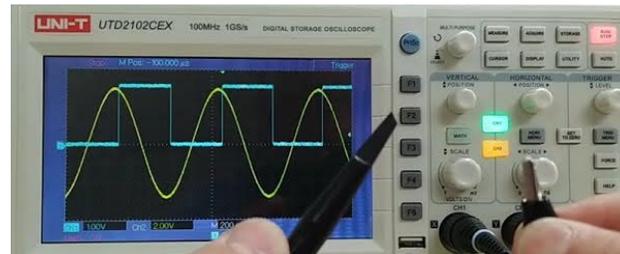
### 2.5.7. Generador de señales

Un generador de señales es un dispositivo ampliamente utilizado en entornos industriales, destinado a producir señales eléctricas en forma de onda. Estas señales se emplean para llevar a cabo diversas pruebas en circuitos electrónicos, en conjunto con otros instrumentos industriales. A diferencia de los generadores de señales de radiofrecuencia y otros instrumentos que generan exclusivamente ondas sinusoidales, este generador tiene la capacidad de producir formas de onda repetitivas como cuadradas, de pulso, sinusoidales, triangulares, diente de sierra, entre otras, como se visualiza en la figura en la figura 2-12 [Cajas et al., ]

Específicamente, el generador de señales se utiliza para generar señales periódicas, donde la tensión varía de manera regular en el tiempo, controlando tanto su periodo (el tiempo necesario para completar una oscilación) como su amplitud (el valor máximo alcanzado por la tensión de la señal).

La función principal de un generador de señales es la producción de señales periódicas o no periódicas. Este dispositivo comúnmente en el diseño, prueba y reparación de dispositivos

electrónicos, aunque también puede tener aplicaciones artísticas y en el campo médico, como se muestra en la figura [Cajas et al., ]



**Figura 2-16.:** Visualización de la señal senoidal en el generador de señales. Fuente: [Castells, 2020].

## 3. Capítulo 2:

# Diseño e implementación de las guías de Laboratorio

Este capítulo presenta el diseño y desarrollo de las prácticas que cubren los resultados de aprendizaje analizados en el capítulo 1, para lo cual, se propone la siguiente metodología:

### 3.1. Metodología

Para cumplir con los objetivos propuestos en el desarrollo de este trabajo, se ha dividido en 4 Unidades de aprendizaje, como se describe en el plan analítico de la materia (**ver Anexo A**). La herramienta metodológica utilizada para el desarrollo de este compendio de prácticas es el "Work Breakdown Structure (WBS)" que especifica el marco lógico del trabajo en términos de los resultados de aprendizaje junto con los indicadores de logro por cada unidad de aprendizaje. Por lo tanto, se desarrolla todo el trabajo en paquetes asociados a cada una de las unidades de aprendizaje. A continuación se describe el desarrollo de las prácticas por cada Unidad de aprendizaje:

#### 3.1.1. Unidad 1: Electrodo para biopotencial

Los indicadores de logro académico establecidos en esta unidad son:

- *"Conoce las interfaces generadas al capturar biopotenciales por medio de electrodos"*
- *"Selecciona los tipos de transductores adecuados para la captura de bioseñales"*

Para cumplir con los indicadores de logro de esta unidad se propone 3 prácticas, en las que se integran los saberes teóricos de la unidad de aprendizaje. Los materiales usados, el marco procedimental y la experimentación se incluyen en la sección **ANEXOS** de este documento. Por lo tanto, se proponen las siguientes prácticas:

#### **Práctica 1: Velocidad de conducción nerviosa (Anexo B)**

Esta práctica de laboratorio se enfoca en la velocidad de conducción nerviosa, la cual representa un estudio de la neurofisiología, constituyendo una herramienta indispensable para

evaluar la función del sistema nervioso, tanto craneal como periférico, respectivamente. Este concepto se refiere a la velocidad con que los impulsos eléctricos se propagan a través de las fibras nerviosas periféricas y su determinación se ve influenciada por múltiples factores anatómicos y fisiológicos como: el diámetro de la fibra, el grado de mielinización y variables como la edad, la temperatura y sexo. En este contexto, la estimulación de los nervios se lleva a cabo mediante la aplicación de corrientes eléctricas por medio de electrodos, los mismos que son situados en músculos distales y nervios sensoriales cutáneos, permitiendo así un detallado de la actividad electroquímica de las fibras neuronales. Esta práctica de laboratorio ofrece una experimentación real con los transductores y los parámetros distintivos de bioinstrumentación y biosensores. Además, consolida la comprensión de la conducción de un impulso nervioso como una actividad electroquímica de las fibras neuronales individuales. Sin embargo, al registrar los potenciales de acción mediante electrodos reflejan una amalgama de respuesta neuronales [Whitmer, 2021]. Por otro lado, esta práctica potencia la habilidad del estudiante para seleccionar los tipos de transductores más adecuados para la captura de bioseñales, ya que la elección del transductor adecuado puede tener un impacto significativo en la calidad de las señales obtenidas [Javaid et al., 2023].

Por lo tanto, los objetivos, materiales, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

### **Práctica 2: Evaluación de la función cardiovascular y cerebral, por medio de electrocardiografía y electroencefalografía (Anexo C)**

Esta práctica consiste en evaluación de la función cardiovascular a través del electrocardiograma y la función cerebral mediante el electroencefalograma. Estas señales permiten identificar entre tipos de bioseñales periódicas y aperiódicas, las mismas que son registradas con diferentes configuraciones y tipos de electrodos para cada biopotencial. [Ochoa, ]. Además, brinda un mejor entendimiento acerca de la utilización de los electrodos cuando son ubicados en zonas estratégicas para el registro de las señales sobre el cuerpo humano. Estas actividades fisiológicas se caracterizan por la transmisión de impulsos eléctricos específicos, reflejando así el funcionamiento del corazón y del cerebro. Con el desarrollo de esta práctica, los estudiantes serán capaces de diferenciar y seleccionar los tipos de transductores adecuados para la captura de diferentes tipos de bioseñales [Aktamiş and Acar, 2010].

Por lo tanto, los objetivos, materiales usados, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

### **Práctica 3: Adquisición de la onda de presión arterial y circulación periférica (Anexo D)**

En esta práctica está diseñada para comprender el uso de otros tipos de transductores, los transductores mecánicos. Los mismos que son usados para capturar información de procesos físicos asociados a ciertas funciones fisiológicas del cuerpo humano. Específicamente, con esta práctica los estudiantes serán capaces de adquirir una representación de la presión arterial mediante una forma de onda obtenida por la aplicación de sensores de presión. Estos sensores cuantifican las diferencias de presión a nivel arterial mediante la transformación de estas variaciones en señales eléctricas, las mismas que pueden ser registradas por sistemas electrónicos de bioinstrumentación. Con el desarrollo de esta práctica, los estudiantes serán capaces de diferenciar y seleccionar los tipos de transductores mecánicos para la captura de diferentes niveles de presión arterial [[Ponmozhi et al., 2012](#)].

De igual manera, los objetivos, materiales usados, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

#### **3.1.2. Unidad 2: Circuitos de acondicionamiento para señales biomédicas y sus aplicaciones.**

Los resultados de aprendizaje correspondientes a esta unidad se definen como:

- *"Analiza circuitos para acondicionamiento de señales biomédicas"*
- *"Conoce y aplica métodos para detectar, clasificar y eliminar ruido"*
- *"Determina las condiciones adecuadas para la adquisición de bioseñales y emplea las estrategias que garanticen la seguridad del paciente."*

Para cumplir con los indicadores de logro de esta unidad se propone 5 prácticas, en las que se integran los saberes teóricos de la unidad de aprendizaje. Los materiales usados, el marco procedimental y la experimentación se incluyen en la sección **ANEXOS** de este documento. Por lo tanto, se proponen las siguientes prácticas:

#### **Práctica 1: Amplificadores operacionales empleando en el simulador proteus (Anexo E)**

Esta práctica de laboratorio se enfoca en los amplificadores operacionales o conocidos como amplificadores diferenciales presentan una alta ganancia como una alta impedancia de entrada y una baja impedancia de salida. Este componente proporciona cambios en la amplitud de voltaje (tanto en amplitud como en polaridad) de manera precisa y controlada. En su configuración un amplificador operacional consta de tres etapas principales: una etapa de entrada

con dos terminales, una etapa de salida con un terminal de salida y una etapa intermedia que procesa la comparación entre las dos entradas [Webster, ]. En la práctica, podremos verificar funciones tales como el inversor, no inversor, sumador y comparador, se empleará un diagrama guía, conocido como datasheet, que proporciona información detallada sobre cómo realizar las conexiones de los componentes necesarios [Crisp et al., 2016].

Por lo tanto, los objetivos, materiales, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

### **Práctica 2: Aplicaciones de amplificadores operacionales (Anexo F)**

En el siguiente práctica se podrá ver la aplicación de los amplificadores operacionales, que son ampliamente utilizados en circuitos de acondicionamiento de señales, donde se encargan de amplificar, filtrar y procesar señales analógicas de entrada para su posterior procesamiento.[American, 2021], se puede observar la simulación en diferentes etapas al generar una señal con implementación de amplificador operacional TL062 este presenta una alta impedancia de entrada y una alta velocidad de desplazamiento y el presenta una entrada JFET, estructurado con transistores bipolares JFET de alto voltaje. Por lo tanto la práctica brinda la oportunidad de analizar detalladamente las diversas formas en que este dispositivo puede ser utilizado, es importante comprender que los amplificadores operacionales desempeñan un papel significativo en el acondicionamiento de se nales, incluyendo amplificación y filtrado. [Inamdar A et al., 2009]

Por lo tanto, los objetivos, materiales, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

### **Práctica 3: Amplificadores de Bioinstrumentación (Anexo G)**

En el campo de la Biomedicina, los amplificadores de bioinstrumentación desempeñan la función de amplificar y procesar señales fisiológicas débiles, como aquellas provenientes de sensores biomédicos. Estos amplificadores son fundamentales para mejorar la calidad de las mediciones y permitir la detección precisa de señales biológicas [Webb, 2018].

El amplificador de instrumentación es un dispositivo diferencial de ganancia de tensión que puede ajustarse con gran precisión, donde se integra un bloque funcional, es utilizado en aplicaciones de medición que implican diferentes niveles de voltaje, está compuesto por varios amplificadores operacionales y resistencias de alta precisión, los cuales garantizan la exactitud y precisión del sistema por lo que se emplea ampliamente en mediciones debido a su alta impedancia de entrada, su ganancia fácilmente ajustable y su alto rechazo al ruido, lo que lo hace ideal para acondicionar y medir voltajes pequeños con gran precisión, en esta práctica, se analizarán los principios fundamentales de los amplificadores de bioinstrumentación y su aplicación en los entornos biomédicos.[Webster, ]. En la práctica dedicada a los

amplificadores de Bioinstrumentación, se evidencia cómo estos dispositivos facilitan la adquisición y el procesamiento de bioseñales obtenidas del cuerpo. Esta práctica involucra una etapa inicial de entrada, seguida de la amplificación de las señales. Posteriormente, diversos filtros entran en juego para eliminar las frecuencias de interferencia, lo que una visualización clara y precisa de la señal resultante

Por lo tanto, los objetivos, materiales, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

#### **Práctica 4: Análisis y acondicionamiento de señales de electromiografía (Anexo H)**

Esta práctica ofrece la oportunidad de llevar a cabo un análisis y acondicionamiento de las señales de electromiografía mediante el uso de amplificadores de bioinstrumentación. Estos dispositivos permiten la adquisición y procesamiento de las señales provenientes de la contracción muscular. Dado que estas señales suelen tener una amplitud baja, los amplificadores operan con una entrada de alta impedancia, lo que contribuye a minimizar la pérdida de la señal y preservar su integridad durante el proceso de amplificación y acondicionamiento.

Las señales de electromiografía (EMG) registran la actividad eléctrica de los músculos, lo que ofrece una representación visual del funcionamiento del sistema neuromuscular, por lo que los amplificadores de bioinstrumentación desempeñan un papel fundamental en este proceso al amplificar y acondicionar las débiles señales EMG, permitiendo así su adecuada captura y análisis. Estos amplificadores, diseñados específicamente para trabajar con señales biológicas de baja amplitud y alta impedancia, son confiables para la obtención de datos confiables sobre la actividad muscular. Además, su capacidad para filtrar el ruido y rechazar las interferencias externas es esencial para garantizar la calidad de las mediciones y facilitar una interpretación precisa de los datos. Por lo tanto los amplificadores de bioinstrumentación son elementos fundamentales para la aplicación de las señales de electromiografía, contribuyendo significativamente al avance de la investigación médica y la tecnología biomédica.. [[American, 2021](#)]

Por lo tanto, los objetivos, materiales, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

#### **Práctica 5: Filtros activos empleando la simulación en proteus (Anexo I)**

Esta práctica permitirá adquirir conocimientos sobre los filtros, dado que son elementos de la instrumentación biomédica. En conjunto con diversos componentes electrónicos, estos filtros contribuirán a mejorar la calidad de las señales al reducir el ruido y las interferencias de frecuencia, lo que resultará en una visualización óptima de la señal. De esta manera, los participantes podrán comprender cómo los filtros desempeñan una mejora en la precisión y fiabilidad de las mediciones en el contexto biomédico. Los filtros activos su importancia

es la adquisición y procesamiento de señales biomédicas, siendo esenciales para mejorar la calidad de las señales obtenidas de dispositivos biomédicos. Estos filtros están diseñados específicamente para seleccionar segmentos específicos de una señal dentro de un rango de frecuencia definido y pueden utilizar transistores o amplificadores operacionales en combinación con resistencias, inductores y condensadores. Sin embargo, el uso de inductores en los filtros activos es limitado debido a su tamaño voluminoso, su elevado costo como los altos componentes resistivos internos que poseen [Webster, ].

Por lo que este componente electrónico permite el paso de una banda de frecuencias específica mientras atenúa todas las señales fuera de esa banda, estos se caracterizan por presenar transistores o amplificadores operacionales junto con resistencias, inductores y condensadores, por lo tanto los inductores son poco comunes en los filtros activos debido a su tamaño voluminoso, su alto costo y los grandes componentes resistivos internos que poseen.

Por lo tanto, los objetivos, materiales, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

### 3.1.3. Unidad 3: Microcomputadores en instrumentación biomédica

Los resultados de aprendizaje correspondientes a esta unidad se definen como:

- *"Aplica los conceptos de bioinstrumentación al tratamiento de bioseñales"*
- *"Identifica los escenarios de utilización de bioinstrumentación"*

Para cumplir con los indicadores de logro de esta unidad se propone 3 prácticas, en las que se integran los saberes teóricos de la unidad de aprendizaje. Los materiales usados, el marco procedimental y la experimentación se incluyen en las sección **ANEXOS** de este documento. Por lo tanto, se proponen las siguientes prácticas:

#### **Práctica 1: Sistemas embebidos y conversores ADC. (Anexo J)**

Durante el desarrollo de esta práctica, facilita el estudio de los sistemas embebidos en conjunto con los conversores ADC. Mediante un dispositivo que integra diversas funciones, se posibilita la adquisición, controlar el procesamiento y visualización de señales biológicas. Esto permite así la transmisión de información mediante, la utilización de distintos sensores y actuadores, lo que posibilita la adquisición de señales análogas y conversión de datos digitales.

Se adquirirán conocimientos fundamentales sobre sistemas informáticos diseñados para realizar tareas específicas. Estos sistemas desempeñan un papel crucial en la automatización,

control y monitoreo de diversos procesos. Por otro lado, los convertidores analógico-digitales (ADC) son componentes esenciales en muchos sistemas electrónicos. Su función principal radica en convertir señales analógicas, provenientes de sensores u otros dispositivos, en información digital. Esta conversión resulta indispensable para el procesamiento de datos en entornos digitales, ya que posibilita la interpretación y manipulación eficiente de la información analógica en sistemas basados en microcontroladores y microprocesadores.s. [[American, 2021](#)]

Por lo tanto, los objetivos, materiales, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

### **Práctica 2: Sistemas embebidos para bioinstrumentación con arduino e iworx (Anexo K)**

Esta práctica de laboratorio se enfoca en la integración de sistemas embebidos en el ámbito de la bioinstrumentación, resaltando la importancia de adquirir conocimientos sobre la transformación y procesamiento de datos [[American, 2021](#)]. Se realizará un análisis detallado de la aplicación de sistemas embebidos con Arduino e iworx en la medición de la fuerza de agarre. Esta medición resulta esencial tanto en actividades cotidianas como profesionales, ya que sirve como indicador de la salud y capacidad funcional de un individuo. La convergencia de Arduino e iworx no solo mejora la captura precisa de datos biomédicos, sino que también facilita su posterior análisis.

El propósito central de esta práctica es incorporar la fuerza de agarre como un parámetro esencial, lo cual contribuye al entendimiento en el campo de la bioinstrumentación. El objetivo último es enriquecer la comprensión de este campo, aprovechando la capacidad de los sistemas embebidos para obtener mediciones precisas y significativas en tiempo real.

Durante del desarrollo de la práctica, se evidencia los sistemas embebidos emplean microcontroladores para llevar a cabo la adquisición y transmisión de datos. Además, se observa que estos sistemas integran acelerómetros para monitorear al movimiento de manera precisa. Esta integración permite la afectividad del procesamiento de la señal, cuando se combina con dispositivos como arduino e iworx.

Por lo tanto, los objetivos, materiales, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

### **Práctica 3: Visualización de señales con Matlab y AppDesigener(Anexo L)**

En el ámbito del procesamiento de señales y la representación de datos, resulta fundamental para la comprensión de patrones y la extracción de información valiosa. MATLAB ofrece App Designer, una herramienta intuitiva para crear interfaces gráficas de usuario (GUI, por sus siglas en inglés). Esta práctica se centra en la implementación de un sistema de visualización de señales en el laboratorio mediante App Designer. Se explorará el diseño de

interfaces interactivas para la representación dinámica de datos, lo que proporciona habilidades esenciales para la interpretación de señales en entornos experimentales [American, 2021]. Durante el desarrollo de la práctica, los participantes tendrán la oportunidad de emplear la herramienta de Matlab para la visualización de las señales, lo que les permitirá comprender el proceso de adquisición de datos. Mediante el uso de interfaces gráficas, podrán observar los datos de manera más clara y detallada, lo que facilitará una comprensión más profunda de la información obtenida. Esta práctica proporcionará una experiencia práctica invaluable para los estudiantes, ya que les permitirá aplicar los conceptos aprendidos y familiarizarse con una herramienta ampliamente utilizada en el análisis de señales y datos en el ámbito de la ingeniería biomédica.

Por lo tanto, los objetivos, materiales, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

### 3.1.4. Unidad 4: Seguridad eléctrica en bioinstrumentos

Los resultados de aprendizaje correspondientes a esta unidad se definen como:

- *”Determina las condiciones adecuadas para la adquisición de bioseñales y emplea las estrategias que garanticen la seguridad del paciente.”*

Para cumplir con los indicadores de logro de esta unidad se propone 2 prácticas, en las que se integran los saberes teóricos de la unidad de aprendizaje. Los materiales usados, el marco procedimental y la experimentación se incluyen en la sección **ANEXOS** de este documento. Por lo tanto, se proponen las siguientes prácticas:

#### **Práctica 1: Sistemas de seguridad y aislamiento eléctricos en bioinstrumentación (optoacopladores. (Anexo K)**

En el contexto de la bioinstrumentación, la práctica centrada en sistemas de seguridad y aislamiento eléctrico, específicamente mediante optoacopladores, ofrece una oportunidad de adquirir conocimientos. Durante esta sesión, los estudiantes explorarán la relevancia del aislamiento eléctrico y cómo este evita la transmisión directa de corriente eléctrica. Se destacó la importancia de un aislamiento eléctrico eficaz, que garantice la integridad de los equipos y la seguridad del entorno de trabajo. Los estudiantes podrán comprender mejor cómo estos sistemas son importantes en la prevención de accidentes eléctricos.

Un dispositivo electromédico se define como un equipo destinado a explorar, estimular o tratar a un paciente. Este dispositivo incluye componentes accesorios que entran en contacto directo con el paciente y puede estar conectado a múltiples dispositivos simultáneamente o tener inserciones en ciertas áreas de la piel. Dada esta configuración, existe un riesgo significativo de descarga eléctrica. Por lo tanto, el diseño, las fuentes de alimentación y el nivel de aislamiento del dispositivo desempeñan un papel crucial en la salvaguarda contra posibles

descargas eléctricas. [Luna, 2015]

Por lo tanto, los objetivos, materiales, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

### **Práctica 2: Sistemas de seguridad y aislamiento eléctrico en bioinstrumentación con la norma IEC 60601-1. (Anexo L)**

La normativa internacional que proporciona al Ingeniero Biomédico los parámetros esenciales para la cualificación de equipos biomédicos, siendo la IEC 60601 y sus apartados una referencia clave. Esta práctica se enfoca en la aplicación práctica de estos conocimientos en la evaluación de la seguridad eléctrica y utilizar la normativa mencionada como guía, desglosando sus requisitos detallados para abordar de manera integral la evaluación de equipos biomédicos en situaciones del mundo real, el objetivo es no solo comprender los estándares, sino también aplicarlos efectivamente en la garantía de la seguridad eléctrica en este contexto específico. [Hemalatha et al., 2019]. La práctica se centra en el análisis de los sistemas de seguridad y aislamiento eléctrico en bioinstrumentación conforme a la norma IEC 60601-1. Se destaca la relevancia de cumplir con esta normativa para garantizar tanto la integridad de los equipos médicos como la seguridad del paciente. La aplicación de esta norma ayuda a mitigar los riesgos asociados con las interferencias electromagnéticas y los cortocircuitos, aspectos críticos en entornos médicos. Se subraya la importancia de utilizar simuladores para llevar a cabo un análisis de la seguridad, lo que permite identificar y abordar posibles vulnerabilidades de manera efectiva.

Por lo tanto, los objetivos, materiales, marco procedimental y resultados son detallados en la sección ANEXOS.

## 4. Capítulo 3

### 4.1. Resultados

Los resultados obtenidos en cada unidad, según las prácticas realizadas, son los siguientes:

#### 4.1.1. Electroodos parabiopotenciales

##### **Práctica 1: Velocidad de conducción nerviosa.**

Durante la práctica en el laboratorio de bioinstrumentación, se realizaron procedimientos para estimular neuronas motoras y medir la respuesta muscular. Se aplicaron incrementos graduales de corriente eléctrica, registrando respuestas musculares en función de la amplitud del estímulo. Se identificaron siete mediciones consecutivas con valores constantes de  $\pm 0,2$  mV y se analizó la velocidad de conducción nerviosa modificando la configuración de los electrodos. Se concluyó que existe una relación directa entre la amplitud del estímulo y la velocidad de conducción nerviosa, destacando la reproducibilidad de los resultados y la importancia de considerar diferentes intensidades de estímulo en futuras prácticas, lo que contribuye al conocimiento en bioinstrumentación.

Para visualizar las señales obtenidas, se hace referencia al ANEXO B, donde se encuentran las imágenes correspondientes.

##### **Práctica 2: Evaluación de la función cardiovascular mediante electrocardiograma y la función cerebral mediante electroencefalograma.**

Durante la práctica en el laboratorio de bioinstrumentación, se llevaron a cabo procedimientos para realizar un electroencefalograma (EEG). Se siguieron pasos específicos para la preparación del módulo IXTA-220, la configuración del cable de EEG y la preparación del paciente, incluyendo la colocación de electrodos en áreas específicas de la cabeza. Posteriormente, se inició el software LabScribe y se configuraron los canales correspondientes. Se indicó al sujeto que realizara acciones específicas, como parpadear, fruncir el ceño o inclinar la cabeza, mientras se registraban las señales cerebrales. Una vez completada la grabación, se detuvo y se guardó el archivo de datos. Además, se realizó una actividad adicional para registrar valores específicos de la onda ECG y se desarrollaron preguntas para reflexionar sobre la importancia de los procedimientos realizados. En conclusión, se destacó la importancia del correcto posicionamiento de los electrodos para obtener resultados precisos y consistentes,

así como el valor del EEG en la comprensión de la actividad cerebral y el diagnóstico de condiciones neurológicas.

Para visualizar las señales obtenidas, se hace referencia al ANEXO C, donde se encuentran las imágenes correspondientes.

### **Práctica 3: Adquisición de la onda de Presión arterial y circulación periférica**

Durante la práctica de laboratorio sobre bioinstrumentación, se llevó a cabo la medición de la resistencia periférica y el volumen sanguíneo, dos parámetros fundamentales en la regulación de la presión arterial, además, se analizaron los valores normales de la presión arterial y se detallaron las categorías de hipertensión según las directrices de la Asociación Estadounidense del Corazón. Para llevar a cabo las mediciones, se utilizaron equipos como el IXTA-220 y el PPG-320, junto con el software LabScribe para registrar y analizar los datos. Se describió el procedimiento paso a paso, desde la configuración de los transductores hasta la preparación del paciente y la grabación de las señales de presión arterial y pulso. Finalmente, se discutieron los resultados obtenidos y se presentaron conclusiones y recomendaciones para mejorar la calidad de las mediciones y comprender mejor la función cardiovascular.

Para visualizar las señales obtenidas, se hace referencia al ANEXO D, donde se encuentran las imágenes correspondientes.

#### **4.1.2. Circuitos de condicionamiento para señales biomédicas y sus aplicaciones.**

##### **Amplificadores operacionales empleandos en el simulador proteus**

Durante la práctica llevada se empleó el simulador Proteus para investigar las distintas configuraciones y disposiciones de los amplificadores operacionales, tales como el modo inversor, no inversor, sumador y comparador. Se seleccionó un amplificador operacional LM741 y se realizaron las conexiones conforme al datasheet proporcionado, incluyendo las funciones asignadas a cada pin del amplificador. Este enfoque garantizó una configuración adecuada para maximizar el rendimiento del circuito. Además, se llevaron a cabo mediciones utilizando un multímetro para verificar el voltaje de salida y observar los diferentes comportamientos del amplificador en diversas condiciones. Las imágenes que detallan las configuraciones y mediciones realizadas se encuentran disponibles en el ANEXO E. Este análisis profundo proporciona una comprensión del funcionamiento de los amplificadores operacionales en aplicaciones prácticas, lo que contribuye significativamente al conocimiento y al desarrollo de circuitos electrónicos.

## **Aplicaciones de amplificadores operacionales**

Durante la práctica en el laboratorio de Bioinstrumentación, se realizó la simulación de un circuito utilizando el amplificador operacional TL062, el cual fue configurado para amplificar y procesar señales analógicas de entrada. A lo largo de la simulación, se exploró el potencial de este amplificador en el acondicionamiento de señales, incluyendo la construcción del circuito en una placa de pruebas y la configuración del software LabScribe para la adquisición de datos. Se subrayó la relevancia del amplificador TL062 en aplicaciones de instrumentación, destacando sus características de baja potencia y bajo ruido. Además, se enfatizó la eficaz integración entre hardware y software para facilitar tanto la recolección como el análisis de datos. Para una mejor comprensión del circuito y los resultados obtenidos, se adjuntan en el Anexo F las imágenes capturadas durante la práctica.

## **Amplificadores de Bioinstrumentación**

En la práctica dedicada a los amplificadores de bioinstrumentación, se puso de manifiesto la adquisición y procesamiento de bioseñales, especialmente aquellas de baja amplitud provenientes de sensores biomédicos. Se llevó a cabo una secuencia que abarca la etapa de entrada hasta la amplificación de las señales, seguida por la aplicación de filtros para eliminar interferencias y garantizar una representación clara y precisa de la señal resultante. Además, se realizó la actividad práctica utilizando el amplificador AD620 y el sensor de temperatura LM35. Esta demostración permitió que estos componentes pueden ser configurados para amplificar y medir con precisión señales particulares, como la temperatura corporal, mediante ajustes de ganancia y la aplicación de las características del dispositivo, los resultados se muestran en el ANEXO G.

## **Análisis y acondicionamiento de señales electromiografía (EMG)**

En el análisis y acondicionamiento de señales electromiográficas (EMG), se obtuvo registros de la actividad eléctrica muscular mediante la utilización de electrodos, amplificadores y filtros. Los amplificadores ayudaron a potenciar y adecuar las señales EMG de baja intensidad, posibilitando su captura y análisis de manera óptima. Además, se aplicaron técnicas de filtrado de paso alto con el propósito de reducir el ruido de 60Hz, lo que contribuyó significativamente a mejorar la calidad de las mediciones realizadas. Como resultado se obtuvieron registros sobre la actividad muscular, tanto durante la contracción como posterior a la introducción del filtro. Las imágenes de los resultados correspondientes se encuentran detalladas en el ANEXO H.

## **Filtros activos empleando la simulación en proteus**

Durante la práctica, se llevaron a cabo diversas actividades relacionadas con el diseño de distintos tipos de filtros, destacando la realización de prácticas específicas para este fin. Estos

filtros fueron diseñados y caracterizados con el propósito de cumplir requisitos específicos, tales como la atenuación selectiva de frecuencias o el paso de señales dentro de rangos determinados en la aplicación práctica la captura de señales de electromiografía (EMG) para medir la actividad eléctrica muscular que actuó el diseño de los filtros permitiendo aplicar frecuencias de corte de diferentes valores de frecuencia inferior y otro a una frecuencia superior. Por ende, al ajustar las frecuencias de corte durante el diseño implicó la modificación de ciertos valores asociados a dichos puntos, evidenciando cambios tanto en la amplitud como en la frecuencia, como se aprecia en el ANEXO I.

### **4.1.3. Microcomputadores en instrumentación biomédica**

#### **Sistemas embebidos y conversores ADC**

Durante la práctica de sistemas embebidos y conversores ADC, se exploró la integración de estos sistemas para adquirir, procesar y visualizar señales biológicas. Se estableció un sistema que permite la conexión entre dos sistemas embebidos independientes, diseñado para adquirir y mostrar información del sensor de pulso, así como controlar los puertos digitales y los conversores A/D. Se profundizó en la conversión analógica a digital y en la configuración de la comunicación serial entre placas Arduino. Se destacó el papel crucial de los sistemas embebidos en la automatización, control y monitoreo de diversos procesos, así como la importancia de los convertidores ADC en la conversión de señales analógicas a digitales para su procesamiento en entornos digitales, se obtuvo una visualización detallada de las conexiones y la forma de onda capturada por el sensor de pulso, como se aprecia en el ANEXO J.

#### **Sistemas embebidos para bioinstrumentación con arduino e iworx**

La integración de sistemas embebidos con Arduino e iworx ha demostrado ser eficaz para la adquisición de datos de fuerza de agarre, esta práctica ha permitido diseñar una metodología que facilita la captura y representación de señales relacionadas con la fuerza de agarre y la visualización de la fuerza de agarre en LabScribe, junto con la representación gráfica de la garra, ha facilitado la comprensión y el análisis en tiempo real de las mediciones realizadas, proporcionando una interpretación de los datos biomédicos obtenidos durante la práctica, lo que contribuye a una mejor comprensión de la dinámica del movimiento y la fuerza muscular, como se muestra en el ANEXO K.

#### **Visualización de señales con Matlab y AppDesigner**

Durante la práctica en el laboratorio de bioinstrumentación, se configuraron diversos elementos de la interfaz de la aplicación utilizando MATLAB, y se estableció una comunicación efectiva con el dispositivo Arduino, adquiriendo así la capacidad de visualizar la señal generada por el circuito físico montado. Esta integración permitió el monitoreo y la interacción

con el sistema, lo cual se detalla en el ANEXO L, incluyendo las figuras respectivas para una mejor comprensión del proceso.

#### **4.1.4. Seguridad eléctrica en bioinstrumentos**

##### **Sistemas de seguridad y aislamiento eléctricos en bioinstrumentación (optoacopladores)**

Durante la práctica enfocada en sistemas de seguridad y aislamiento eléctrico en bioinstrumentación, se realizaron pruebas con optoacopladores pro medio de simulación en proteus, para evaluar su eficacia en el aislamiento eléctrico. Los resultados demostraron que los optoacopladores proporcionan un aislamiento efectivo entre secciones de bajo y alto voltaje, lo que ayuda a prevenir posibles descargas eléctricas no deseadas. Se observó que al aplicar un voltaje o corriente a la entrada del optoacoplador, se activa internamente un fototransistor mediante un LED, controlando así el estado de dispositivos de alto voltaje como relés. Esto garantiza un aislamiento seguro y previene interferencias en entornos biomédicos sensibles. Además, se llevó a cabo la construcción y prueba de circuitos de aislamiento utilizando tanto optoacopladores como transistores. Los resultados prácticos mostraron un funcionamiento adecuado de estos circuitos, lo que indica su viabilidad para aplicaciones biomédicas. Los resultados correspondientes a estos circuitos se encuentran disponibles en el ANEXO M.

##### **Sistemas de seguridad y aislamiento eléctrico en bioinstrumentación con la norma IEC 660601-1**

En el laboratorio de bioinstrumentación, se realizaron diversas mediciones utilizando el analizador de seguridad eléctrica Fluke ESA 620. Se llevó a cabo la conexión adecuada del equipo, incluyendo el monitor de signos vitales y los electrodos del paciente al analizador. Tras encender ambos dispositivos y permitir un tiempo de estabilización eléctrica, se procedió a seleccionar la normativa correspondiente y realizar mediciones de voltaje, resistencia y corriente, siguiendo los pasos indicados en la práctica. Se registraron los resultados obtenidos, observando los valores correspondientes a diferentes configuraciones y condiciones de conexión, el analizador Fluke ESA 620 demostró ser capaz de realizar una variedad de pruebas de seguridad eléctrica con precisión y fiabilidad. Los resultados correspondientes a estos circuitos se encuentran disponibles en el ANEXO N.

## **4.2. Conclusiones**

1. El diseño de guías de laboratorio para la asignatura de Bioinstrumentación facilita la implementación de una metodología didáctica, adaptada a las necesidades específicas de la universidad. Esta iniciativa introduce nuevas pautas metodológicas que promueven el

uso de herramientas innovadoras y sistemas de información, brindando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje continua en colaboración con los docentes.

2. La inclusión del iworxs en el diseño de las guías de laboratorio grupal entre los estudiantes. Esta herramienta posibilita que los alumnos aborden de manera conjunta los ejercicios propuestos, integrando sus conocimientos y proponiendo soluciones de forma sincrónica. Esa dinámica enriquece su comprensión y habilidades, al permitirles enfrentar los problemas planteados de manera mas diversa y colaborativa.
3. La redacción clara y comprensible de las prácticas de laboratorio asegura que los estudiantes puedan ejecutar los procedimientos sin dificultad. Esta claridad en las instrucciones garantiza que no haya confusión durante la realización de las actividades, lo que contribuye a una ejecución fluida del proceso. Además, está sólida experiencia de aprendizaje, tanto teórica como práctica, fortalece el conocimiento adquirido en el ámbito de la Bioinstrumentación, preparando a los estudiantes de manera óptima para enfrentar los desafíos del campo.

### 4.3. Recomendaciones

1. Se recomienda que los estudiantes, al ingresar a cada práctica de laboratorio, cuenten con una comprensión clara del tema que se abordará. Por esta razón, es importante que los docentes refuercen sus clases teóricas de manera que los estudiantes puedan complementar su conocimiento con la aplicación práctica que realizarán en el laboratorio. Este enfoque permitirá un desarrollo más integral de su aprendizaje, facilitándoles conectar los conceptos con su aplicación práctica de manera efectiva.
2. Se recomienda que los laboratorios de la asignatura de Bioinstrumentación se asegure que tanto sus equipos como los materiales estén en perfectas condiciones. Esto garantizará que las prácticas programadas se lleven a cabo en los tiempos establecidos. Es importante que los estudiantes tengan a su disposición todos los recursos necesarios para realizar las actividades de manera eficiente y segura, lo que contribuirá a un aprendizaje satisfactorio.
3. Se propone que, una vez establecidas las prácticas, el docente a cargo anticipe la preparación de los equipos y materiales necesarios, así como del espacio a utilizar para llevar a cabo las actividades. Esta anticipación asegurará que el tiempo se aproveche de manera óptima, garantizando la eficacia en la ejecución de las actividades planificadas.
4. Se sugiere la actualización periódica de las guías prácticas, teniendo en cuenta los cambios y actualizaciones en los programas de software y hardware utilizados. De esta manera, se garantiza que las guías estén al día con la tecnología más reciente, lo que

permite ofrecer a los estudiantes materiales de estudio actualizados y relevantes para su formación académica.

## A. Anexo: Plan analítico de la asignatura de Bioinstrumentación

## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

### PROGRAMA ANALÍTICO DE LA ASIGNATURA

#### 1. Datos Informativos

<b>Carrera:</b>	BIOMEDICINA		
<b>Asignatura:</b>	BIOINSTRUMENTACIÓN	<b>Nivel:</b>	6
<b>Código de la Asignatura:</b>	E-CT-IBM-104	<b>Unidad de Organización Curricular:</b>	UNIDAD PROFESIONAL
<b>Número total de horas:</b>	160	<b>Campo de Formación:</b>	
<b>N° Horas Componente Docencia:</b>	64	<b>Modalidad:</b>	PRESENCIAL
<b>N° Horas Componente Prácticas de Aplicación y Experimentación de Aprendizajes:</b>	32		
<b>N° Horas Componente de Trabajo Autónomo :</b>	64		

#### 2. Caracterización de la Asignatura

La asignatura de Bioinstrumentación forma parte del eje de la unidad de organización curricular profesional. En esta materia se presenta la información relevante al conocimiento de biopotenciales, transductores, circuitos de acondicionamiento de biopotenciales y el análisis del ruido, el rol de los microcomputadores en el procesamiento, almacenamiento y visualización de información de bioseñales, los cuales son conceptos fundamentales en la instrumentación biomédica.

### 3. Resultados de Aprendizaje

- Analiza circuitos para acondicionamiento de señales biomédicas
- Aplica los conceptos de bioinstrumentación al tratamiento de bioseñales
- Conoce los parámetros característicos de los bioinstrumentos y biosensores
- Conoce los transductores básicos para instrumentación biomédica: electrodos, transductores mecánicos, térmicos, ópticos y químicos.
- Conoce y aplica métodos para detectar, clasificar y eliminar ruido
- Determina las condiciones adecuadas para la adquisición de bioseñales y emplea las estrategias que garanticen la seguridad del paciente.
- Identifica los escenarios de utilización de bioinstrumentación.

### 4. Contenidos

Unidades Temáticas	Contenidos de la Unidad	Resultados de Aprendizaje de la Asignatura correspondientes a cada	Indicadores de Logro	TOTAL DE HORAS POR UNIDAD
UNIDAD 1 - Electrodos para biopotenciales	1.1 Parámetros característicos de los bioinstrumentos y biosensores 1.2 Electrodos para biopotencial 1.2.1 Interfaces. 1.2.2 Electrodos y polarización. 1.2.3 Tipos de electrodos y arreglos de electrodos. 1.3 Otros transductores para instrumentación biomédica	Conoce los parámetros característicos de los bioinstrumentos y biosensores  Conoce los transductores básicos para instrumentación biomédica: electrodos, transductores mecánicos, térmicos, ópticos y químicos.	1.1 Conoce las interfaces generadas al capturar biopotenciales por medio de electrodos.  2.1 Selecciona los tipos de transductores adecuados para la captura de bioseñales	20
UNIDAD 2 - Circuitos de acondicionamiento para señales biomédicas y sus aplicaciones.	2.1 Amplificador de instrumentación 2.2 Parámetros de un circuito amplificador (impedancia E/S, voltaje offset, corriente de polarización (bias), respuesta en frecuencia.) 2.3 Requisitos de un bioamplificador 2.4 Caracterización del ruido en el registro de biopotenciales.: Definición y parámetros 2.4.1 Técnicas de tratamiento y reducción de Ruido: Filtros	Analiza circuitos para acondicionamiento de señales biomédicas  Conoce y aplica métodos para detectar, clasificar y eliminar ruido  Determina las condiciones adecuadas para la adquisición	1.1 Selecciona los circuitos adecuados para el acondicionamiento de bioseñales  2.1 Conocer los parámetros que definen el ruido en la captura de bioseñales y técnicas de reducción de ruido.	60

		de bioseñales y emplea las estrategias que garanticen la seguridad del paciente.	3.1 Diseña e implementa circuitos para la adquisición de bioseñales	
UNIDAD 3 - Microcomputadores en instrumentación biomédica	3.1 Estrategias básicas de procesamiento, almacenamiento y visualización de información 3.2 Control y retroalimentación 3.3 Aplicaciones de microcomputadoras en bioinstrumentos.	Aplica los conceptos de bioinstrumentación al tratamiento de bioseñales  Identifica los escenarios de utilización de bioinstrumentación.	1.1 Conoce y aplica microcomputadores en el registro, procesamiento, almacenamiento y visualización de bioseñales  2.1 Conoce los requisitos de operación de bioinstrumentos para ambientes reales	60
UNIDAD 4 - Seguridad eléctrica en bioinstrumentos	4.1 Conceptos de seguridad eléctrica en bioinstrumentos 4.2 Diseño de circuitos de protección y reducción de interferencia en bioinstrumentos	Determina las condiciones adecuadas para la adquisición de bioseñales y emplea las estrategias que garanticen la seguridad del paciente.	1.1 Conoce los conceptos de seguridad eléctrica asociados a bioinstrumentos.  1.2 Conoce y aplica estrategias básicas para el diseño de bioinstrumentos que garanticen la seguridad del paciente.	20

## 5. Metodologías de Aprendizaje

- Aprendizaje Cooperativo: es una metodología que sirve para la construcción del aprendizaje significativo; se define como un método de aprendizaje caracterizado por el trabajo conjunto, fundamentado en el socio.
- Aprendizaje basado en problemas: estrategia utilizada por los docentes en la que los estudiantes vivencian el recorrido desde el planteamiento original del problema hasta su solución.
- Estudio de casos: modo de enseñanza aprendizaje en el que los alumnos aprenden sobre la base de experiencias y situaciones de la vida real, permitiéndoles así construir su propio conocimiento en un contexto que los aproxima a su entorno académico y profesional. Este método se basa en la participación activa y en procesos colaborativos y democráticos de discusión de la situación expuesta.
- Aprendizaje auto-dirigido: proceso en el cual los estudiantes toman la iniciativa, con o sin la ayuda de otros en el avance de su propia formación.
- Aprendizaje basado en investigación: considera al estudiante como protagonista de su propio aprendizaje. Los estudiantes actúan como investigadores, aprenden habilidades investigativas asociadas, debido a que las actividades están basadas en la búsqueda. La enseñanza se orienta a ayudar a los estudiantes a comprender los fenómenos de la forma en que lo hacen los expertos.
- Prácticas de laboratorio: propende a que los estudiantes adquieran las habilidades propias de los métodos de la investigación científica, amplíen, profundicen, consoliden, realicen y comprueben los fundamentos de la asignatura mediante experimentación.
- Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP o PBL, Project-Based Learning) es un método docente basado en el estudiante como protagonista de su propio aprendizaje. En este método, el aprendizaje de conocimientos tiene la misma importancia que la adquisición de habilidades y actitudes

## 6. Procedimiento de Evaluación

Este se regirá al Reglamento Interno de Régimen Académico que en su parte pertinente establece:

Artículo 41.- Evaluación de aprendizajes.- Para la aprobación de asignaturas en los niveles de grado, independientemente de la modalidad de estudios, el estudiante debe demostrar dominio de conocimientos, capacidades, destrezas y desempeños previstos en los resultados de aprendizaje. La evaluación se realiza en forma sistemática y continua sobre un total de cien puntos divididos en dos partes de cincuenta puntos cada una, que incluyen aprovechamiento y examen. La nota mínima para la aprobación es de setenta puntos.

Artículo 42.- El aprovechamiento será evaluado y calificado con un mínimo de treinta puntos, considerando los resultados de aprendizaje previstos en la planificación micro curricular y las actividades de aprendizaje desarrolladas.

La calificación de aprovechamiento será el resultado de por lo menos tres actividades de aprendizaje, sean éstas de carácter colaborativo, prácticas de aplicación y experimentación, trabajo autónomo, u otras:

De carácter colaborativo:

- a. Sistematización de prácticas de investigación-intervención,
- b. Proyectos de integración de saberes,
- c. Construcción de modelos y prototipos,
- d. Proyectos de problematización,
- e. Resolución de problemas o casos.

De prácticas de aplicación y experimentación:

- a. Prácticas de campo,
- b. Trabajos de observación dirigida,
- c. Resolución de problemas,
- d. Talleres.

De trabajo autónomo:

- a. Elaboración individual de ensayos,
  - b. Trabajos y exposiciones,
  - c. Pruebas orales o escritas,
  - d. Resolución de guías didácticas,
  - e. Indagación bibliográfica.
- Otras

### 7. Bibliografía

<b>TEXTOS BÁSICOS</b>	<b>AUTOR; TÍTULO; EDICIÓN Y AÑO</b>
1	John G. Webster (Editor), Amit J. Nimunkar , Medical Instrumentation: Application and Design, 5th Edition, 2020
2	Joseph D. Bronzino, Donald R. Peterson, Biomedical Engineering Fundamentals, 2th Edition, 2018
3	John Enderle, Joseph Bronzino, Introduction to Biomedical Engineering, 3th Edition, 2012
<b>LECTURAS SUGERIDAS</b>	
1	<a href="https://sites.google.com/site/ingenieriabiomedica123/">https://sites.google.com/site/ingenieriabiomedica123/</a>
2	<a href="https://es.slideshare.net/melendezcuauro/instrumentacin-mdica-bioinstrumentacin">https://es.slideshare.net/melendezcuauro/instrumentacin-mdica-bioinstrumentacin</a>

## B. Anexo: Velocidad de conducción nerviosa

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

# 1. TEMA: Velocidad de conducción nerviosa

## 1.1. Descripción:

Con el desarrollo de esta práctica de laboratorio se evaluará la velocidad de conducción nerviosa, constituyendo una herramienta para determinar la función del sistema nervioso, tanto craneal como periférico, respectivamente. La velocidad de conducción se refiere a la velocidad con que los impulsos eléctricos se propagan a través de las fibras nerviosas periféricas y su transmisión depende de múltiples factores anatómicos y fisiológicos como: el diámetro de la fibra, grado de mielinización y algunas variables como la edad, temperatura corporal y género. Para la realización de esta práctica, la estimulación de los nervios se lleva a cabo mediante la aplicación de corrientes eléctricas por medio de electrodos de superficie, los mismos que son situados en músculos distales y nervios sensoriales cutáneos, permitiendo así un registro gráfico de la actividad electroquímica de las fibras neuronales.

Además, con esta práctica de laboratorio, se experimentará el uso de electrodos superficiales para biopotenciales, los parámetros distintivos de bioinstrumentación y biosensores. Por otro lado, con el desarrollo de esta práctica el estudiante consolidará la comprensión de la conducción de un impulso nervioso y aprenderá a seleccionar los tipos de transductores adecuados para la captura de bioseñales y su impacto en la calidad de las mismas (Whitmer, 2021).

## 2. Objetivo General

Evaluar la velocidad de transmisión o conducción del nervio cubital.

## 3. Objetivo Específico

- Analizar la relación entre fuerza muscular aplicada y variación de la intensidad de corriente al activar el nervio cubital.
- Comprender la velocidad de conducción del nervio cubital mediante estimulación eléctrica desde dos puntos distintos sobre un extremidad corporal.
- Analizar el efecto en la velocidad de conducción del nervio cubital, al aplicar diferentes intensidades de corrientes para el estímulo.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. Electrodo de Biopotencial

Los electrodos de biopotencial desempeñan un rol significativo en la detección precisa de señales eléctricas originadas por procesos biológicos en los organismos vivos, siendo usados en campos biomédicos como: la electrocardiografía (ECG), electroencefalografía (EEG) y electromiografía (EMG). Estos dispositivos ayudan al registro de la actividad eléctrica en órganos como el corazón, el cerebro, los músculos y otros tejidos, proporcionando información fisiológica para propósitos de diagnóstico e investigación médica (Varela, 2015). Sin embargo, su construcción y estructura difieren de acuerdo al tipo de bioseñal que se requiere registrar. Por eso, es importante comprender la fuente de generación de estas bioseñales y los parámetros característicos de las mismas, considerando el proceso bioquímico que las produce.

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 4.2. Origen de las señales bioeléctricas y el potencial de acción

Las señales biológicas se originan en el organismo humano por el movimiento de iones cargados en la estructura celular, particularmente los iones de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Cl}^-$ . Este desplazamiento es consecuencia de cambios en las concentraciones presentes en los fluidos extracelular, intracelular e intersticial. La migración de estas iones como carga eléctrica se debe al efecto de difusión, dando lugar a la formación de un gradiente de concentración (Osorio, 2007). Este proceso da lugar a la conformación de un potencial de acción. Las señales eléctricas captadas por los electrodos colocados en la superficie de la piel, tienen su origen en los potenciales de acción generados a nivel celular, estableciendo trayectorias iónicas dentro del cuerpo, en condiciones de reposo celular, las concentraciones intracelular y extracelular de cationes y aniones se expresan como (Webb, 2018):

- Intracelular  $\text{Na}^+$ : 12 mM, Extracelular  $\text{Na}^+$ : 145 mM
- Intracelular  $\text{K}^+$ : 155 mM, Extracelular  $\text{K}^+$ : 4 mM
- Intracelular  $\text{Cl}^-$ : 4 mM, Extracelular  $\text{Cl}^-$ : 120 mM

Para mantener el gradiente de concentración en un estado estacionario a través de la membrana, es necesario que la bomba de sodio-potasio, realice el transporte del  $\text{Na}^+$  desde el espacio intracelular hacia el extracelular, y simultáneamente el  $\text{K}^+$  en dirección opuesta, este proceso contribuye a establecer y mantener el potencial de reposo Webster (s.f.). La Figura 1 ilustra el gráfico del potencial de acción con sus fases de potencial de reposo, despolarización y repolarización.

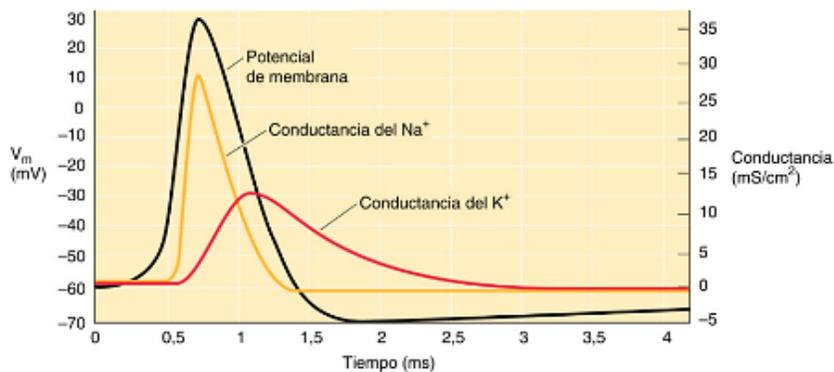


Figura 1: Diagrama de las fases de un potencial de acción el cual muestra el estado de reposo, despolarización, pico, repolarización e hiperpolarización. Fuente: Moczydlowski (2017).

Con este principio, se ha caracterizado los diferentes niveles y umbrales de excitación para los potenciales de acción correspondientes a diferentes tipos celulares. Por ejemplo, el músculo cardiaco ventricular y esquelético tiene un reposo de -85 a -90 mV, mientras que las células nerviosas tienen un potencial de reposo de -70 mV (Webb, 2018).

## 4.3. Transmisión de Señales

El potencial de acción opuesto al potencial de reposo de la membrana celular, se establece -70 mV para las neuronas, su desencadenamiento inicia con un estímulo, frecuentemente de naturaleza química, donde un neurotransmisor se une a un canal iónico activado por ligando en la membrana celular neuronal. Si el

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

estímulo es lo suficientemente intenso y excitador, la disipación de carga desencadena una despolarización en la elevación hasta alcanzar  $-55\text{mV}$ . (Whitmer, 2021)

Para transmitir esta señal a otra célula, se requiere una transmisión sináptica, que constituye el eslabón más lento en la cadena de la comunicación neuronal, durante este proceso, el potencial de acción llega a los extremos axónicos, provocando la apertura de canales de calcio regulados por el voltaje.

#### 4.3.1. Electrodo y polarización.

Las señales eléctricas captadas por los electrodos en la superficie de la piel tienen su origen en los potenciales de acción generados a nivel celular, estableciendo trayectorias iónicas dentro del cuerpo, en condiciones de reposo celular, las concentraciones intracelular y extracelular de cationes y aniones son la siguiente:

- Intracelular  $\text{Na}^+$ : 12 mM, Extracelular  $\text{Na}^+$ : 145 mM
- Intracelular  $\text{K}^+$ : 155 mM, Extracelular  $\text{K}^+$ : 4 mM
- Intracelular  $\text{Cl}^-$ : 4 mM, Extracelular  $\text{Cl}^-$ : 120 mM

Para mantener el gradiente de concentración en un estado estacionario a través de la membrana, es necesario que la bomba de sodio-potasio, realice el transportando el  $\text{Na}^+$  desde el espacio intracelular al extracelular y simultáneamente el  $\text{K}^+$  en dirección opuesta, este proceso contribuye a establecer y mantener el potencial de reposo.

El músculo cardíaco ventricular y esquelético tiene un reposo de  $-85$  a  $-90$  mV, mientras que las células nerviosas tienen un potencial de reposo de  $-70\text{mV}$  (Webb, 2018).

#### 4.4. Velocidad de transmisión neuronal

La rapidez con la que se transmiten las señales neuronales está influenciada principalmente por dos factores: el grosor del axón y su nivel de mielinización. Los axones más anchos permiten una transmisión más veloz debido a una menor resistencia interna. En el caso de los axones mielinizados, caracterizados por una sustancia blanca, la velocidad de transmisión puede alcanzar hasta  $150\text{m/s}$  gracias a un proceso conocido como conducción saltatoria. En este proceso, los canales iónicos solo son esenciales en áreas específicas de la mielina, conocidas como Nódulos de Ranvier, esto permite que la señal se propague rápidamente, saltando de un nódulo a otro. Por otro lado, en axones sin mielina o materia gris, la transmisión es continua y, por lo tanto, más lenta, ya que requiere la constante intervención de bombas de iones a lo largo de toda la membrana axonal. En estos casos, las velocidades rara vez superan los  $10\text{m/s}$ . Es importante destacar que la salud general del sistema nervioso, la edad, el género y las condiciones ambientales como la temperatura pueden influir en estas velocidades de transmisión, como se visualiza en la Figura 2. (Whitmer, 2021).

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

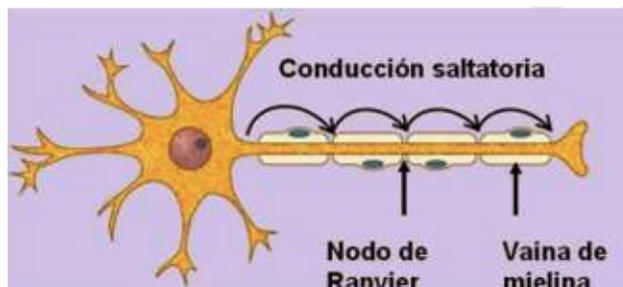


Figura 2: Estructura y la conducción saltatoria del potencial de acción en una neurona. (Píriz Giménez y cols., 2021).

#### 4.5. Transmisión neuronal captación por medio de Electromiograma.

En a Figura 3 se ilustra el gráfico las velocidades de conducción nerviosa de manera no invasiva, es esta técnica de velocidad de conducción nerviosa, un electrodo capta la respuesta muscular a la estimulación neuronal proporcionada por otro electrodo colocado en la piel. Se mide el lapso desde la estimulación inicial hasta la contracción muscular y este proceso se repite al desplazar el electrodo de estimulación, estas mediciones permiten calcular la velocidad de conducción nerviosa.

Esas velocidades indican la salud de los nervios periféricos, la falta de respuesta o velocidades anómalas pueden señalar problemas, como la desmielinización en condiciones como la esclerosis múltiple o degeneración nerviosa, normalmente los nervios periféricos de los brazos operan con velocidades entre 50 y 60 m/s (Whitmer, 2021).



Figura 3: Electromiografía con electrodos para evaluar conducción nerviosa. Fuente: Weiss y cols. (2023).

##### 4.5.1. Medición de Biopotenciales

Al aplicar electrodos estimulantes en la piel sobre el nervio, se activan tanto las fibras sensoriales como motoras. Esta estimulación desencadena el reflejo H, que involucra neuronas sensoriales en el centro integrador en la médula espinal y neuronas motoras. Además, la estimulación eléctrica genera una onda M, que se registra mediante electromiografía (EMG) y refleja la activación directa de las neuronas motoras y su subsiguiente respuesta muscular. En este laboratorio exclusivamente se medirán las ondas M (Whitmer, 2021).

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 5. MATERIALES

- PC (Computadora)
- Unidad de Adquisición de datos IX-TA-220 (Iworx Systems Inc.)
- Cable de conexión USB
- Fuente de alimentación para IX-TA-220 (Iworx Systems Inc.)
- Módulo de registro Iwire-B3G y cables para electrodos
- Siete Electrodos superficiales desechables
- Cables conductores para electro-estimulación C-HVS-SL2 (Iworx Systems Inc.)

## 6. MARCO PROCEDIMENTAL

La práctica consta de dos partes: la primera indica cómo configurar el iworx y la posición correcta de los electrodos superficiales para enviar los diferentes niveles de corriente; la segunda se encarga de medir la velocidad de conducción de un electrodo a otro.

Es necesario tomar en consideración los siguientes procedimientos:

### 6.1. Ubicación requerida de los electrodos sobre el Nervio Cubital

En la Figura 4 se ilustra la trayectoria del nervio cubital, inicia en la parte posterior del antebrazo. Para el ejercicio 1, se recomienda colocar electrodos D (negro) y E (rojo) a nivel de la muñeca, seguidos por la secuencia F (negro) y G (rojo). Es importante señalar que la ubicación precisa de estos electrodos, especialmente en el área medial distal del tríceps, puede variar las características individuales de la anatomía de cada estudiante. Por lo tanto, es posible que la disposición exacta difiera entre los participantes debido a diferencias en a las vías nerviosas.

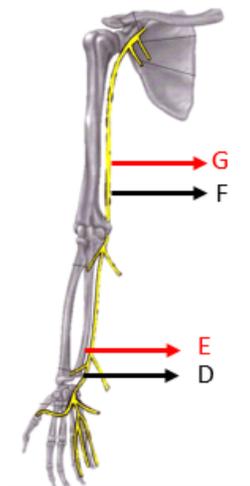


Figura 4: Ilustración de la trayectoria del nervio cubital para la ubicación de los electrodos.

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Lore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

En el laboratorio, se investigará el efecto de la fuerza del estímulo en la amplitud del potencial de acción muscular compuesto, tal como se visualiza en el electromiograma. Esta información se utilizará posteriormente para determinar la velocidad de conducción del nervio cubital en un estudio de conducción nerviosa.

El estímulo se administrará en miliamperios (mA) directamente a las fibras del nervio cubital mediante electrodos estimulantes colocados en la piel. La amplitud resultante se registrará milivoltios (mV), la amplitud del electromiograma medirá la fuerza de contracción del musculo inervado, que está relacionado al número de unidades motoras activadas por el estímulo. El reclutamiento de más unidades motoras se logrará aumentando el estímulo.

Luego, se llevará a cabo un estudio de conducción nerviosa mediante electromiograma. En este estudio, se utilizará la fuerza de estímulo óptima para reestimar el nervio cubital. Después de registrar la ubicación del electrodo de estimulación en el brazo y obtener el electromiograma, el estimulador se desplazará a una posición secundaria, reestimar, el nervio cubital. En este punto, se calculará la conducción dividiendo la distancia física entre los estimuladores (en milímetros) por la diferencia de tiempo entre las ondas M de las dos pruebas en el electromiograma. Este método para calcular la velocidad de conducción se llama método de diferencia.

## 6.2. Preparación del IX-TA-220

1. Energizar el módulo a la fuente 110V
2. El módulo se conecta a la computadora mediante el cable USB.

## 6.3. Configuración del cable de Módulo iWire aislado de ECG B3G

1. Insertar el conector en el extremo del cable de ECG iWire-B3G en la entrada iWire 1 en el frente del IX-TA-220, como se muestra en la Figura 5 el gráfico



Figura 5: Grabador IX-TA-220 con sensores integrados.

2. Los cables de colores están a las entrada de tierra y del canal 1 en el pedestal y encaje los extremos en los electrodos desechables, como se muestra en la Figura 6.

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON



Figura 6: Grabador IX-TA-220 con conexión IWIRE-B3G

#### 6.4. Preparación del paciente

1. Lavarse las manos o colocarse alcohol al 70 por ciento.
2. Examine la ruta del nervio cubital.
3. Emplee el sujeto camisa de manga corta o que puedan ser dobladas hasta la mitad del brazo, llegando a nivel del codo.
4. Retirar elementos metálicos (joyas) de su cuerpo.
5. Solicítele al individuo que apoye su mano derecha sobre la superficie del banco con la palma hacia abajo y pídale que se mantenga relajado
6. Desinfectar con alcohol las áreas donde se ubicaran los electrodos para retirar epidermis muerta
7. Dejar secar
8. Los siete electrodos desechables marque cinco de ellos en la pestaña puntiaguda con las letras de la A a la E, como se muestra en la figura 7 el gráfico.



Figura 7: Electrodos (se identifican mediante letras, siguiendo el orden de colocación en el nervio cubita)

- A B C: conductores
  - D E: Cables estimuladores
9. Recorte los electrodos dejando únicamente visible el logotipo, asegúrese de conservar el respaldo del plástico y el electrolito.
  10. Estos electrodos permitirán realizar una estimulación que envía una leve corriente eléctrica, que al ser lo bastante intensa, activa las membrana de las neuronas y causa su excitación, cuando se activan las neuronas mediante electrodos de estimulación, su funcionamiento es similar al de otras neuronas, sin embargo al estimula fibras de un nervio específico, es posible inducir potenciales de acción simultáneamente en las fibras sensoriales y motora.

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRÓN

11. Retire un electrodo desechable de su protector plástico y aplíquelo. .

12. Ubique los electrodos:

- Situar el electrodo A: En el borde lateral del dedo meñique de la mano derecha del modo que el botón del electrodo quede ajuste encima del primer nudillo el electrodo registro rojo (+)
- Situar el electrodo B: En el borde medial de la palma, de modo que el botón del electrodo quede en la base del dedo meñique y el pliegue de la muñeca, electrodo de registro negro (-)
- Situar el electrodo D: El borde lateral del antebrazo de modo que el botón del electrodo sea de 50 a 60 milímetros encima del pliegue de la muñeca, electrodo estimulante negro (-)
- Situar el electrodo E: Justo al lado del electrodo de estimulación negativo hacia el lado medial del antebrazo 50-60 milímetros por encima del pliegue de la muñeca, electrodo estimulante rojo (+)
- Situar el electrodo C: El botón del electrodo quede en el borde medial de la muñeca, justo encima del pliegue de la muñeca, esto es para el electrodo de tierra verde.
- Conéctele los cables de electrodos por colores a las entradas en la Figura 9 se ilustra el gráfico.
- Posteriormente ubique los dos electrodos restantes en el brazo del sujeto asegurándose de que se posicionen siguiendo la trayectoria del nervio cubital según la configuración indicada.
  - Situar el electrodo D: El borde lateral del antebrazo de modo que el botón del electrodo sea de 50 a 60 milímetros encima del pliegue de la muñeca, electrodo estimulante negro (-)
  - Situar el electrodo E: El electrodo de estimulación positivo, justo encima del electrodo de estimulación negativo, hacia el lado medial del antebrazo, conecte el electrodo estimulante rojo (+)
- Los electrodos F y G se colocarán más adelante, como se muestra en la Figura 8 se ilustra el gráfico

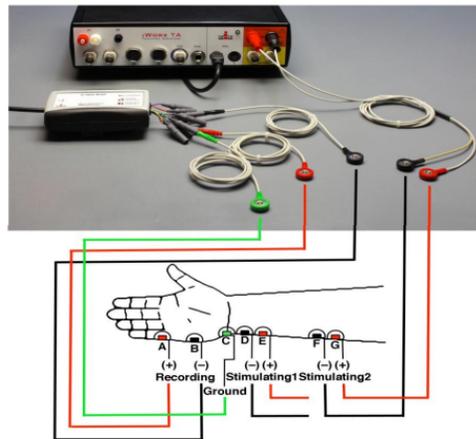


Figura 8: Los electrodos mediante letras según su secuencia y conexión de los cables correspondientes.

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON



Figura 9: Conexión de los diferentes cables

### 6.5. Iniciar el Software y Configurar LabScribe

1. Acceda a LabScribe, ubicado en el escritorio del computador.
2. Se desplegará un cuadro de dialogo del IX-TA-220 elegir OK.
3. Haga clic en ajustes (settings), luego load group, seguido complete settings y IPLMv4Standard.iwxgrp, selecciones este grupo y haga clic en abrir.
4. Haga clic en Ajustes (Settings), luego Human Nerve y finalmente HumanNerveConduction.
5. Despues aparecerá en la pantalla de la computadora según la configuración de HumanNerveConduction como se desplegara un pdf eso indica que ya esta configurado.
6. Haga clic en edit(editar),elegir preferencias, para configurar los canales i1 1, i1 2 y HVS, hacer clic en ok.
7. Una vez configurado haga clic botón grabar, ubicado en la parte superior derecha de la ventana principal del LabScribe, la señal deberá comenzar a desplazarse por la pantalla y el paciente sentirá una corriente eléctrica.
8. Si aparece la ventana error asegúrese que la unidad del iWorx este encendida y conectada al puerto USB de la computadora.
9. Haga clic en el botón autoescalar todo en la barra de herramienta de LabScribe para escalar automáticamente todos los canales.
10. Grabe durante uno o dos minutos.
11. Haga clic en detener la grabación y haga clic en archivo
12. Guardar como, guardar su archivo de datos.

### 6.6. Estimulador del IX-TA-220 (Configuración del estimulador de IX-TA-220)

El IX-TA-220 tiene un aislador de estímulo de voltaje para entregar corriente constante al nervio o músculo el límite superior es de 100V, la corriente entregada por la unidad esta limitada a un máximo de 20 miliamperios con una duración máxima de 10 milisegundos y una frecuencia máxima de 50 pulsos por segundo (HZ).

1. Ubicar el estimulador cerca del sujeto y de IWX/214 y asegurese que la amplitud este en cero expresados en miliamperios abreviado como AMP en el LabScribe (Amp).

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

2. Asegurese que el IX-TA-220 este apagado.
3. Conecte los cables conductores del estimulador codificados por colores al estimulador de corriente de alto voltaje.
4. Conecte los dos electrodos de estimulación de la siguiente manera
  - Conecte el cable de estimulación negro (-) al electrodo D en el borde lateral del antebrazo 50-60 mm por encima de la muñeca.
  - Conecte el cable de estimulación rojo (+) al electrodo E adyacente al que se encuentra en el borde lateral del antebrazo 50-60 mm por encima de la muñeca
5. Comience con el estimulador programado de la siguiente manera, como se observa en la Figura 10 se ilustra el gráfico.

Parameter	Setting	Parameter	Setting
Stimulator	Stim 1	Delay (sec)	0.05
Stimulus Mode	Pulse	Amplitude (V)	5
Start Stimulator with Recording	S	Pulses (#)	1
Time Resolution (msec)	0.01	Pulse Width (msec)	2
Toolbar Step Frequency	1	Frequency (Hz)	1
Toolbar Step Amplitude (V)	0.1	Time-Off Amplitude (V)	0
Toolbar Step Time (sec)	0.1	Holding Potential (V)	0

Figura 10: Configuración del estimulador

## 7. ACTIVIDAD

- Ejercicio 1 Uso de diferentes niveles de corriente en miliamperios para visualización de las ondas EMG.
  - Aplicará incrementos graduales de corrientes (expresados en miliamperios abreviado como AMP en el LabScribe), para estimular la neurona motora. Cada estímulo capturará la respuesta muscular EMG en milivoltios (mV) y se colocarán las capturas de pantalla. Proseguirá hasta identificar siete mediciones consecutivas con un valor constante de +/- 0,2 Mv. De estas mediciones, señalará el valor más bajo de amplitud, como se ilustra en la en la Figura 11

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

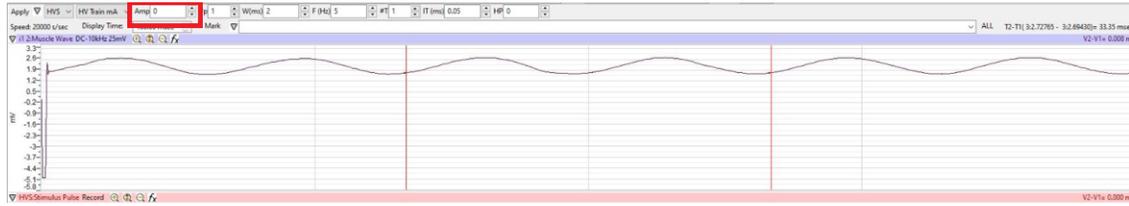


Figura 11: El valor inicial es de 0 miliamperios.

- Aumente la amplitud de salida a 1 miliamperio en la barra de herramientas usando flechas arriba/abajo o colocando 1 en el cuadro resaltando y cambiando el número a 1 (AMP), hasta que obtenga una contracción muscular y una onda M EMG para el sujeto.
- Haga clic en Aplicar (Apply) y posterior en el botón Grabar cada vez que haga clic en GRABAR), realice inmediatamente el análisis de datos
- Haga clic en el botón AutoEscala del canal Músculo para mejorar la visualización de la respuesta del músculo
- Recuerde 1 AMP – APLICAR – Grabar
- Si no obtiene ninguna onda de potencial de acción en la pantalla EMG hasta 10 amperios, reposicione las almohadillas de los electrodos comenzando con D.
- Calcular la amplitud de cada onda obtenida.
- Adjunte una captura de pantalla del registro de la señal obtenida debera colocar hasta 8 miliamperios, como se ilustra en la en la Figura 12,14, 15, 16, 17, 18, 19



Figura 12: El resultado de la onda muestra un valor de estimulación de corriente de 1 miliamperio.

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

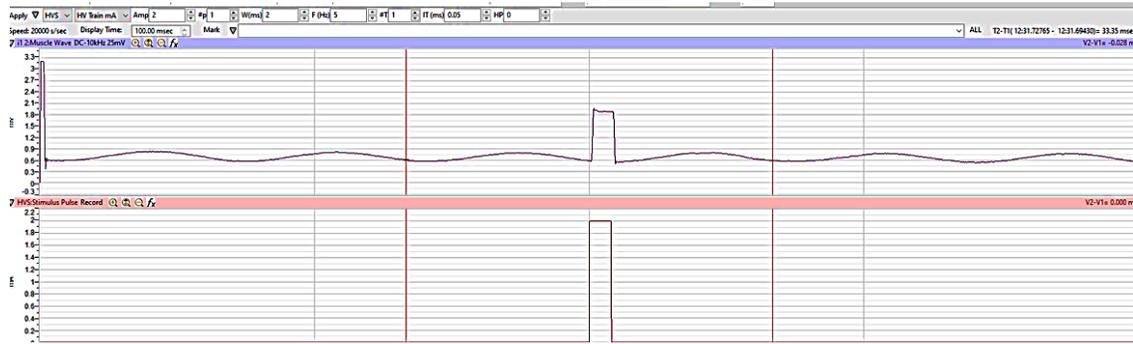


Figura 13: El resultado de la onda muestra un valor de estimulación de corriente de 2 miliamperio



Figura 14: El resultado de la onda muestra un valor de estimulación de corriente de 3 miliamperio

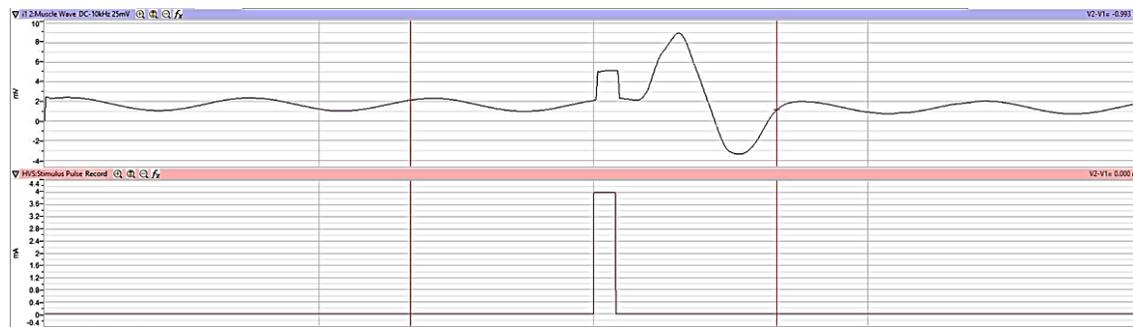


Figura 15: El resultado de la onda muestra un valor de estimulación de corriente de 4 miliamperio

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

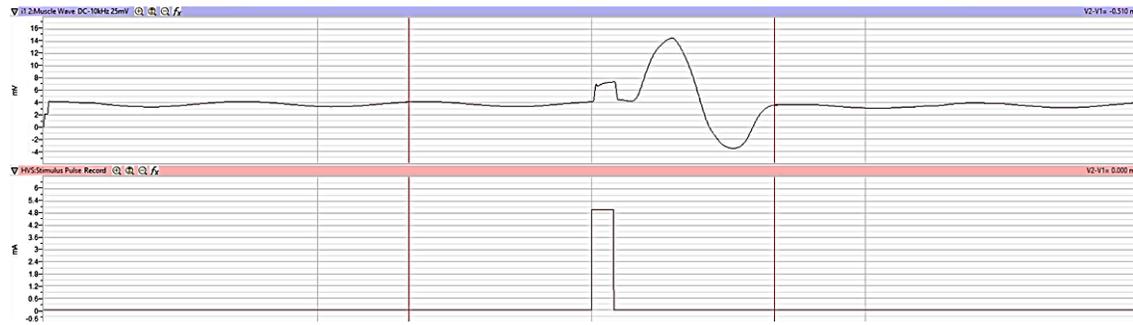


Figura 16: El resultado de la onda muestra un valor de estimulación de corriente de 5 miliamperio

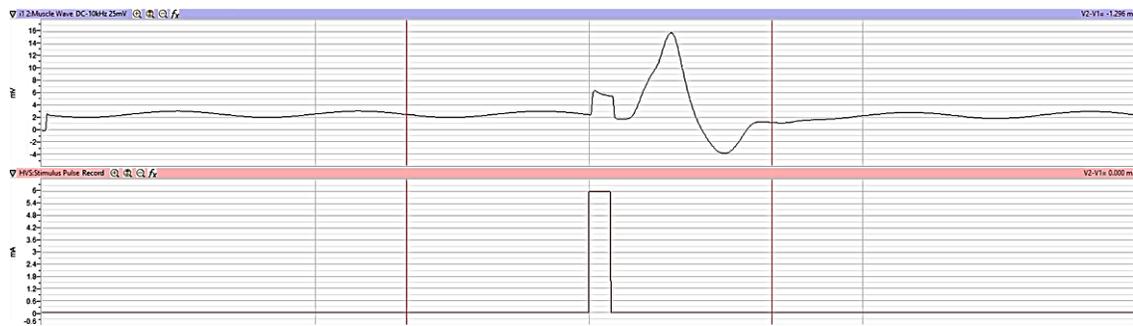


Figura 17: El resultado de la onda muestra un valor de estimulación de corriente de 6 miliamperio

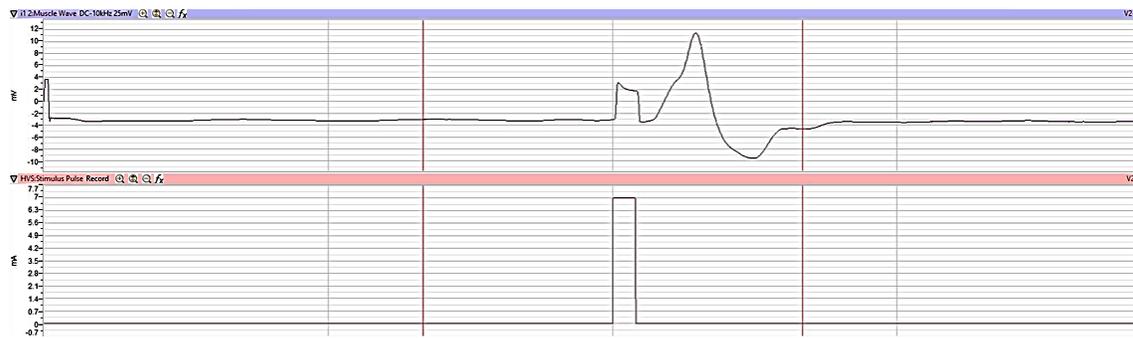


Figura 18: El resultado de la onda muestra un valor de estimulación de corriente de 7 miliamperio

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

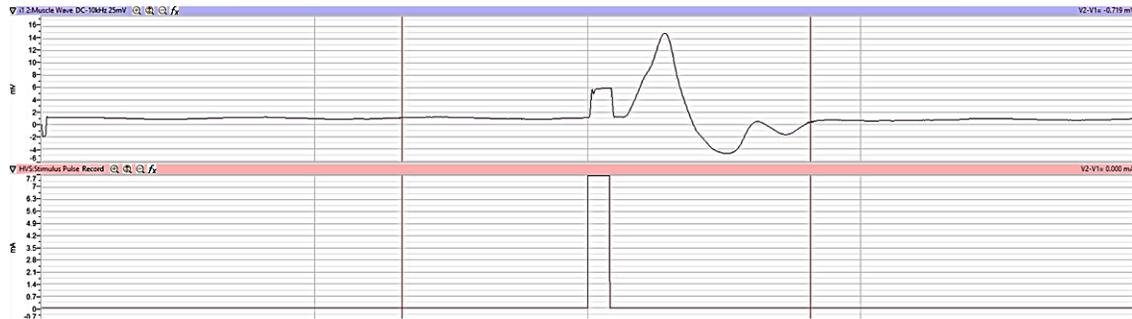


Figura 19: Diagrama de fases en estado de reposo, despolarización, pico, repolarización e hiperpolarización (potencial de acción)

- Ejercicio 2 Velocidad de conducción del nervio cubital
  - Utilice valor de miliamperios que desencadenó la respuesta máxima en el ejercicio 1 y estimule la nuevamente la misma neurona motora
  - Cambie el cable de estimulación rojo (+) del electrodo E al electrodo G, y el cable de estimulación negro (-) del electrodo D al electrodo F.
  - Ajuste en el valor específico que anteriormente produjo el potencial de acción mas efectivo.
  - Luego, haga clic en .Aplicar posterior en "Grabar".
  - En la interfaz de Labscribe, ajuste la amplitud en la barra de herramientas al primer nivel que generó la máxima respuesta muscular en el Ejercicio 1. Luego, haga clic en Aplicar.
  - Registre un solo barrido con esta intensidad de estímulo al haciendo clic en el botón grabar en la ventana principal de LabScribe
  - Seleccione Guardar en el menú Archivo.
  - Acceda al icono Análisis en la barra de herramientas de LabScribe para visualizar los barridos registrados.
  - Seleccione el barrido que proporcionó la respuesta muscular máxima efectiva en el Ejercicio 1 y compárelo con el barrido del Ejercicio 2. Superponga ambas mediciones para su comparación como se ilustra en la figura 20.

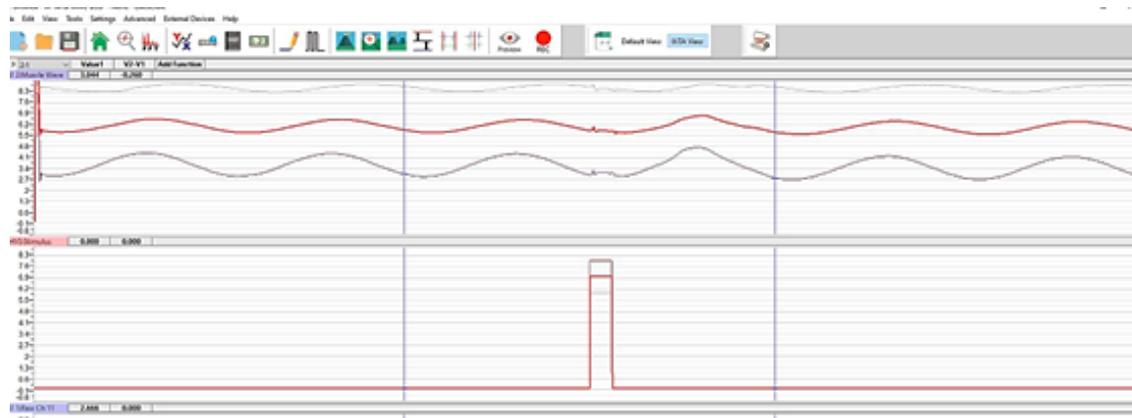


Figura 20: La diferencia en el tiempo entre los picos de las ondas de respuestas musculares.

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- Los cursores marcan la diferencia de tiempo entre los picos de las respuestas musculares causadas por electrodos de estimulación en dos posiciones diferentes del nervio cubital
- Adjuntar una captura de pantalla que muestre el registro de la señal obtenida, junto con los datos correspondientes.

## 8. Desarrollo de preguntas

1. ¿Qué tipo de variables podrían afectar la velocidad de transmisión nerviosa?
2. Basándose en los registros, ¿cuál fue la amplitud más efectiva identificada?.
3. ¿Qué métodos se emplearon para estimular el nervio cubital?
4. ¿Qué conclusiones se puede obtener sobre la relación entre la amplitud del estímulo y la velocidad de conducción basándose en los datos recopilados.?
5. ¿Qué diferencias o similitudes notaron al comprar las respuestas musculares entre el ejercicio 1 y el ejercicio 2?
6. ¿Hubo algún patrón o tendencia notable en los datos al superponer las respuestas musculares de ambos ejercicios?
7. ¿Cómo se registraron los tiempos de conducción en relación con los niveles de AMP utilizados?.

## 9. Conclusiones

- La velocidad de conducción del nervio cubital mostró variaciones significativas en función de los diferentes niveles de estimulación, lo que indica una relación directa entre la amplitud del estímulo y la diferencia de conducción.
- Al comparar las respuestas musculares entre el ejercicio 1 y el ejercicio 2, se identificaron patrones consistentes que sugieren una reproducibilidad en las mediciones, validando la metodología empleada, de un enfoque experimental utilizando las muestras del sujeto.
- Se pudo observar una clara relación entre la amplitud del estímulo y la velocidad de conducción del nervio cubital, lo que sugiere que la fuerza aplicada tiene un impacto directo en la transmisión de señales nerviosas.

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- Esta práctica proporciona una mayor comprensión sobre los factores que influyen en la conducción nerviosa y resalta la relevancia de considerar los diferentes intensidades de estímulo en futuras prácticas.

## 10. Recomendaciones

- Es fundamental seguir las instrucciones y protocolos detallados en la guía correspondientes.

## Referencias

- Moczydlowski, E. G. (2017). Excitabilidad eléctrica y potenciales de acción. *Fisiología médica*, 172.
- Osorio, L. A. (2007). *Acondicionamiento de señales bioeléctricas* (bathesis).
- Píriz Giménez, N., y cols. (2021). ¿ es posible una enseñanza contextualizada del potencial de acción, sin ahondar en sus bases moleculares? *Bio-Grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*.
- Varela, J. (2015). Capacitive electrode with high sensitivity for detection of electrical biopotentials. revista mexicana de ingeniería biomédica. *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 36(2), 131–142. Descargado de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-95322015000200003](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-95322015000200003)
- Webb, A. G. (2018). *Principles of biomedical instrumentation*. Cambridge University Press.
- Webster, J. (s.f.). *Medical instrumentation: Application and design*.
- Weiss, L. D., Weiss, J. M., y Silver, J. K. (2023). *Emg básica: Guía para estudios de conducción nerviosa y electromiografía*. Elsevier Health Sciences.
- Whitmer, K. (2021). *A mixed course-based research approach to human physiology*. Iowa State University Digital Press. doi: 10.31274/isudp.2021.67

Elaborado por: Tnlga. Alejandra Lore.	Revisado por:	Aprobado por:
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

C. Anexo: Evaluación de la función cardiovascular por medio de electrocardiograma y la función cerebral por medio del electroencefalograma

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

# 1. TEMA: Evaluación de la función cardiovascular mediante electrocardiograma y la función cerebral mediante electroencefalograma.

En el ámbito de la instrumentación biomédica, comprende los transductores, especialmente los electrodos, que son necesarios para convertir la energía en señales eléctricas del cuerpo humano, como las obtenidas en electrocardiograma y el electroencefalograma. Además, es entender los parámetros característicos que determinan la eficacia y precisión de los dispositivos empleados en este campo.

Los electrodos, al ser componentes claves en la captación de señales eléctricas del cuerpo, desempeñan un papel vital importante en el proceso diagnóstico médico, aspectos como la sensibilidad, impedancia, estabilidad y selectividad son elementos críticos que inciden directamente en la calidad y precisión de las señales registradas. Estos parámetros deben ser cuidadosamente considerados y optimizados para garantizar resultados fiables. (L. M. Ochoa, s.f.)

Los exámenes por medio de equipos biomédicos proporcionan un registro gráfico que representa las corrientes eléctricas generadas durante la actividad fisiológica del individuo, lo cual resulta invaluable para el diagnóstico y seguimiento de diversas condiciones médicas. Por tanto, la correcta elección y aplicación de los electrodos, así como la comprensión de sus características y su influencia en la calidad de las señales, son aspectos de suma importancia en el ámbito de la instrumentación biomédica. (L. M. Ochoa, s.f.)

## 2. Objetivo General

Registrar un electrocardiograma (ECG) y un encefalograma (EEG) de un sujeto en reposo para determinar tanto las ondas del corazón como cerebrales por medio del Iworx.

## 3. Objetivo Específico

- Identificar y analizar los efectos ocasionados por la posición de los electrodos en el cuerpo humano al captar bioseñales a través del IworX.
- Determinar la ubicación correcta de los electrodos en un ECG y un EEG con el fin de minimizar las interferencias provenientes de fuentes externas.
- Reconocer y diferenciar las señales del ECG y del EEG después de reubicar los electrodos, retirándolos y colocándolos nuevamente en su lugar correspondiente.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. Electrocardiograma

#### 4.1.1. Sistema cardiovascular

El sistema cardiovascular su función primordial es impulsar la sangre a través del corazón y los vasos sanguíneos, para satisfacer las necesidades de los tejidos. El corazón, situado entre los pulmones, opera como una bomba muscular que recibe la sangre desoxigenada y rica en dióxido de carbono, para luego dirigirla hacia los pulmones, donde se oxigena y se libera de impurezas. Anatómicamente como se muestra en la Figura

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

1 el corazón se divide en dos partes: el lado derecho, encargado de alojar la sangre desoxigenada y el lado izquierdo, responsable de recibir sangre oxigenada. Las aurículas cumplen la función de recolectar la sangre y dirigirla hacia los ventrículos. El ciclo cardíaco comprende las secuencias de contracción de aurículas y ventrículos y como la relajación de las aurículas y ventrículos. (L. M. Ochoa, s.f.)

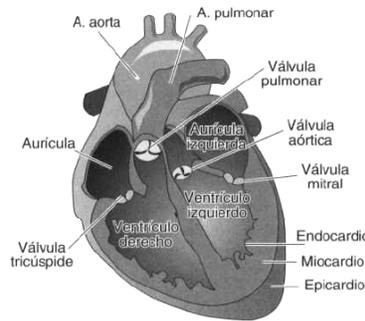


Figura 1: Anatomía básica corazón. Fuente: (L. M. Ochoa, s.f.).

Naturalmente, no es factible insertar dos electrodos directamente en una célula del miocardio para observar el flujo de corriente eléctrica, no obstante, es importante destacar que el potencial de acción de las células genera cambios eléctricos en su entorno externo, lo que resulta en una corriente que puede ser detectada y medida mediante los electrodos. (L. M. Ochoa, s.f.)

#### 4.1.2. Actividad Eléctrica del Corazón

El nodo sinoauricular (nodo SA) desempeña como marcapasos natural del corazón, su función radica en la generación de un potencial de acción o impulsos eléctricos con una frecuencia determinada de -55 mV.

Estos impulsos están rodeadas por canales de sodio que se activan de manera continua, esta activación facilita un aumento en el voltaje interno de las células y una vez que alcanza los -40 mV, se desencadena el impulso eléctrico que origina la despolarización, tal como se ilustra en la figura 2. (Villafuerte, s.f.)

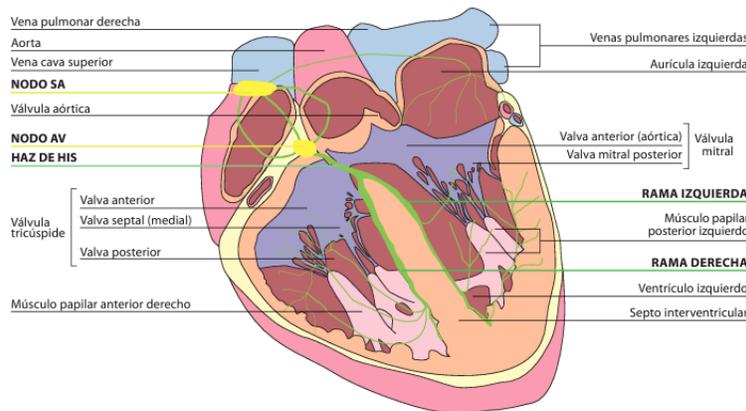


Figura 2: Transmisión del impulso cardíaco desde el nodo sinoauricular hasta las fibras de Purkinje. Fuente: (Azcona, 2009).

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

En la figura 3, se visualiza la actividad eléctrica específica en diferentes áreas del corazón que resulta en su contracción y relajación, esta representación ilustra cómo cada zona contribuye a la señal cardiaca detectada por el electrocardiograma. .

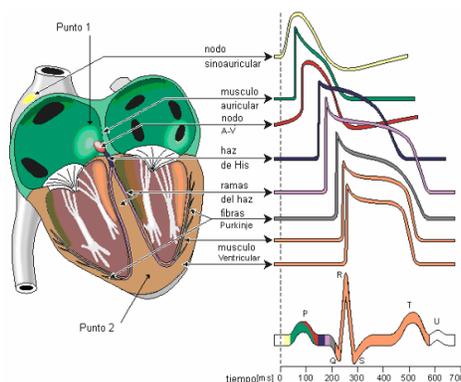


Figura 3: La actividad eléctrica de cada segmento del corazón. Fuente: A. Ochoa y cols. (s.f.).

#### 4.1.3. Ondas del Electrocardiograma

El electrocardiograma es un registro gráfico que representa las corrientes eléctricas del corazón, como ondas que se generan a partir de los potenciales de acción a nivel cardíaco que son detectados por electrodos colocados en la piel.(L. M. Ochoa, s.f.)

A continuación, se describe las ondas cardíacas como la visualización que se ilustra en la figura 4.

##### 1. Ondas

- Onda P: Despolarización auricular
- Onda QRS: Despolarización ventricular
- Onda T: Repolarización de los ventrículos

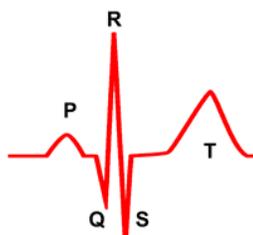


Figura 4: Ondas Cardíacas la onda P, el complejo QRS y la onda T. Fuente: L. M. Ochoa (s.f.).

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRÓN

#### 4.1.4. Derivaciones del electrocardiograma

Los electrodos son los puntos desde los cuales se analizan los potenciales de diferentes áreas, mientras que las derivaciones se refieren a los canales eléctricos mediante los cuales se buscan detectar los vectores cardiacos. (L. M. Ochoa, s.f.)

El corazón es uno órgano tridimensional, al igual que sus vectores, lo que lleva a utilizar 12 derivaciones en el ECG, estas derivaciones abarcan tanto el plano frontal como el plano horizontal para un estudio completo. (L. M. Ochoa, s.f.)

##### 1. Frontal

###### a) Bipolares

Detectan fluctuaciones eléctricas entre dos puntos afectados por el potencial de acción cardiaco y manifiesta su diferencia. (L. M. Ochoa, s.f.)

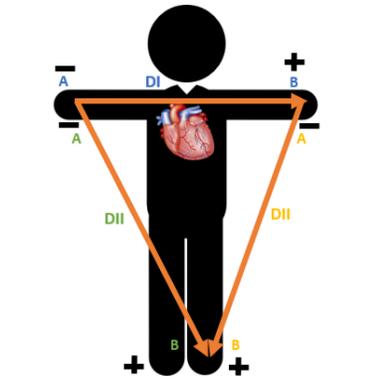


Figura 5: Derivaciones DI, DII y DIII.

- DI

A: Localizado en miembro superior derecho  
B: Localizado en miembros superior izquierdo

- DII

A: Localizado en miembro superior derecho.  
B: Localizado en miembro inferior izquierdo.

- DIII

A: Localizado en miembro superior izquierdo.  
B: Localizado en miembro inferior izquierdo.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

b) Unipolares

Registran las variaciones eléctricas de potencial en un punto B respecto a otro en el que no existe alteración eléctrica durante el potencial de acción cardiaco. (L. M. Ochoa, s.f.)

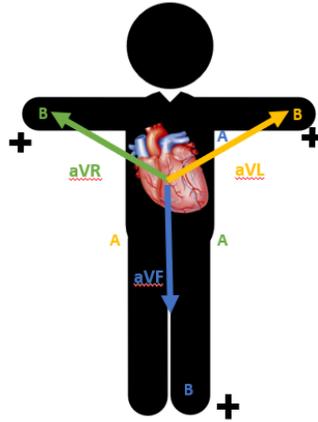


Figura 6: Derivaciones aVR, aVL, aVF.

- aVR

A: Es el punto nulo que se encuentra entre el miembro superior izquierdo y el miembro izquierdo.

B: Localizado en miembro superior derecho

- aVL

A: Punto nulo que se encuentra entre el miembro superior derecho y el miembro inferior izquierdo.

B: Localizado en miembro superior izquierdo.

- aVF

A: Punto nulo localizado entre los miembros superiores.

B: Localizado en miembro inferior izquierdo.

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

Cuadro 1: Colocación de electrodos entre las normas AHA e IEC.

Norma AHA	Norma AHA	Norma IEC	Norma IEC
V1 (Rojo)	LA (Negro)	C1 (Rojo)	L (Amarillo)
V2 (Amarillo)	LL (Rojo)	C2 (Amarillo)	F (Verde)
V3 (Verde)	RA (Blanco)	C3 (Verde)	R (Rojo)
V4 (Azul)	RL (Verde)	C4 (Marrón)	N (Negro)
V5 (Naranja)		C5 (Negro)	
V6 (Morado)		C6 (Morado)	

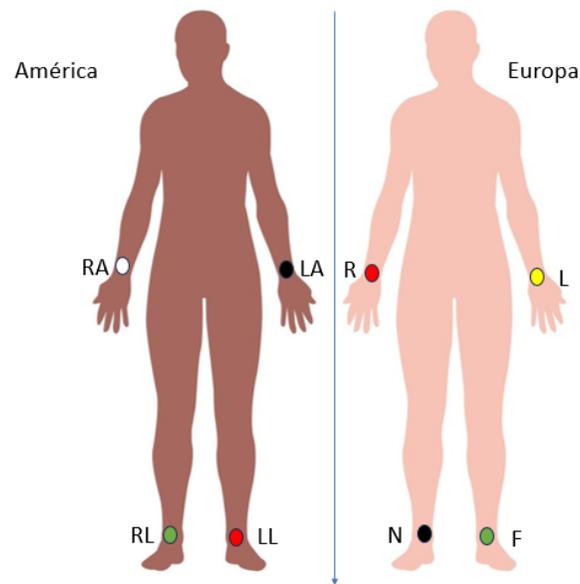


Figura 7: Los electrodos se colocan en las muñecas y tobillos para obtener las derivaciones RA, LA, RL, LL, R, L, N y F, siguiendo las normas de la AHA e IEC.

## 2. Horizontal

### a) Precordiales

Registran variaciones eléctricas de potencial en un punto B, respecto a otro punto A, en el que se supone que no existe alteración eléctrica durante el potencial de acción cardiaco, como se ilustra en la figura 8.

- V1: Localizado en el cuarto espacio intercostal derecho, al lado del esternón.
- V2: Localizado en el cuarto espacio intercostal izquierdo, al lado del esternón.
- V3: Localizado entre V2 y V4
- V4: Localizado en el quinto espacio intercostal izquierdo, en línea media clavicular.
- V5: Localizado en el quinto espacio intercostal izquierdo, en la línea axilar anterior.
- V6: Localizado en el quinto espacio intercostal izquierdo, en la línea axilar media.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

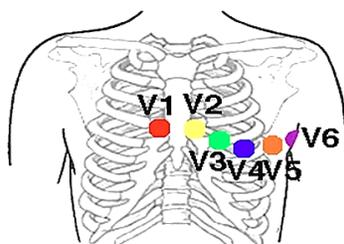


Figura 8: Derivaciones precordiales una visión específica del corazón desde la perspectiva del electrocardiograma. Fuente: Einthoven (s.f.).

#### 4.1.5. Triángulo de Einthoven

El triángulo de Einthoven es un concepto esencial en electrofisiología y se destaca como un tema central en la instrumentación Biomédica, a pesar de su relevancia, suele desafiar en su comprensión para los estudiantes de ingeniería. Einthoven uno de los pioneros del estudio del cardíaco, planteó que las fuerzas eléctricas del corazón pueden visualizarse mediante vectores. Estos vectores, al ser registrados en puntos específicos del cuerpo, delinean el triángulo. Cada lado de este triángulo representa una diferencia de potencial entre distintas áreas del cuerpo. Al proyectar estos vectores, se obtiene una resultante conocida como dipolo eléctrico cardíaco. (Villafuerte, s.f.)

#### 4.1.6. Circuito de bioinstrumentación

Los datos eléctricos de la actividad del corazón pueden ser adquiridos por varios caminos mediante un esquema electrónico configurado como amplificador de bioinstrumentación.

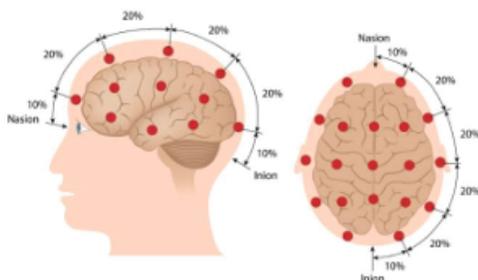


Figura 9: Sistema de bioinstrumentación para la adquisición de señales de ECG. Fuente: (Zuluaga Ayesta, 2021).

### 4.2. Electroencefalograma (EEG)

El electroencefalograma (EEG) registra la actividad eléctrica cerebral del sistema nervioso central que se origina en las células piramidales de la corteza cerebral, para capturar estas señales eléctricas, esta actividad eléctrica se capta mediante una variedad de electrodos estratégicamente colocados se puede obtener desde el EEG estándar que se centra en el cuero cabelludo hasta el EEG profundidad que explora áreas más intracerebrales, la técnica se ha adaptado y evolucionado para ofrecer análisis detallado de la función cerebral.

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

(Marlon Igor Martínez Barros, 2006)

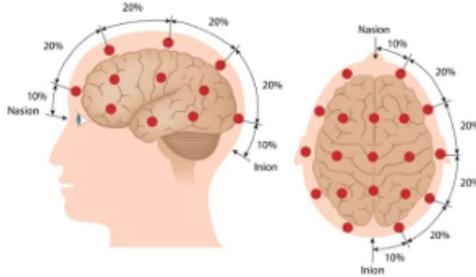


Figura 10: Visualización de los electrodos para la realización del electroencefalograma. Fuente: (Zuluaga Ayes-ta, 2021).

#### 4.2.1. Lóbulos cerebrales

Comprender los lóbulos cerebrales es crucial para poder conocer los resultados del electroencefalograma (EEG), cada lóbulo cerebral desempeña funciones específicas, el lóbulo frontal encargado del habla y toma de decisiones, el lóbulo temporal importante para la audición y ciertas memorias, el lóbulo parietal integra la información sensorial y el lóbulo occipital fundamental para la percepción visual. Esta distinción funcional permite localizar irregularidades en el EEG, diagnosticar trastornos neurológicos, determinar la colocación óptima de electrodos, facilitar investigaciones y tratamientos precisos en el ámbito neurológico. (Kumar y Bhuvaneshwari, 2012)

#### 4.2.2. Fases y Análisis visual de EEG

El análisis del electroencefalograma (EEG) se estructura en fases para así garantizar una interpretación precisa de las señales cerebrales, inicialmente en la fase de adquisición se capturan las señales del EEG sin procesar directamente desde el cuero cabelludo, posterior a la etapa de reprocesamiento se enfoca en la eliminación de artefactos, como movimientos involuntarios o interferencias físicas, seguido de un filtrado de datos para mejorar la calidad de la señal. La extracción de características es esencial, utilizando técnicas avanzadas como la transformación de Fourier y Wavelet para analizar bandas de frecuencias específicas, desde Delta hasta Beta, aunque la transformada de Fourier es común para el autorregresivo pueden ofrecer mejores resoluciones. Finalmente, la clasificación basada en características extraídas permite observaciones objetivas, resolviendo desafíos críticos en el análisis temporal y frecuencia de las señales cerebrales. (Kumar y Bhuvaneshwari, 2012)

El término grafoelemento se utiliza para describir la actividad eléctrica cerebral capturada mediante el electroencefalograma, la secuencia y conjunto de estos datos forma el EEG, las ondas del EEG se categorizan según su frecuencia (número de veces que una onda se repite en un segundo), clasificándose en cuatro bandas: delta, theta, alfa y beta. Además se considera su amplitud, determinada por la distancia entre la línea base y el pico de la onda y su morfología, expresada mediante diferentes patrones como ondas agudas, puntas y complejos. (Marlon Igor Martínez Barros, 2006)

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

#### 4.2.3. Frecuencia de Ondas

Las señales del electroencefalograma (EEG) se caracteriza principalmente por su frecuencia, amplitud, forma y la posición de los electrodos en el cuerpo cabelludo. Estas características permiten clasificar las ondas cerebrales en categorías como alfa, beta, delta y gamma, cada una con sus propias implicaciones y funciones. (Kumar y Bhuvanewari, 2012)

- Delta (0.1-4 Hz): Son las ondas de menor frecuencia y mayor amplitud, típicamente asociadas con la materia gris del cerebro, siendo anormales en adultos despiertos pero normales en bebés y adultos con sueño profundo. (Kumar y Bhuvanewari, 2012)
- Theta (4-8 Hz): Relacionados con estados subconscientes, las ondas aparecen durante la relajación profunda como la meditación y en niños menores de 13 años. (?)
- Alfa (8-13 Hz): Esta presente en individuos despiertos pero relajados, éstas actúan como un puente entre lo consciente y los subconscientes. (Kumar y Bhuvanewari, 2012)
- Beta (13-30 Hz): Relacionado con la actividad cortical y estados conscientes, están relacionadas con compartimientos y funciones cognitivas como el aprendizaje y la memoria. (Kumar y Bhuvanewari, 2012)
- Gamma (30-100Hz): Asociados con estados de percepción y conciencia, las ondas se manifiestan en estados de alerta. (Kumar y Bhuvanewari, 2012)

## 5. MATERIALES

- Electroodos de EEG desechables
- Alcohol y algodón
- Unidad de adquisición de datos y fuente de alimentación IX-TA-220
- Cable USB del IX-TA-220 para conexión a la computadora
- Cables de ECG iWire-B3G y cables conductores de electrodos.
- Cable C-ISO-SL7 y derivaciones EEG

## 6. EQUIPOS

- Iworx
- Computador PC

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 7. PROCEDIMIENTO

### 7.1. Electrocardiograma

#### 7.1.1. Preparación del IX-TA-220

1. Energizar el módulo a la fuente 110V
2. Conectar el módulo a la computadora por medio del cable USB.

#### 7.1.2. Configuración del cable de ECG

1. Insertar el conector en el extremo del cable de ECG iWire-B3G en la entrada iWire 1 en el frente del IX-TA-220.
2. Insertar los conectores de los cables conductores del electrodo rojo, negro, verde y amarillo en los enchufes correspondientes en el cable de ECG, como me muestra en la figura 12.



Figura 11: Grabador IX-TA-220 con conexión ( iWire-B3G

#### 7.1.3. Preparación del paciente

1. Lavarse las manos o colocarse alcohol al 70 por ciento.
2. Informar sobre la prueba a realizar que es indolora, debe permanecer inmóvil, no debe hablar y no debe realizar respiraciones profundas.
3. Retirar elementos metálicos (joyas)
4. Desinfectar con alcohol o suero fisiológico las áreas donde se ubicaran los electrodos para retirar epidermis muerta y como también no se encuentre ningún bello.
5. Dejar secar
6. Retirar un electrodo de ECG desechable de su protector plástico y aplíquelo.
7. Colocar los electrodos en la zona distal del miembro
  - L: miembro superior izquierdo (muñeca) o justo debajo de la clavícula izquierda (color amarillo)
  - R: miembro superior derecho (muñeca) o justo debajo de la clavícula derecha (color rojo)
  - F: miembro inferior izquierdo (color verde)
  - N: miembro inferior derecho (color negro)

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON



Figura 12: Posicionamiento de electrodos

#### 7.1.4. Iniciar el Software y Configurar LabScribe

1. Acceda a LabScribe, ubicado en el escritorio del computador.
2. Se desplegará un cuadro de dialogo del IX-TA-220 elegir OK.

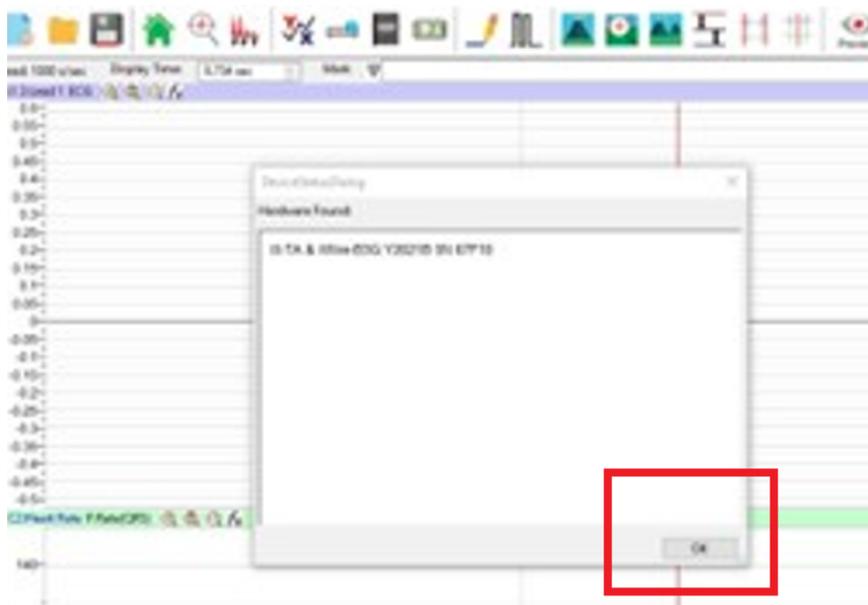


Figura 13: Selecciona el cuadro de diálogo que muestra la opción 'OK'.

3. Haga clic en ajustes (settings), luego load group, seguido complete settings y IPLMvComplete.iwx grp

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- Haga clic en Ajustes (Settings), luego en tutorial y posteriormente en Tutorial ECG. Se abrirá un PDF con las instrucciones correspondientes.
- Se encontrará disponible un cuadro de diálogo preferencias, para acceder a él, el usuario deberá seleccionar la opción editar de preferencias.
- Habilite los canales que se van a grabar
- iL2 (ECG sin procesar):este es el ECG medido por el iWire-B3G
- Se encontrará disponible un cuadro de diálogo preferencias, para acceder a él, el usuario deberá seleccionar la opción editar de preferencias.
- Habilite los canales que se van a grabar
- iL2 (ECG sin procesar):este es el ECG medido por el iWire-B3G

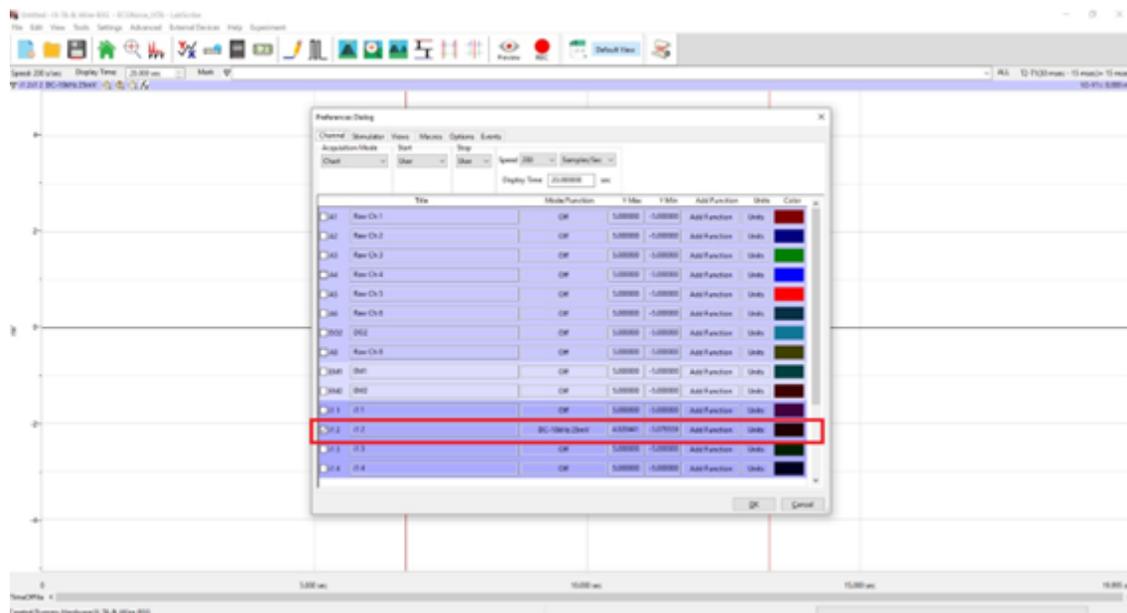


Figura 14: Selección del Canal Adecuado

- Una vez configurado haga clic botón grabar, ubicado en la parte superior derecha de la ventana principal del LabScribe, la señal deberá comenzar a desplazarse por la pantalla.
- Si aparece la ventana error asegúrese que la unidad del iWorx este encendida y conectada al puerto USB de la computadora.
- Haga clic en el botón autoescalar todo en la barra de herramienta de LabScribe para escalar automáticamente todos los canales.
- Grabe durante uno o dos minutos.
- Haga clic en detener la grabación y haga clic en archivo
- Guardar como, guardar su archivo de datos.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON



Figura 15: Visualización de las ondas cardíacas tras la selección del canal.

## 7.2. Electroencefalograma

### 7.2.1. Preparación del IX-TA-220

1. Energizar el módulo a la fuente 110V
2. Conectar el módulo a la computadora por medio del cable USB.

### 7.2.2. Configuración del cable de EEG

1. Insertar el conector en el extremo del cable de EEG C-ISO-B3G-504 en la entrada iWire 1 en el frente del IX-TA-220.
2. Insertar los conectores de los cables conductores del electrodo rojo, negro, blanco, marrón y verde en los enchufes correspondientes en el cable de EEG C-ISO-B3G-504.

### 7.2.3. Preparación del paciente

1. Retirar elementos metálicos (joyas)
2. Desinfectar con alcohol donde se ubicaran los electrodos.
3. Dejar secar
4. Retirar un electrodo de ECG desechable de su protector plástico y aplíquelo.
5. Colocar los cinco electrodos en la cabeza.
  - El cable el electrodo sobre el lóbulo temporal izquierdo esta conectado al rojo.
  - El cable del electrodo sobre el área parietal-occipital izquierda está conectado al conector negro.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- El cable del electrodo sobre el lóbulo temporal derecho está conectado al cable blanco.
- El cable del electrodo sobre el área parietal occipital derecha esta conectado a la entrada marrón.
- El cable del electrodo de tierra en la frente está conectado a la entrada verde.

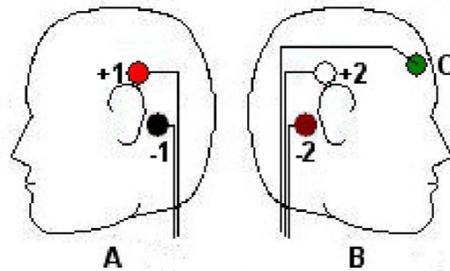


Figura 16: Ubicación de los electrodos para la captación de ondas EEG en los colores rojo, negro, blanco, marrón y verde.

- Los electrodos deben tener la menor cantidad de pelo posible debajo de sus centros.
- El sujeto deberá sentarse tranquilamente con las manos en el muslos.



Figura 17: Visualización de los electrodos colocados en el sujeto en estudio, como se explicó previamente.

#### 7.2.4. Iniciar el Software y Configurar LabScribe

1. Acceder a LabScribe, ubicado en el escritorio del computador.
2. Se desplegará un cuadro de dialogo del IX-TA-220 elegir OK.
3. Hacer clic en ajustes (settings), luego load group, seguido complete settings y IPLMvComplete.iwx grp, selecciones este grupo y haga clic en Abrir.
4. Volver al menú Ajustes (Settings), luego Psicofisiologia humana. y finalmente EEG-CorticalArousal.
5. Aparecerá en la pantalla de la computadora según lo configurado por el EEG-Configuración de CorticalArousal un documento en pdf.
6. Volver al menú editar (Edit), luego preferencias y estara configurado los canales i1 2 y i1 3.
7. Una vez configurado haga clic botón grabar, ubicado en la parte superior derecha de la ventana principal del LabScribe, la señal deberá comenzar a desplazarse por la pantalla.

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRÓN

8. Indicar al sujeto que parpadee cuando se le solicite, durante los siguientes treinta segundos de la grabación, como se visualiza en la figura 20.

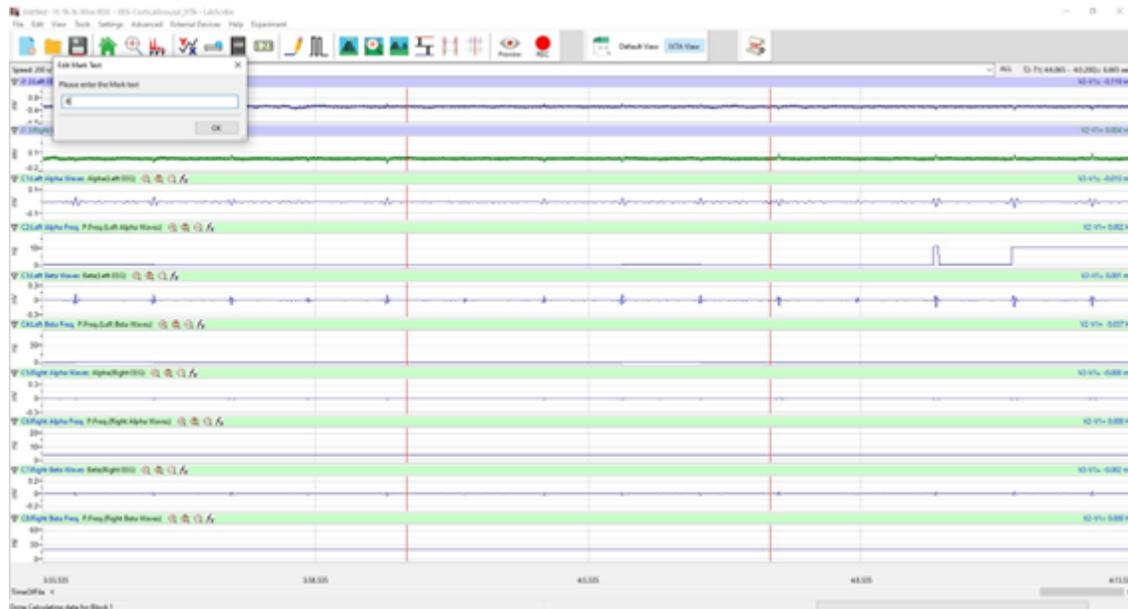


Figura 18: Resultado de las señales cerebrales al parpadear el sujeto.

9. Escriba la letra B para parpadear en el cuadro marcar antes de cada vez que se solicite al sujeto que parpadee, presione la tecla enter en el teclado para mmcar la grabación cuando ocurre cada parpadeo.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

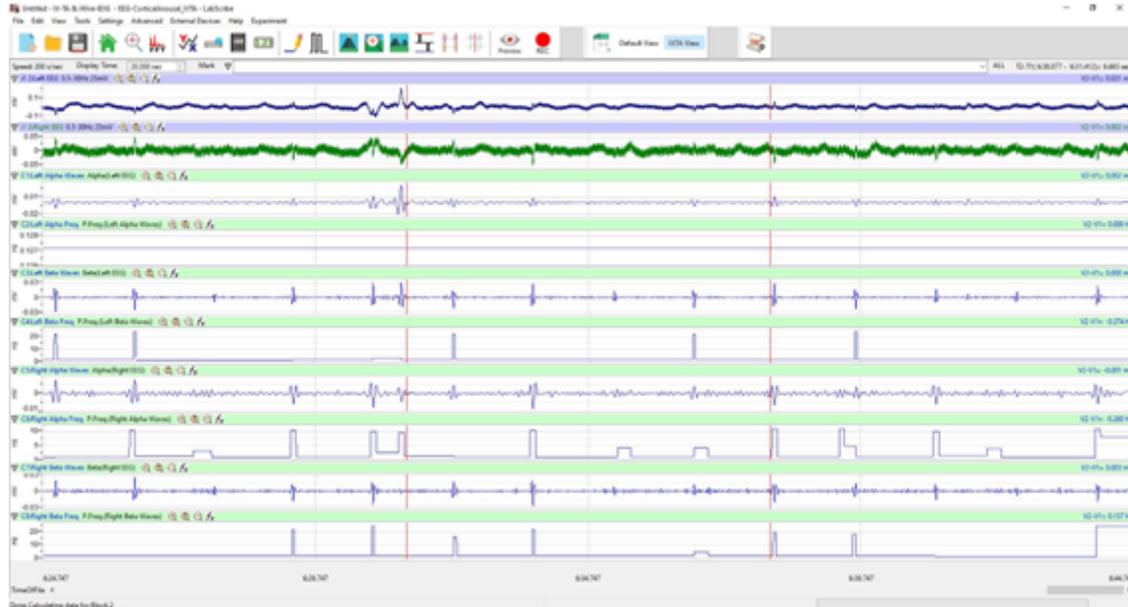


Figura 19: Resultado de la señal cerebral de la letra B al parpadear.

10. Indique al sujeto que contraiga sus músculos faciales frunciendo el ceño o sonriendo cuando se le solicite, durante los próximos treinta segundos de la grabación, escriba la letra F para fruncir el ceño, presione la tecla enter en el teclado para marcar la grabación cuando ocurra cada ceño o sonrisa, como se visualiza en la figura 22.

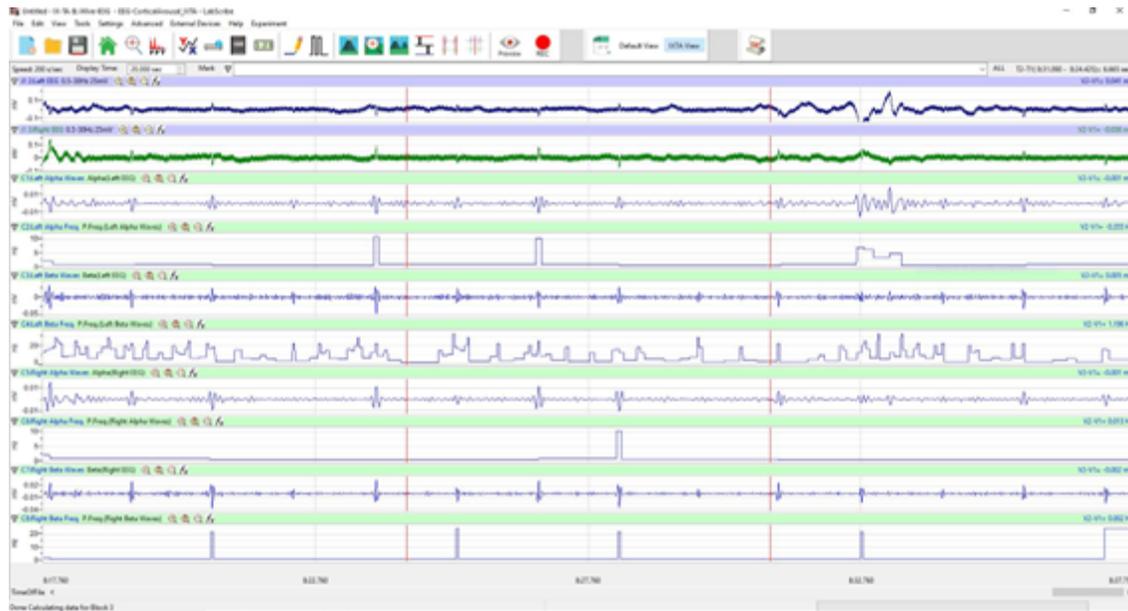


Figura 20: Resultado de la señal cerebral al contraer los músculos faciales

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

11. Indique al sujeto que gire o incline la cabeza, durante los próximos treinta segundos, escriba la letra R para girar o T para inclinar en el cuadro de marcar antes de cada vez que se le solicite al sujeto que lo haga, presione enter en el teclado para marcar la grabación cuando ocurre cada rotación o inclinación.

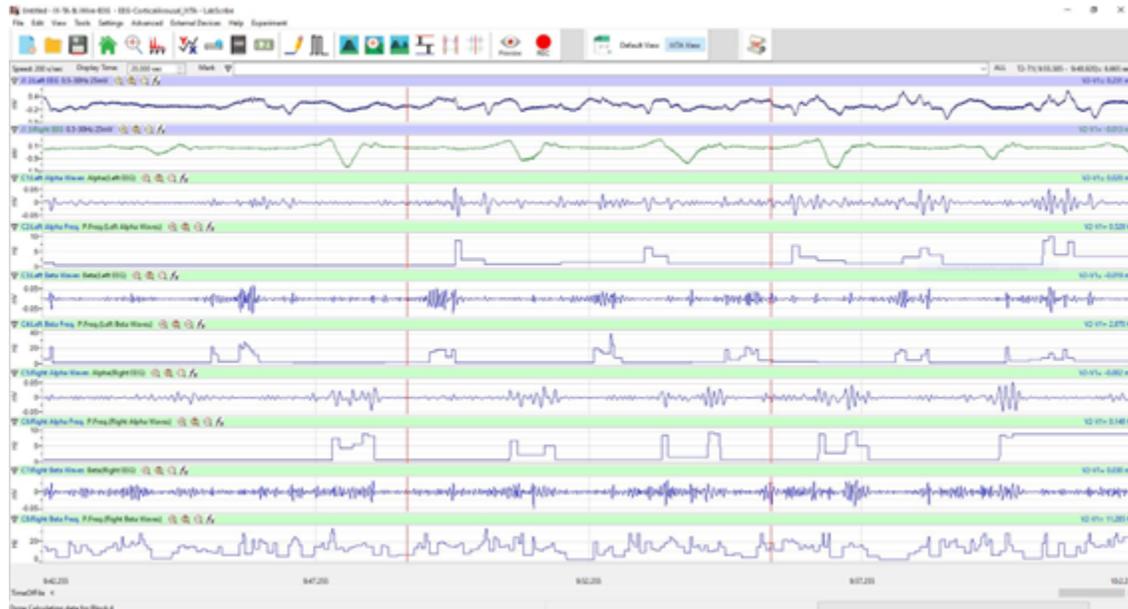


Figura 21: Resultado de la señal cerebral al inclinar la cabeza.

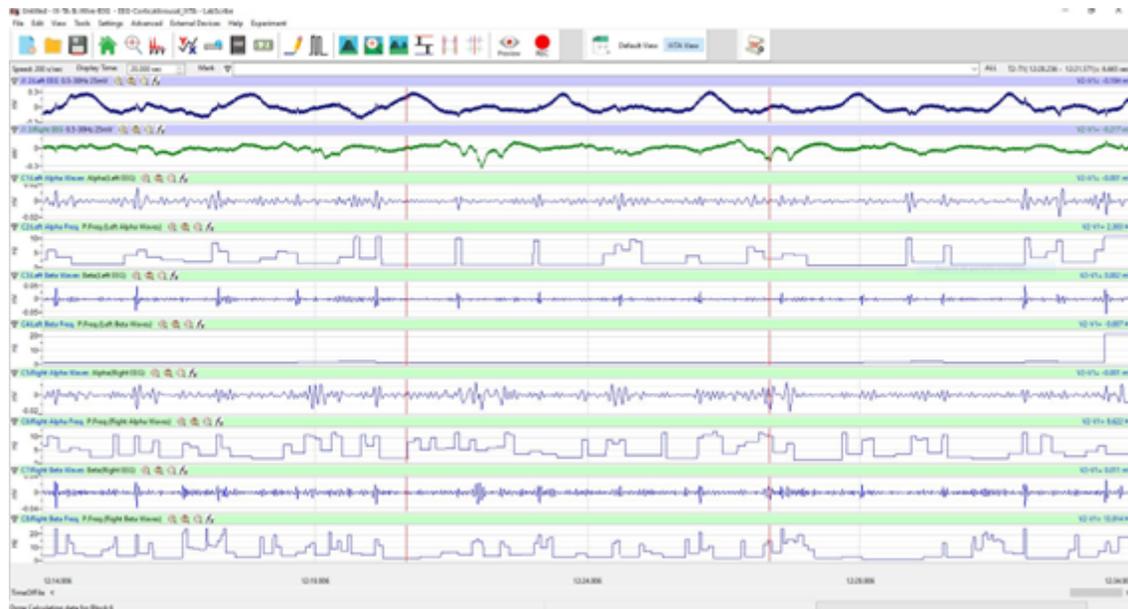


Figura 22: Resultado con la letra T al inclinar.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

12. Haga clic en detener la grabación y haga clic en archivo

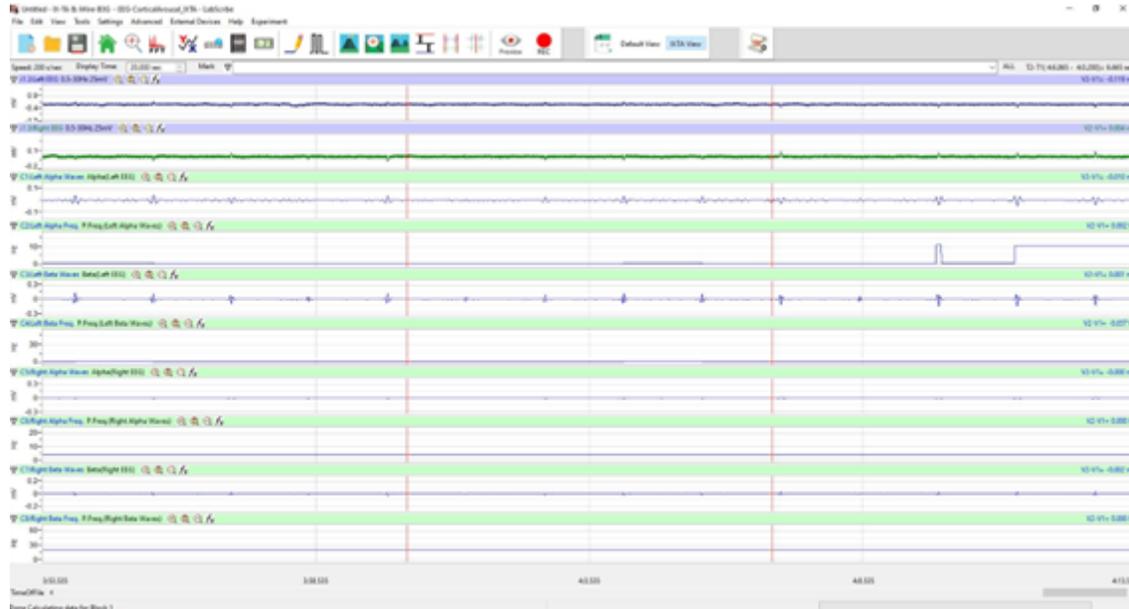


Figura 23: Resultado con la letra R al girar.

13. Designe como iwxdata y haga clic en el botón guardar.

## 8. ACTIVIDAD

- Registre los valores obtenidos en la Cuadro 2.

Cuadro 2: Características de segmentos de la onda ECG.

Segmento de la onda ECG	Amplitud (de acuerdo a la escala gráfica)	Tiempo de duración
P		
Q-S		
T		

- Adjunte una captura de pantalla del registro de la señal obtenida.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- Registre nuevamente los valores en el Cuadro 3 después de retirar y volver a colocar los electrodos

Cuadro 3: Características de segmentos de la onda ECG.

Segmento de la onda ECG	Amplitud (de acuerdo a la escala gráfica)	Tiempo de duración
P		
Q-S		
T		

- Adjunte una captura de pantalla del registro de la señal obtenida.

- Adjunte una captura de pantalla de los registros de la señales obtenidas EEG.

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 9. Desarrollo de preguntas

1. ¿Cuál es la importancia del posicionamiento adecuado de electrodos superficiales en el sistema Iworx para la evaluación de la función cardiovascular?
2. ¿Que factores deben considerar al seleccionar los sitios de colocación de los electrodos tanto para el ECG como para el EEG?
3. ¿Mencione las posibles complicaciones que podrían surgir durante la colocación de electrodos que puede afectar a los resultados del electrocardiograma?

## 10. Conclusiones

- El sistema Iworx, a través su modulo especializado, optimiza la adquisición de ondas cardiovasculares, brindando una observación detallada de la función cardíaca
- Para alcanzar resultados óptimos en la evaluación de la función cardíaca con Iworx es importante prestar especial atención al correcto posicionamiento de los electrodos,
- Durante el proceso de adquisición de señales, resulta vital mantener una estabilidad en el posicionamiento de los electrodos, cualquier movimiento o contacto con materiales metálicos puede alterar la calidad de la señal obtenida, por lo tanto, para garantizar lectura precisas y consistentes se debe evitar el movimiento y el uso de elementos metálicos durante el proceso de captación.
- Las ondas cerebrales ofrecen una ventana única para entender los diferentes estados mentales y funciones cognitivas, la clasificación y caracterización de estas ondas a través del EEG proporciona valiosa información sobre la actividad cerebral, permitiendo diagnosticas más precisos y comprensión de diversas condiciones neurológicas.

## 11. Recomendaciones

- Realizar revisión del equipo y los materiales a utilizar del Iworx este completos y en correcto funcionamiento.
- Una vez realizadas las mediciones revisar los datos obtenidos

## Referencias

- Azcona, L. (2009). El electrocardiograma. *López Farré A, Macaya Miguel C, directores. Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la fundación BBVA. 1ª ed. Bilbao: Fundación BBVA*, 49–56.
- Einthoven. (s.f.). Derivaciones electrocardiográficas. Descargado de <https://cardioprimeriaferrol.com/wp-content/uploads/2022/03/DerivacionesECG.pdf>
- Kumar, J. S., y Bhuvaneswari, P. (2012). Analysis of electroencephalography (eeg) signals and its categorization—a study. *Procedia Engineering*, 38, 2525-2536. doi: 10.1016/j.proeng.2012.06.298
- Marlon Igor Martínez Barros, M. B. T. G. (2006). Conceptos básicos de electroencefalografía. , 3.
- Ochoa, A., Hernández, G., Ramón, F., y Rincón, B. (s.f.). Sistema simulador ecg para el estudio de señales cardiacas. Descargado de <https://www.iiis.org/CDs2012/CD2012SCI/CISCI2012/PapersPdf/CA769GN.pdf>
- Ochoa, L. M. (s.f.). *Como entender un electrocardiograma.*

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

Villafuerte, S. E. T. (s.f.). *Diseño e implementación de un módulo didáctico para la enseñanza interactiva del concepto del triángulo de einthoven.*

Zuluaga Ayesta, J. (2021). *Monitorización y visualización en dispositivos móviles de señales procedentes de eeg inalámbricos (move)* (Tesis Doctoral no publicada). ETSI\_Informatica.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

D. Anexo: Adquisición de la onda de Presión arterial y circulación periférica

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

# 1. TEMA: Adquisición de la onda de Presión arterial y circulación periférica

La presión arterial es un parámetro que evalúa el estado cardiovascular de un individuo, este indicador mide la fuerza que la sangre ejerce sobre las paredes de las arterias durante el ciclo cardíaco, se compone de dos principales valores: la presión sistólica, que registra la máxima presión cuando el corazón se contrae y expulsa la sangre hacia las arterias, y la presión diastólica, que indica la presión mínima cuando el corazón se relaja y se llena de sangre entre los latidos (Association, 2021).

La medición de la presión arterial permite identificar y monitorear condiciones de salud como la hipertensión, la hipotensión y otras enfermedades cardiovasculares. A través del iworx que permite la adquisición de habilidades prácticas en la medición continua de la presión arterial, los estudiantes pueden obtener lecturas instantáneas. Este registro continuo proporciona una visión detallada de las fluctuaciones en la presión arterial, permitiendo una evaluación más completa de la salud cardiovascular del individuo (Whitmer, 2021).

## 2. Objetivo General

Analizar la señal de presiones arteriales sistólica y diastólica de un individuo mediante el iWorx.

## 3. Objetivo Específico

1. Comprender el proceso de adquisición de la señal de presiones arteriales utilizando el iworx.
2. Interpretar los principios básicos involucrados en el análisis y procesamiento de las señales de presiones arteriales con el sistema iworx.
3. Utilizar los datos recopilados y procesados para clasificar de manera adecuada en estados vascular de los individuos mediante el iworx.

## 4. Marco Teórico

La sangre, impulsada, circula del sistema arterial bajo una presión sanguínea o tensión arterial; esta última está influenciada por tres factores claves: el gasto cardíaco, la resistencia periférica y el volumen sanguíneo. Cualquier aumento en alguno de estos componentes resulta el incremento de la presión arterial. (Association, 2021)

Matemáticamente podemos expresar la presión arterial como el producto del gasto cardíaco y la resistencia periférica, tal como se representa en la ecuación siguiente (Association, 2021).

$$\text{Presión arterial} = \text{gasto cardíaco} \times \text{resistencia periférica} \quad (1)$$

### 4.1. Gasto Cardíaco

Se define como el volumen de sangre expulsado por el corazón por minuto y se ve afectado tanto por la frecuencia cardíaca (latidos por minuto) como por el volumen sistólico. (Franco Diez DÍEZ, 2019)

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 4.2. Resistencia Periférica

Representa la oposición de las arterias al flujo sanguíneo, depende de factores como la longitud del vaso, el diámetro arterial y la viscosidad de la sangre. Cualquier modificación en estos parámetros influye en la presión arterial, ya sea alargando vasos sanguíneos, cambiando su filamento o aumentando la viscosidad sanguínea. (Whitmer, 2021)

## 4.3. Volumen Sanguíneo

Un adulto promedio tiene aproximadamente 5 litros de sangre, representado cerca del 8 por ciento de su peso corporal, variaciones en este volumen como situaciones de deshidratación o retenciones de líquidos, pueden influir en la presión arterial. (Whitmer, 2021)

## 4.4. Valores de la Presión Arterial

En 2017, la Asociación Estadounidense del Corazón actualizó sus directrices relación con la presión arterial, estableciendo que una presión arterial normal debe mantenerse por debajo de 120/80, esta cifra indicativa corresponde a un estado normotenso, sin embargo, valores entre 120/ 129 para la presión sistólica, acompañados de una presión diastólica por encima de 80, se clasifican como presión arterial elevada. Se considera hipertensión cuando la presión sistólica alcanza los 130 o más y la presión diastólica llega a 80 o más, manteniéndose de manera sostenida, como se visualiza en el cuadro 1. (Association, 2021)

Cuadro 1: Clasificación de los valores de presión arterial

Grupo	PAS mmHg	PAD mmHg
Óptima	< 120	< 80
Normal	120 – 129	80 – 84
Normal Alta	130 – 139	85 – 89
HTA grado 1	140 – 159	90 – 99
HTA grado 2	160 – 179	100 – 109
HTA grado 3	≥ 180	≥ 110
HTA sistólica aislada	≥ 140	≥ 90

## 5. MATERIALES

- Registrador de datos IX-TA-220
- Unidad de adquisición de datos y fuente de alimentación IX-TA-220
- Pletismógrafo del pulso PPG-320
- Transductor de presión arterial no invasivo BP-220
- Tubo Tygon negro con conectores Luer BT-220

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 6. EQUIPOS

- Iworx
- Computador PC

## 7. PROCEDIMIENTO

### 7.0.1. Configuración de transductores de presión arterial y pulso

1. El transductor de presión no invasiva (NIBP-220), como se muestra en la figura 1, debe ser ubicado, junto al sensor de pulso PPG-320, un pletismógrafo como se ilustra en la figura 2, deberá colocarse. Iworx (s.f.)



Figura 1: Transductor de presión no invasivo.

2. Conectar el conector PPG-320 al puerto PT.



Figura 2: Grabador IX-TA-220 con conexión al transductor de presión.

3. Conectar del tubo del BP-220 el canal designado como A2

### 7.0.2. Preparación del paciente

1. Lavarse las manos con agua y jabón o aplicar alcohol al 70 por ciento.
2. Informar sobre la prueba que se va a realizar, esta prueba es indolora y debe permanecer inmóvil durante su realización. Iworx (s.f.)
3. Antes de la toma, no deben haber ingerido algún tipo bebida energizante que pudiera afectar la presión arterial y el pulso.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- El individuo debe permanecer en reposo un período de cinco minutos
- Cuando el individuo se encuentre en reposo, se recomienda colocar el manguito de presión arterial alrededor de la parte superior del brazo izquierdo, justo por encima del codo, asegurándolo firmemente con el velcro. Posteriormente, se debe colocar el sensor del pulso en la superficie del pulpejo del dedo índice o pulgar, tal como se muestra en la figura 3.



Figura 3: Posicionamiento del transductor de presión en el antebrazo del sujeto bajo análisis.

### 7.0.3. Iniciar el Software y Configurar LabScribe

- Acceder a LabScribe, ubicado en el escritorio del computador.
- Al seleccionar la opción OK en el cuadro de diálogo del IX-TA, se desplegará una ventana para confirmar la elección.
- Hacer clic en la opción ajustes (settings), a continuación, deberá seleccionar la opción load group, seguido complete settings y IPLMvComplete.iwx grp, posterior seleccione este grupo y hacer clic en Abrir.
- Volver al menú Ajustes (Settings), posterior hacer clic en Human Circulation y finalmente BloodPressure-ImposedConditions
- Aparecerá en la pantalla de la computadora según lo configurado por BloodPressure-ImposedConditions, un documento en pdf lo cual indicará que esta configurado.
- Volver el menú editar (Edit), luego preferencias y dentro de esto estará configurado los canales A2,A5 y C1, una vez completada la configuración hacer clic en ok para confirmas los cambios.
- Una vez concluido el período de reposo y configuración, el usuario deberá dirigirse a la opción grabar ubicada en la parte superior derecha de la ventana principal del LabScribe. Una vez hecho esto, la señal correspondiente deberá comenzar a desplazarse por la pantalla, dando inicio al registro de la presión arterial y el pulso, se evidencia detenidamente la señal en la figura 4.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:



Figura 4: Al observar el registro de la presión arterial y el pulso, se puede apreciar la señal.

- Hacer clic en el botón AutoEscala en el margen superior de los canales pulso y presión arterial, como se muestra en la figura 5.

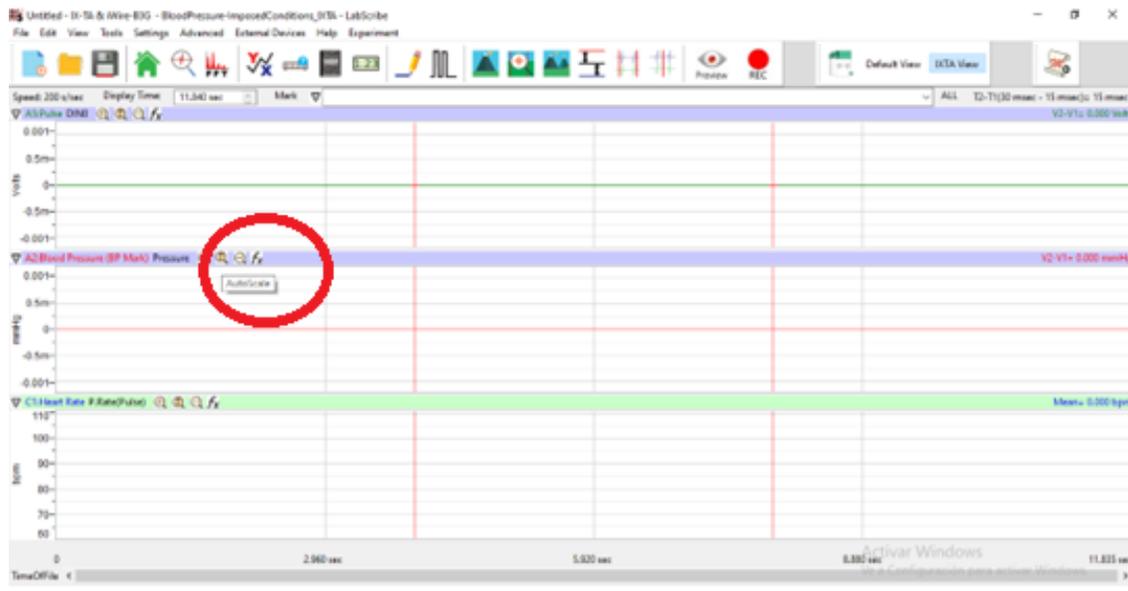


Figura 5: Para mejorar la visualización de la señal, se activa la función de autoscala. Al examinar el registro de la presión arterial y el pulso, la señal se hace más clara y fácil de interpretar

- Verificar que la válvula de presión se encuentre cerrada e insuflar el manguito de presión arterial hasta que desaparezca la onda del pulso del dedo del canal pulso, para así obtener el resultado de la imagen

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

6, 7 y 8.



Figura 6: Visualización de la onda de pulso entendiendo la dinámica cardiovascular.

- Una vez que no presente pulso el sujeto, libere de manera gradual a una velocidad 10 mmHg/segundo el aire, continúe hasta que en el medidor anerode indique 20 mmHg, el cual se mostrará el resultado de la figura 7.

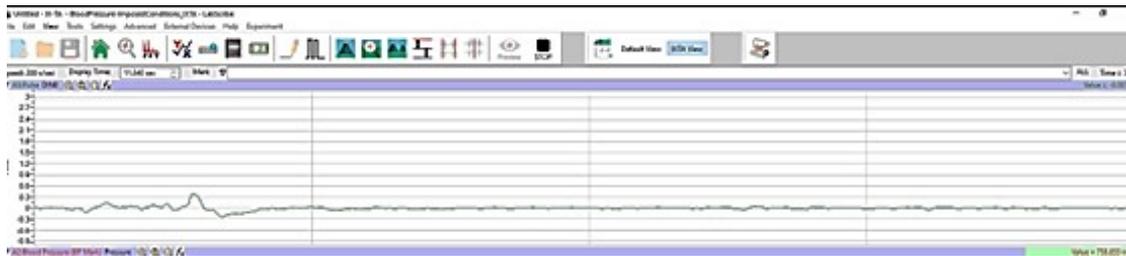


Figura 7: Cuando se incrementa la presión en el transductor, la forma de la onda de pulso se percibe como una línea continua.

- Si la señal del pulso es pequeña presionar la correa que sostiene el pulso
- En el canal de presión arterial, mover un cursor hacia el lado izquierdo de la pantalla y el otro hacia la derecha, abarcando entre 6 y 8 segundos de datos.
- Detener la grabación
- Hacer clic en V2-V1 en el lado derecho del canal de presión arterial y posterior clic en establecer compensación (Sef Offset)
- Cuando se habrá la ventana de compensación, configure la numeración ingresando el valor de 0, posterior hacer clic en Apply the calculated offset for this block to all blocks y finalmente OK.
- Colocar una marca de verificación en la casilla junto a aplicar en desplazamiento calculado para este bloque a todos bloques.
- Establecer el valor que se ha medido, colocar el cursor en 0 en el cuadro de la parte superior.
- Hacer clic en el botón aceptar en la esquina inferior derecha.
- Colocarse en el botón detener
- Asegurar de que el manguito este completamente desinflado y no ejerciendo presión innecesaria sobre el brazo del sujeto.
- Seleccionar guardar en el menú Archivo.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 8. ACTIVIDAD

- Analizar los datos obtenidos, desplazándose por la grabación y busque la selección de datos registrados antes, durante y después de que la presión en el brazalete obstruyera el pulso.

Para obtener los datos siga adicional los siguientes pasos:

- Para obtener los datos recopilados, acceder a la ventana principal o la ventana de análisis de la barra de herramientas.
- Observar, las funciones matemáticas, V2-V1 y T2-T1, lo mismos que deberan aparecer en la pantalla.
- Finalmente presente una captura de pantalla del registro, como se visualiza en la figura 8.

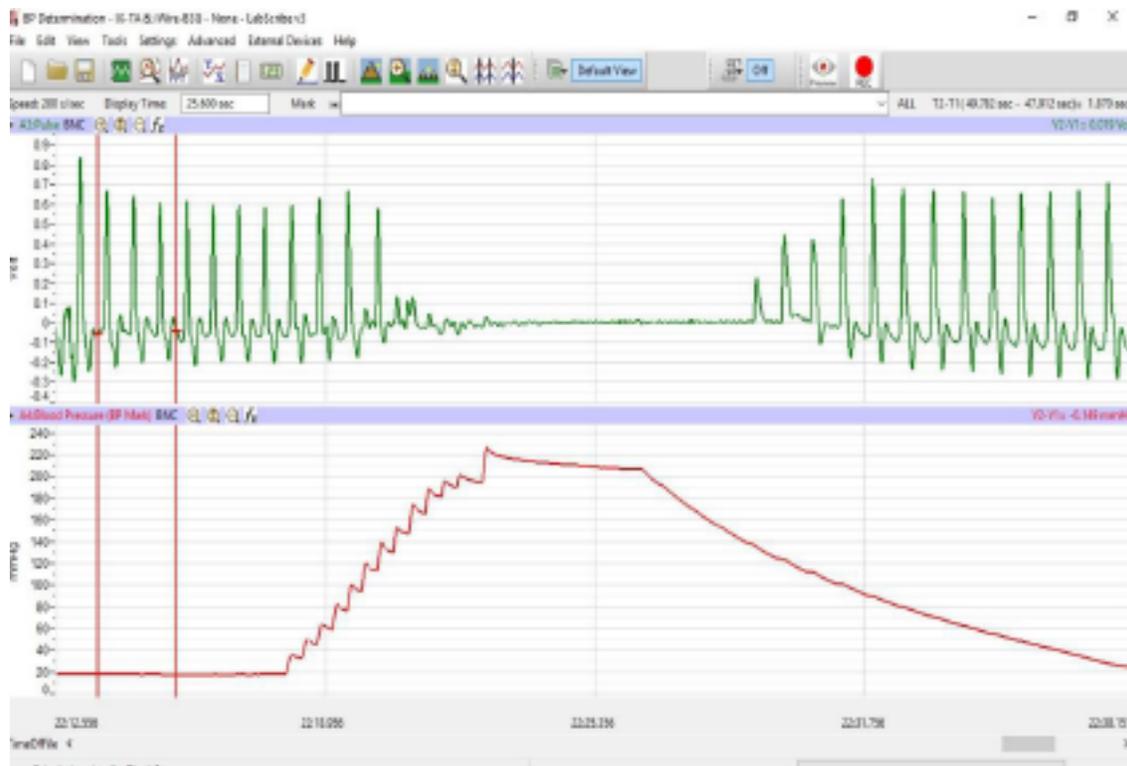


Figura 8: Visualización del resultado de la onda de presión arterial.

- Para garantizar una medición, Colocar los cursores correctamente antes de registrar los valores, esto asegura la fiabilidad de los datos de la presión arterial y posterior registre los valores.
  - Para la presión arterial sistólica colocar el cursor a la primera de las ondas más grandes que reaparecen, a medida que disminuye la presión del manguito liberado, se podrá visualizar el resultado de la figura 10.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

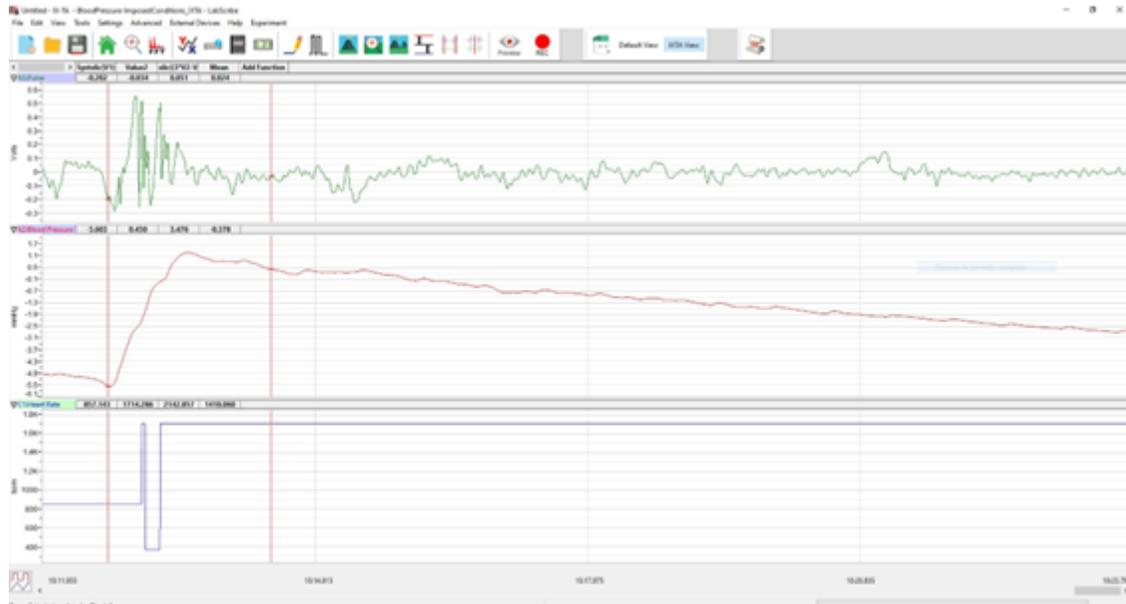


Figura 9: Visualización del Resultado de la Onda de Presión Sistólica.

- Para la presión diastólica colocar el cursor en la primera de las ondas del pulso más pequeñas que reaparecen después de liberar la presión del maguito

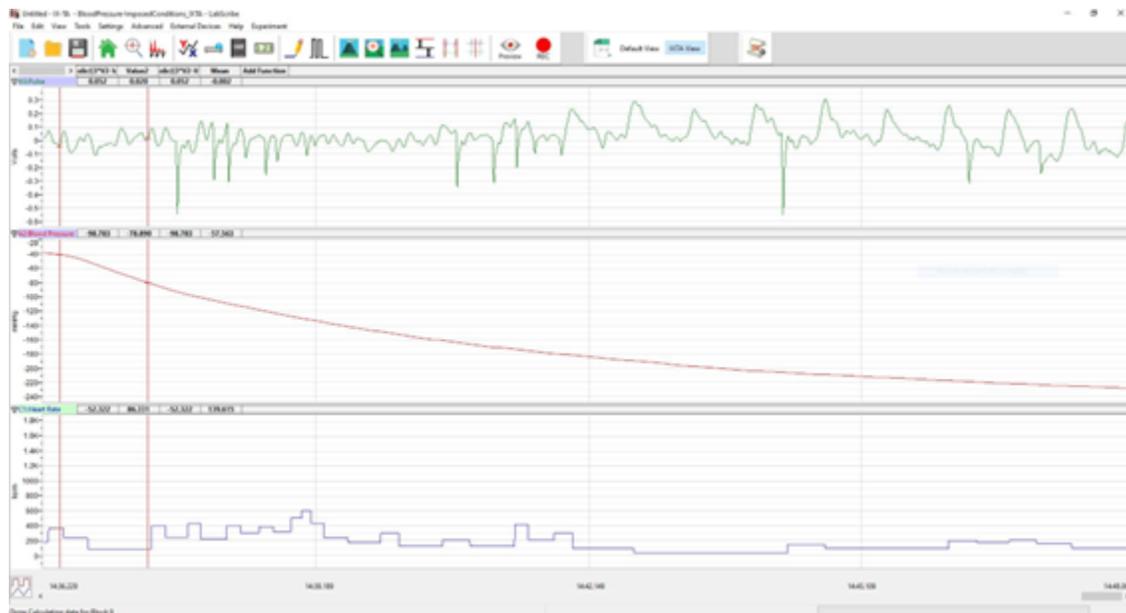


Figura 10: Resultado de la onda de presión diastólica.

- Registrar los datos obtenidos en la siguiente tabla

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

Cuadro 2: Mediciones de la amplitud de presión arterial para diferentes sujetos

Sujeto	Presión sistólica mmHg	Presión diastólica mmHg
Sujeto 1		
Sujeto 2		
Sujeto 3		

Nota: Completa las mediciones de presión sistólica y diastólica para cada sujeto.

## 9. Desarrollo de preguntas

1. Las presiones arteriales sistólica y diastólica son similares. Justifique su respuesta.
2. ¿Cual es el funcionamiento del transductor de presión no invasivo?.
3. ¿Cómo afecta la presión arterial si el individuo en estudio no está en un estado de reposo?.

## 10. Conclusiones

- El sistema Iworx, a través de su módulo especializado, mejora significativamente la adquisición de ondas cardiovasculares, ofreciendo una observación de la función cardíaca.
- Para obtener resultados óptimos en la función cardíaca utilizando iworx, se debe prestar especial atención al correcto posicionamiento del brazaletes, durante la adquisición de la señal, para así garantizar lecturas precisas y consistentes.
- Durante la adquisición de señales, se pudo observar que al realizar el movimientos se latera la señal.

## 11. Recomendaciones

- Antes de realizar las mediciones, es esencial que el paciente cumpla con ciertos requisitos preparatorios, como permanecer en reposo, abstenerse de ciertas bebidas y comprender la naturaleza del procedimiento. .
- Una vez realizadas las mediciones revisar los datos obtenidos.

## Referencias

- Association, A. H. (2021). Estilo de vida con reducción de factores de riesgo. Disponible en: [https://www.heart.org/-/media/files/health-topics/answers-by-heart/answers-by-heart-spanish/what-is-highbloodpressure\\_span.pdf](https://www.heart.org/-/media/files/health-topics/answers-by-heart/answers-by-heart-spanish/what-is-highbloodpressure_span.pdf).
- Franco Diez DÍEZ, E. (2019). *Manual de cardiología y cirugía cardiovascular*. Academiamir. Descargado de <https://amirpanama.com/wp-content/uploads/2019/07/Cardiologia11aEdicion.pdf>
- Iworx. (s.f.). *Learning goals and outcomes for labscribe physiology exercises the iworx a/d recorders and labscribe software tutorial chapter experiment t-1: Labscribe tutorial-pulse and ecg learning goals*. Descargado de <https://iworx.com/?v=3fd6b696867d>
- Whitmer, K. (2021). *A mixed course-based research approach to human physiology*. Iowa State University Digital Press. doi: 10.31274/isudp.2021.67

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

## E. Anexo: Amplificadores operacionales empleando en el simulador proteus

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 1. TEMA: Amplificadores operacionales empleandos en el simulador proteus

Los amplificadores operacionales, abreviados como op amps, son dispositivos que se utilizan para amplificar señales de manera eficiente, estos dispositivos, a menudo utilizados en circuitos con retroalimentación negativa, ofrecen una alta ganancia y precisión en una amplia variedad de aplicaciones, desde circuitos de audio hasta sistemas de control automático.

Un amplificador operacional se define como un amplificador diferencial de muy alta ganancia que posee una alta impedancia de entrada y baja impedancia de salida. Este componente proporciona cambios en la amplitud de voltaje (tanto en amplitud como en polaridad) de manera precisa y controlada. En su configuración típica para propósitos generales, un amplificador operacional consta de tres etapas principales: una etapa de entrada con dos terminales, una etapa de salida con un terminal de salida y una etapa intermedia que procesa la comparación entre las dos entradas .(Griffin, 2003)

En la práctica, podremos verificar funciones tales como el inversor, no inversor, sumador y comparador, se empleará un diagrama guía, conocido como datasheet, que proporciona información detallada sobre cómo realizar las conexiones de los componentes necesarios.

## 2. Objetivo General

Analizar el desempeño de los amplificadores operacionales en distintas disposiciones y configuraciones.

## 3. Objetivo Específico

1. Recordar las características más importantes del amplificador operacional.
2. Comprender la estructura del amplificador operacional
3. Aplicar con configuraciones prácticas de amplificadores operacionales.

## 4. Marco Teórico

El amplificador operacional (Op Amp) tuvo sus inicios en la década de 1940 con el diseño del primero amplificador operacional de tubo vacío por Karl D y se utilizaba en las primeras computadoras analógicas para realizar operaciones matemáticas de ahí su nombre, en 1960, con el avance de la tecnología de semiconductores, los Op Amp basados en transistores reemplazaron a los modelos de tubos vacío, en 1998 se dio el lanzamiento del circuito integrado 741(Webster, s.f.).

### 4.1. Definición

Los amplificadores operacionales son dispositivos electrónicos diseñados para amplificar la diferencia de potencial entre sus entradas, se caracterizan por su alto nivel de ganancia, respuesta lineal y versatilidad para realizar diversas operaciones en señales analógicas, en el laboratorio se explorarán configuraciones básicas que permitan comprender su funcionamiento.(Webster, s.f.)

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 4.2. Estructura Interna

Se construyen mediante tecnologías de semiconductores, integrado por transistores, resistencias y condensadores en un único chip. (Webster, s.f.)

## 4.3. Símbolo del Amplificador Operacional

Presenta dos entradas una no inversora y otra inversora, y una salida, y las conexiones para el voltaje de alimentación voltaje positivo y voltaje negativo, este se puede alimentar con +/- 12 voltios. (Webster, s.f.)

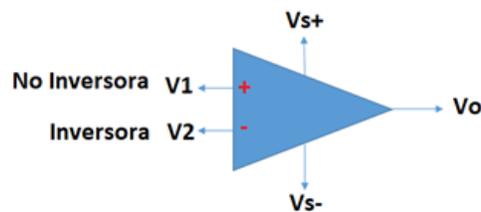


Figura 1: Principios fundamentales sobre la estructura de un Amplificador Operacional.

## 4.4. Funcionamiento

Los amplificadores operacionales son dispositivos fundamentales en electrónica que se utilizan para amplificar señales eléctricas. Su funcionamiento se rige por principios específicos y suelen tener dos entradas principales, una no inversora ( $V+$ ) y otra inversora ( $V-$ ), así como dos fuentes de alimentación,  $Vs+$  (positiva) y  $Vs-$  (negativa).

En el caso del ejemplo de estudio se ha utilizado un amplificador alimentado con  $Vs+$  (+10v) y  $Vs-$  (-10v) y con entrada  $V+$  (5v) y  $V-$  (4v), su comportamiento puede describirse de la siguiente manera. (Self y Waugaman, 2005)

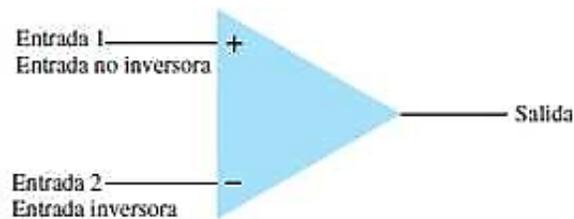


Figura 2: Funcionamiento y configuración de un amplificador. Fuente: Ochoa y cols. (s.f.).

- Entradas del amplificador
  - La entrada no inversora ( $V+$ ) recibe una señal de 5v
  - La entrada inversora ( $V-$ ) recibe una señal de 4V
- Comparación de tensiones

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- Si la tensión en la entrada inversora ( $V_-$ ) es mayor que la tensión en la entrada no inversora ( $V_+$ ), entonces el amplificador opera en modo inversor.
- Si la tensión en la entrada no inversora ( $V_+$ ) es mayor que la tensión en la entrada inversora ( $V_-$ ), entonces el amplificador opera en modo no inversor

■ Operación en modo inversor

- En este ejemplo supongamos que la entrada inversora ( $V_-$ ) tiene una tensión mayor que la entrada no inversora ( $V_+$ )
- Cuando el amplificador opera en modo que en este caso es  $+10v$ , esto significa que el voltaje de salida será  $+10v$

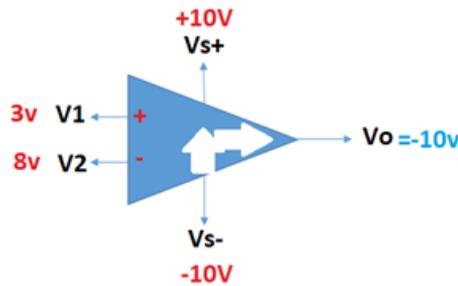


Figura 3: Configuración de un Amplificador Operacional No Inversor

■ Operación en modo no inversor

- Si la entrada no inversora ( $V_+$ ) tiene una tensión mayor que la entrada inversora ( $V_-$ ), entonces el amplificador operaría en modo no inversor
- En este caso, la salida del amplificador se satura a su valor mínimo, que es de  $-10v$ , esto significa que el voltaje de salida sería  $+10v$ .

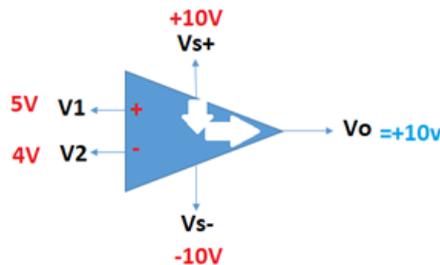


Figura 4: Configuración de Amplificador Operacional Inversor

Es importante destacar la importancia de la ganancia del amplificador operacional, que puede alcanzar hasta 100.000 veces el diferencial de voltaje de entrada, en el caso específico del amplificador mencionado, su función principal es amplificar la disparidad de voltaje entre sus dos entradas, asimismo, la salida del amplificador se satura, ajustándose a los valores máximos y mínimos, según la relación de tensiones presentes en

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

las entradas. Este comportamiento, esencial para la ingeniería electrónica, proporciona las bases fundamentales para la comprensión y el diseño de circuitos que emplean amplificadores operaciones en diversas aplicaciones.

## 5. MATERIALES

- Amplificador operacional 741
- Resistencia de 10K
- Resistencia de 50K
- Resistencia de 100K
- Resistencia de 1K
- Resistencia de 2K
- Potenciómetro 1K
- Resistencia 220 ohmios

## 6. EQUIPOS

- Iworx
- Computador PC

## 7. PROCEDIMIENTO

### 7.1. Práctica 1 Amplificador Modo No Inversor

En la presente práctica, se procederá a identificar las funciones específicas de los pines del amplificador operacional LM741, un dispositivo integrado de 8 pines, cabe destacar que de los ocho pines disponibles, tres no se utilizan en esta aplicación siendo estos pines 1,5 y 8, como se muestra en la figura 5.

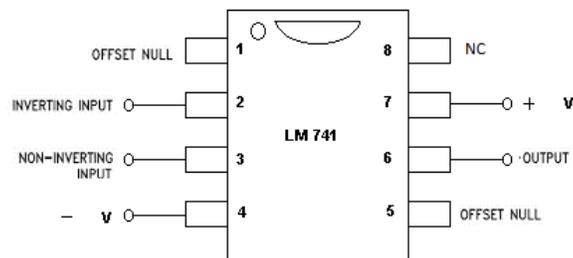


Figura 5: Descripción de la estructura interna del amplificador LM741. Fuente: Instruments (s.f.).

A continuación, se detalla la función asignada a cada pin utilizado:

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- Pin 2: Entrada inversora
- Pin 3: Entrada no inversora
- Pin 4: Alimentación del voltaje negativo
- Pin 6: Salida del amplificador
- Pin 7: Alimentación del voltaje positivo

Es importante destacar que esta información resulta necesario para una correcta conexión y asegurar el óptimo desempeño del amplificador operacional LM741 en una variedad de circuitos. Esto garantiza una gestión adecuada de las señales eléctricas, maximizando así su funcionalidad en aplicaciones prácticas.

1. Establecemos una alimentación de +/- 9v, conectando el voltaje negativo tanto a la entrada V- como a la V+ del amplificador operacional
2. Utilizamos el multímetro para realizar mediciones, conectando su terminal negativo al punto de referencia común.
3. Ajustamos la entrada inversora del amplificador operacional (pin 2) a 0 voltios y la entrada no inversora (pin 3) a 9 voltios.
4. Conectamos el terminal positivo del multímetro a la salida del amplificador (pin 6)
5. Dado que la entrada no inversora se encuentra a 9 voltios la inversora a 0 voltios, la salida resultante es positiva y alcanza los 9 voltios.

Este procedimiento garantiza una correcta configuración de las conexiones y ajustes necesarios para obtener la salida deseada del amplificador operacional, brindando una comprensión clara del comportamiento del circuito en condiciones físicas.

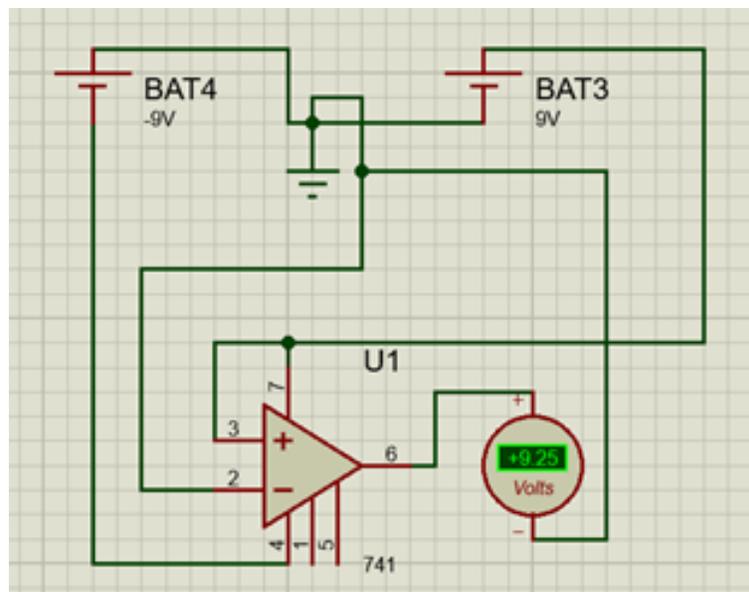


Figura 6: Descripción del circuito con Amplificador Operacional en Configuración No Inversora

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

### 7.1.1. Actividad

1. Cambiar la entrada no inversora en 0 voltios y la entrada inversora en 9 voltios, coloque las capturas de pantalla.
2. Cuál es el resultado del voltaje de salida.

## 7.2. Práctica 2: Amplificador Sumador Inversor

Es una configuración de amplificador operacional que realiza operaciones de suma de varias señales de entrada, esta disposición se utiliza un amplificador operacional con una resistencia de entrada inversora y múltiples resistencias conectadas a la entrada no inversora, la salida resultante es la suma de las señales de entrada.

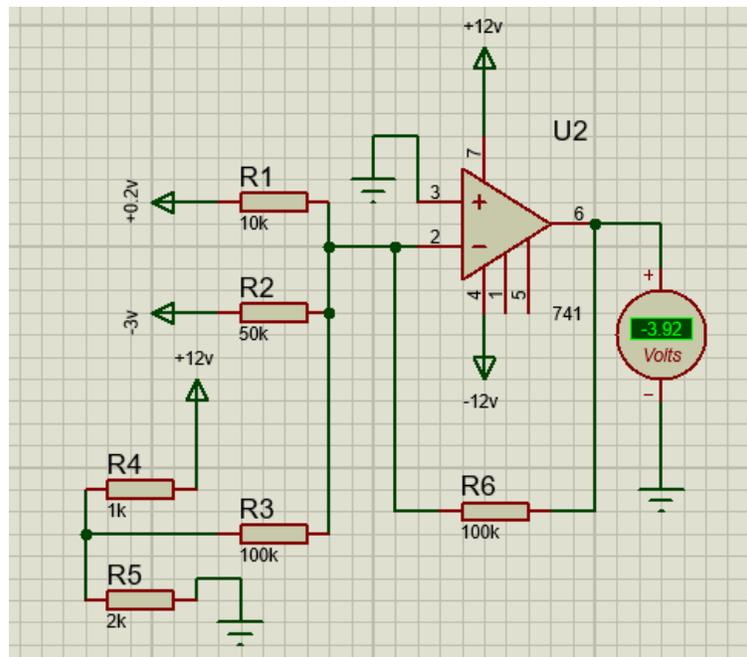


Figura 7: Descripción del circuito con Amplificador Operacional Sumador Inversor

### 7.2.1. Actividad

1. Calcular el voltaje de salida .

$$V_o = -R_f \left( \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$$

$$V_o = -100k \left( \frac{0,2V}{10k} + \frac{-3V}{50k} + \frac{8V}{100k} \right)$$

$$V_o = -100k (0,02 - 0,06 + 0,08) \text{ mA}$$

$$V_o = -100k \cdot 0,04 \text{ mA}$$

$$V_o = -4V$$

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

2. Explicar por qué el amplificador sumador inversor su resultado es negativo

Es debido a que la entrada inversora está conectada a resistencias desde múltiples fuentes de señales, mientras que la entrada no inversora se conecta a tierra.

### 7.3. Práctica 3 Amplificador Comparador

Esta disposición del amplificador se encarga de comparar dos señales de entrada y producir una salida que indica cuál es mayor.

En la práctica del comparador vemos que el pin 3 está a LED verde y el pin 2 al LED azul, estos LEDs se van a encender de acuerdo a la variación del potenciómetro que proporciona una señal de voltaje, proporcionando una representación visual de la comparación de señales en el amplificador.

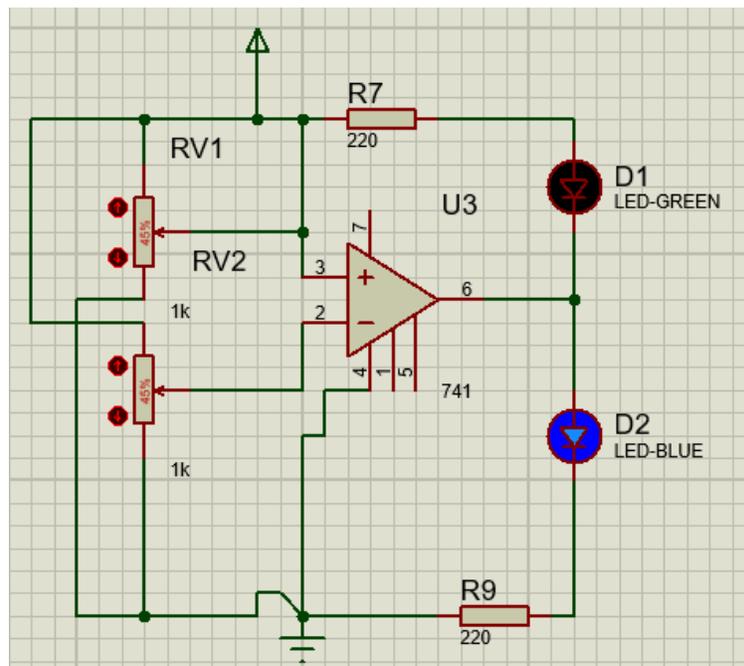


Figura 8: Descripción del circuito con Amplificador Operacional Comparador

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

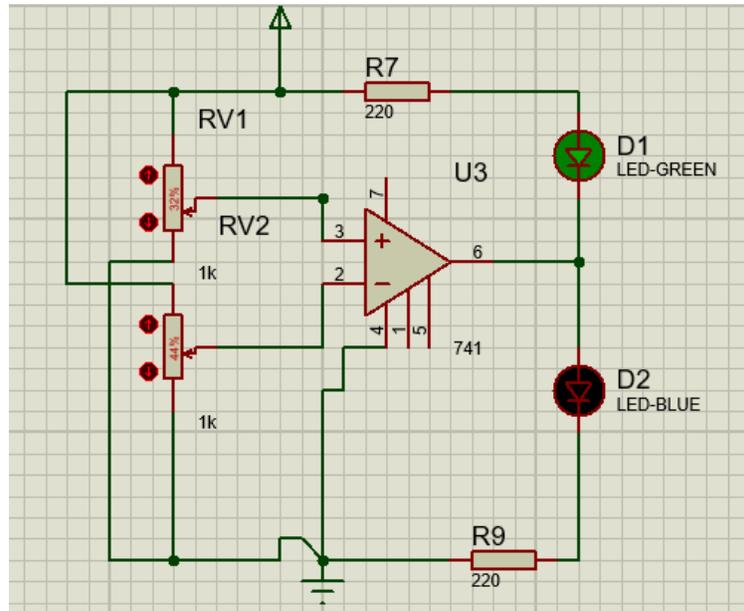


Figura 9: Descripción del circuito con Amplificador Operacional Comparador

### 7.3.1. Actividad

1. Cuál es la importancia de utilizar potenciómetros y cómo afecta la variación de su posición a la comparación de señales.
2. Que impacto tiene en la activación de los LEDs verde y azul.
3. ¿Podría explicar cómo se logra la amplificación de la diferencia de voltajes en el amplificador comparador?.

## 8. Conclusiones

- Tras analizar el desempeño de los amplificadores en distintas disposiciones y configuraciones, se ha observado su capacidad para adaptarse y funcionar de manera eficiente en una variedad de contextos. Este análisis proporciona una comprensión más profunda de cómo los amplificadores operacionales pueden ser utilizados de manera efectiva en diferentes aplicaciones electrónicas.
- Al recordar las características como funcionamiento de los amplificadores operacionales, se pudo determinar su utilidad en el diseño de circuitos electrónicos, proporcionando una base sólida para el análisis y la selección adecuada de amplificadores operacionales según los requisitos de cada circuito.
- La aplicación de configuraciones prácticas de amplificadores operacionales permite comprender su estructura interna, permitiendo aprovechar al máximo para el desarrollo de diseño de circuitos electrónicos, facilitando el rendimiento, eficacia y fiabilidad.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 9. Recomendaciones

- Para mejorar la práctica con amplificadores operacionales, se sugiere explorar variaciones en la configuración del circuito. Esto permitirá una comprensión más profunda de cómo diferentes parámetros afectan el comportamiento del amplificador.

## Referencias

- Griffin, J. (2003). Technology in the teaching of neuroscience: Enhanced student learning. *American Journal of Physiology - Advances in Physiology Education*, 27, 146-155. doi: 10.1152/advan.00059.2002
- Instruments, T. (s.f.). Lm741 operational amplifier.
- Ochoa, A., Hernández, G., A, R. F., y Rincón, B. (s.f.). Sistema simulador ecg para el estudio de señales cardiacas.
- Self, B. P., y Waugaman, W. A. (2005). *A new biomedical engineering course based on aerospace applications*.
- Webster, J. (s.f.). *Medical instrumentation: Application and design*.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

## F. Anexo: Aplicaciones de amplificadores operacionales

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 1. TEMA: Aplicaciones de amplificadores operacionales

En el siguiente práctica se podrá ver la aplicación de los amplificadores operacionales, que son ampliamente utilizados en circuitos de acondicionamiento de señales, donde se encargan de amplificar, filtrar y procesar señales analógicas de entrada para su posterior procesamiento. (Association, 2021), Se podrá observar la simulación en diferentes etapas con el fin de generar una señal con implementación de amplificador operacional TL062 que presenta una alta impedancia de entrada y una alta velocidad de desplazamiento, por la cual presenta una entrada JFET, estructurado con transistores bipolares JFET de alto voltaje. Por lo tanto la práctica brinda la oportunidad de analizar detalladamente las diversas formas en que este dispositivo puede ser utilizado, es importante comprender que los amplificadores operacionales desempeñan un papel significativo en el acondicionamiento de señales, incluyendo amplificación y filtrado.

## 2. Objetivo General

Desarrollar el circuito de amplificación y procesamiento de señales utilizando el amplificador TL062 y la unidad de adquisición de datos IX-TA del iWorx, con el propósito de mejorar la precisión y eficacia en la recolección y análisis de datos .

## 3. Objetivo Específico

1. Identificar los componentes necesarios para configurar el sistema de adquisición de datos IX-TA y los cables de conexión.
2. Construir un circuito en la placa de pruebas utilizando el amplificador operacional TL062 para amplificar y procesar señales.
3. Configurar el software LabScribe en la computadora, seleccionar los canales adecuados y ajustar las preferencias según los requisitos específicos del proyecto.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. Amplificador Operacional TL062

Es un amplificador de baja potencia y bajo ruido que pertenece a la familia de amplificadores operacionales JFET (transistor de efecto de campo de unión), este componente se utiliza comúnmente en aplicaciones que requieren amplificación de señales, como es en el caso de la instrumentación, debido a su frecuencia extendida, se emplea en el diseño de filtros activos para el procesamiento de señales, como se puede observar en la figura 1. (Silva, 2021)

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

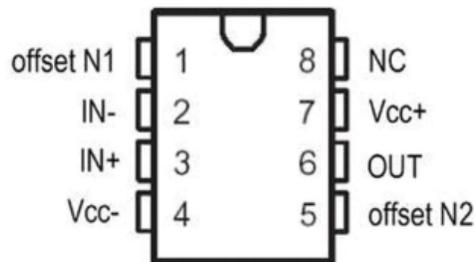


Figura 1: Análisis del datasheet del Amplificador TL062. Fuente: Silva (2021).

## 5. MATERIALES

- Registrador de datos IX-TA-220
- Unidad de adquisición de datos y fuente de alimentación IX-TA-220
- Cable USB
- C-DIN-BB: Cable Din a Protoboard
- C-BNC-BB: Cable BNC a placa de pruebas
- A-Placa de Pan: Placa de puebas

## 6. EQUIPOS

- Iworx
- Computador PC

## 7. PROCEDIMIENTO

### 7.1. Configuración de la placa de pruebas

1. Inserte el conector BNC en el extremo del cable C-BNC-BB a la placa
2. Conecte el extremo del cable C-DIN-BB a la placa
3. Inserte el conector DIN8 del cable C-DIN-BB en el puerto A5 del TA
4. Conecte el otro extremo del cable C-DIN-BB a la placa según se muestra en la figura 2 y 3.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRÓN

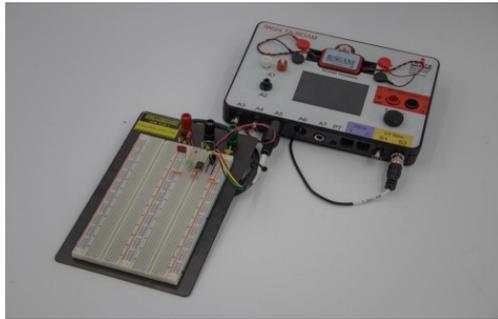


Figura 2: Configuración del IX-TA-220 con la placa. Fuente: Iworx (s.f.).

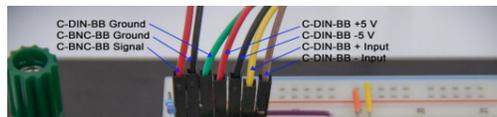


Figura 3: Configuración de los conectores. Fuente: Iworx (s.f.).

## 7.2. Construya el circuito en la palca de pruebas

- La señal del estimulador (C-BNC-BB se introduce en la entrada del circuito)
- Utilice el cable C-DIN-BB (+5V y -5V) para proporcionar energía al circuito
- Utilice la entrada C-DIN-BB+ para enviar la señal desde la salida de su circuito al IX-TA
- En los circuitos de esta práctica de laboratorio, la entrada C-DIN-BB debe estar conectada a tierra ya que tenemos una salida de un solo extremo de los circuitos.
- La conexión a tierra C-BNC-BB y la conexión a tierra C-DIN-BB están conectadas entre sí.

## 7.3. Iniciar el Software y Configurar LabScribe

- Acceda a LabScribe, ubicado en el escritorio del computador.
- Se desplegará un cuadro de dialogo del IX-TA elegir OK.
- Hacer clic en ajustes (settings), luego load group, seguido complete settings y IPLMvComplete.iwx grp, selecciones este grupo y haga clic en Abrir.
- Volver al menú Ajustes (Settings), luego BioInstrumentation y Opamp-Circuits y está establecido las configuraciones.
- Aparecerá en la pantalla de la computadora según lo configurado un documento en pdf lo cual indica que está configurado.
- Volver al menú editar (Edit), luego preferencias, posterior preferencias en un Mac y pestaña canales habilite los canales que se van a grabar como se muestra en la figura 4 y selecciónelos:
  - A5 (salida del amplificador) esta es la salida del filtro.
  - S1 (Estimulador) esto es lo que genera el estimulador, es la entrada al Opamp circuito.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

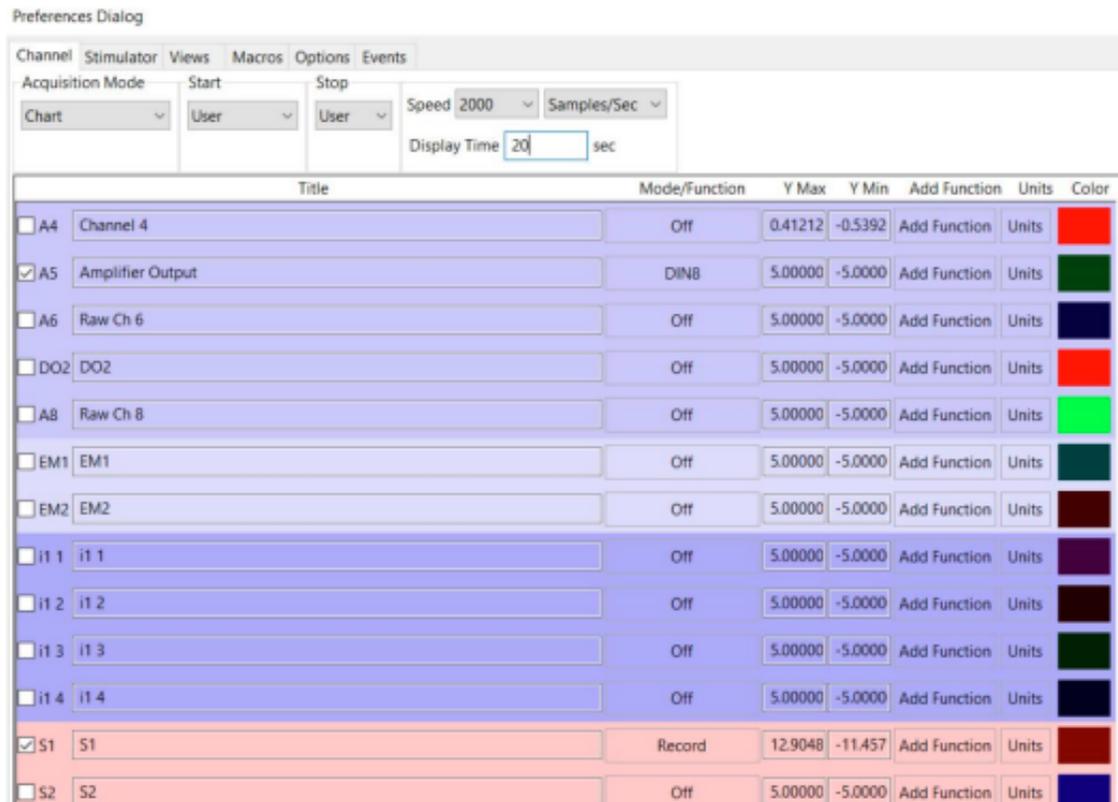


Figura 4: Configuración y habilitación de los canales

#### 7.4. Pestaña estimulador

- a) Elija el estimulador S1
- b) Establezca el modo en sinewave
- c) Configure la amplitud en 5V y la frecuencia en 10Hz, como se muestra en la figura 5.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

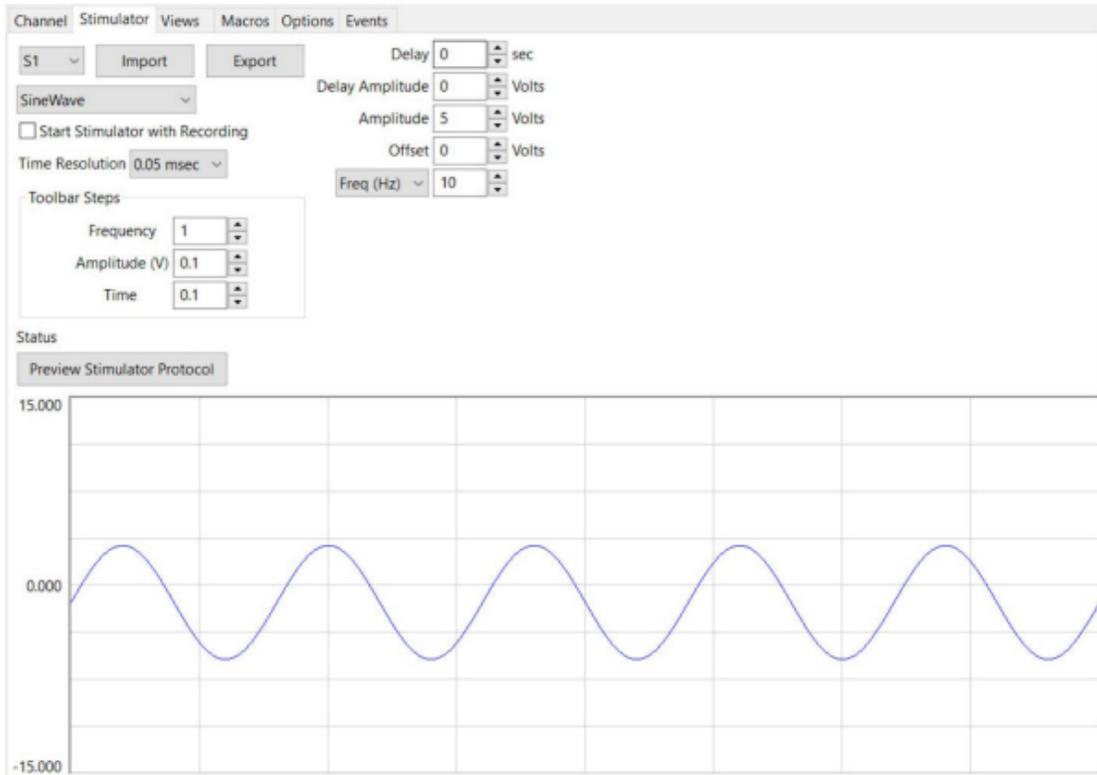


Figura 5: Resultado de la señal capturada del amplificador

## 8. ACTIVIDAD

- Realice las siguientes configuraciones y coloque las capturas de pantalla de los resultados
  - Configure la amplitud en 6V y la frecuencia en 20Hz
  - Configure la amplitud en 8V y la frecuencia en 30Hz
  - Configure la amplitud en 10V y la frecuencia en 50Hz
  - Configure la amplitud en 12V y la frecuencia en 100Hz
- Cuál es el propósito de la conexión a tierra en la entrada C-DIN-BB en los circuitos de esta práctica.
- Que se espera ver en la pantalla de la computadora después de la configuración de la amplitud de 5V y frecuencia de 10Hz.
- Realice el circuito esquemático construido en la placa de pruebas, tal como se muestra en la figura 6.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

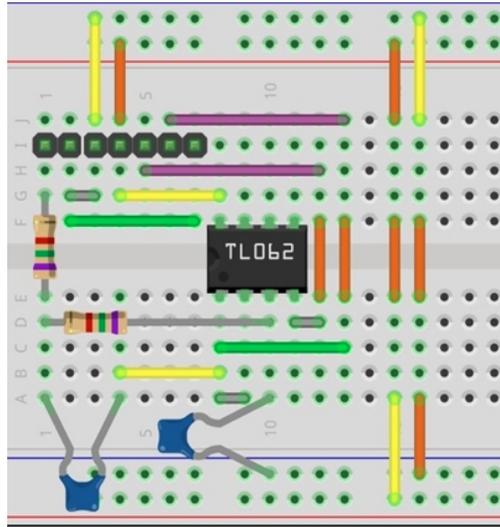


Figura 6: Circuito implementado utilizando el amplificador TL062

- Registre la imagen obtenida.

## 9. Desarrollo de preguntas

- a) Cual es la amplitud de la onda obtenida.
- b) ¿Cuál es el propósito específico del circuito diseñado utilizando el amplificador TL062?
- c) ¿Cómo se integra el amplificador TL062 en el circuito para mejorar la adquisición o procesamiento de señales?

## 10. Conclusiones

- La práctica permitió una visualización de las ondas de salida del amplificador, gracias al sistema de adquisición de datos IX-TA en conjunto con la placa de pruebas, aseguró un flujo de la señal durante el proceso de análisis .
- Se pudo constatar que el amplificador utilizado, el TL062, demostró una calidad de señal óptima y una notable adaptabilidad a diferentes condiciones, esto se reflejó en mediciones a lo largo de la práctica.
- La integración entre el hardware, representado por el amplificador y la unidad de adquisición de datos, y el software LabScribe en la computadora, proporcionó una interfaz intuitiva y funcional para la configuración y análisis de datos. Esta combinación facilitó el proceso de recolección y procesamiento de señales.

## 11. Recomendaciones

- Verificar las conexiones esté firmemente conectados.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- Dado que LabScribe desempeña un papel fundamental en la configuración y adquisición de datos, familiarizarse con el programa.

## Referencias

- Association, A. H. (2021). Estilo de vida con reducción de factores de riesgo. Disponible en: [https://www.heart.org/-/media/files/health-topics/answers-by-heart/answers-by-heart-spanish/what-is-highbloodpressure\\_span.pdf](https://www.heart.org/-/media/files/health-topics/answers-by-heart/answers-by-heart-spanish/what-is-highbloodpressure_span.pdf).
- Iworx. (s.f.). *Learning goals and outcomes for labscribe physiology exercises the iworx a/d recorders and labscribe software tutorial chapter experiment t-1: Labscribe tutorial-pulse and ecg learning goals*. Descargado de <https://iworx.com/?v=3fd6b696867d>
- Silva, T. F. (2021). Estudio computacional para projeto de estimulador elétrico portátil.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

## G. Anexo: Amplificadores de Bioinstrumentación

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 1. TEMA: Amplificadores de Bioinstrumentación

En el campo de la Biomedicina, los amplificadores de bioinstrumentación desempeñan la función de amplificar y procesar señales fisiológicas débiles, como aquellas provenientes de sensores biomédicos. Estos amplificadores son fundamentales para mejorar la calidad de las mediciones y permitir la detección precisa de señales biológicas. El amplificador de instrumentación es un dispositivo diferencial de ganancia de tensión que puede ajustarse con gran precisión, donde se integra un bloque funcional, es utilizado en aplicaciones de medición que implican diferentes niveles de voltaje, está compuesto por varios amplificadores operacionales y resistencias de alta precisión, los cuales garantizan la exactitud y precisión del sistema por lo que se emplea ampliamente en mediciones debido a su alta impedancia de entrada, su ganancia fácilmente ajustable y su alto rechazo al ruido, lo que lo hace ideal para acondicionar y medir voltajes pequeños con gran precisión. En esta práctica, se analizarán los principios fundamentales de los amplificadores de bioinstrumentación y su aplicación en los entornos biomédicos. (Webster, s.f.)

En la práctica dedicada a los amplificadores de Bioinstrumentación, se evidencia cómo estos dispositivos facilitan la adquisición y el procesamiento de bioseñales obtenidas del cuerpo. Esta práctica involucra una etapa inicial de entrada, seguida de la amplificación de las señales. Posteriormente, diversos filtros entran en juego para eliminar las frecuencias de interferencia, lo que una visualización clara y precisa de la señal resultante.

## 2. Objetivo General

Desarrollar una comprensión de los principios básicos que rigen el funcionamiento de los amplificadores de bioinstrumentación y su aplicación práctica en el ámbito de la biomedicina.

## 3. Objetivo Específico

1. Identificar y comprender la función de los componentes básicos de un amplificador de bioinstrumentación y su contribución a la mejora de las señales biomédicas.
2. Configurar un amplificador de bioinstrumentación para amplificar señales biomédicas simuladas y analizar cómo los ajustes de ganancia e impedancia afectan a la señal.
3. Realizar mediciones con un amplificador de bioinstrumentación utilizando señales biomédicas simuladas y analizar como la amplificación mejora la detección y la interpretación de estas señales.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. Fundamentos de amplificadores de bioinstrumentación

El amplificador de instrumentación se destaca como un componente en los sistemas de medición, la imperante necesidad de medir señales de baja amplitud, las cuales son generadas por fenómenos biológicos complejos tales como las señales cardíacas o cerebrales, demanda un enfoque tecnológico altamente especializado.

Los amplificadores mejoran la detección y amplificación de las señales biológicas, su importancia radica en su capacidad para ajustar con precisión la amplificación de acuerdo con las necesidades específicas, lo que

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

les otorga una notable flexibilidad en una amplia gama de aplicaciones biomédicas.

La baja ganancia en modo común que mantienen significa que se enfoca en amplificar variaciones específicas, sin prestar atención al ruido circundante. Esto se traduce en una representación más clara y precisa de las señales eléctricas del cuerpo. (Torres y Mati, s.f.)

## 4.2. Configuración de un amplificador de Bioinstrumentación

Los amplificadores de bioinstrumentación son componentes esenciales en una variedad de aplicaciones, caracterizados por su arquitectura de amplificador diferencial que incorpora etapas de búfer en las entradas. Esta disposición proporciona una notable inmunidad al ruido entre las entradas, gracias a la capacidad de restar las señales.

La estructura interna básica comprende dos búferes de entrada y un amplificador diferencial, con la salida referida al potencial de tierra. El amplificador diferencial realiza la operación de diferencia entre las señales ( $V_1-V_2$ ), lo cual es crucial para atenuar el ruido común presente en ellas, siendo esta la razón principal de su aplicación en instrumentación.

La configuración más comúnmente empleada consta de tres amplificadores, utilizados de acuerdo con el esquema mostrado en la figura 1.(Torres y Mati, s.f.)

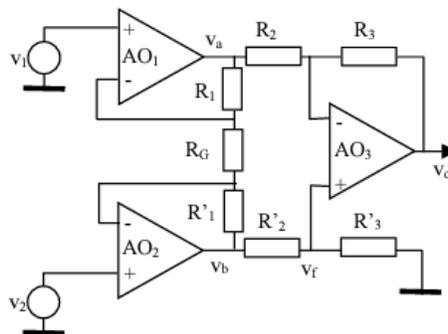


Figura 1: Configuración de un amplificador para instrumentación biomédica.. Fuente: Arévalo (2023).

Estos amplificadores están diseñados para cumplir con condiciones ideales específicas, como tener impedancias de entrada infinitas tanto en modo diferencial como común, una impedancia de salida a cero, una ganancia precisa y estable dentro del rango de 1 a 10.000, y una alta capacidad de rechazo de señales no deseadas. Su función crucial radica en amplificar con precisión señales de bajo nivel, incluso en presencia de componentes de modo común..(Webb, 2018)

$$V_o = A(V_2 - V_1)$$

$V_o$  = La tensión de salida

$A$  = Ganancia exacta y estable del amplificador

$V_1$  y  $V_2$  = Son las salidas de los amplificadores anteriores.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

### 4.3. Funcionamiento

Un amplificador de bioinstrumentación implica un dispositivo especializado que amplifica la diferencia entre dos señales de entrada,  $V_2$  y  $V_1$ , generando una salida  $V_o$  proporcional a esta discrepancia con una ganancia ajustable. Su diseño está orientado a rechazar eficazmente las señales comunes a ambas entradas, como el ruido, lo que garantiza precisión en la medición. Con una alta impedancia de entrada y una baja impedancia de salida, evita sobrecargar el circuito y facilita la conexión a dispositivos de carga. Torres y Mati (s.f.)

Además, incorpora seguidores de tensión en las entradas para mejorar la impedancia y mantener la estabilidad y precisión a lo largo del tiempo y en diversas condiciones. (Webster, s.f.)

## 5. MATERIALES

- Amplificador operacional 741
- 1 condensador de 340nF
- 1 condensador 50nF
- 2 resistencias de 1K
- 1 resistencia de 100K
- 1 resistencia de 16K
- 1 resistencia de 17K
- 1 resistencia de 3K
- 1 AD620
- 1 741 ohmios

## 6. EQUIPOS

- Iworx
- Computador PC

## 7. PROCEDIMIENTO

### 7.1. Práctica 1 Amplificador AD620

El amplificador ha sido diseñado específicamente para aplicaciones de precisión en el ámbito de la bioinstrumentación. Su función principal radica en la amplificación precisa de pequeñas señales diferenciales, como las generales por sensores biomédicos o electrodos. Proporciona una alta ganancia ajustable, lo que garantiza una respuesta precisa incluso ante variaciones mínimas de la señal, tal como muestra en la figura 2.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

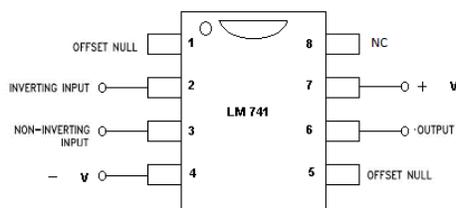


Figura 2: Ficha técnica del amplificador operacional AD620. Fuente: Pardede (s.f.).

En esta práctica se empleará un termistor LM35 para medir la temperatura, la actividad amplificadora se llevará a cabo utilizando el amplificador AD620, el objetivo de obtener un voltaje de salida de 13v cuando la temperatura alcance los 40°C. Es importante tener en cuenta que el LM35 incrementa voltaje en 10mV por cada grado celsius.

Solución :

1. Dado que 40°C se traducen 0.40v (40°C \*10mv) 0.40 es el voltaje que da 40°C.
2. La función de transferencia del amplificador y ganancia para este amplificador es la siguiente  $V_o/V_1 = 13v/0.40 = 32.5$
3. Al consultar el datasheet del AD620, se identifica la relación de la ganancia.

**AD620—SPECIFICATIONS** (Typical @ +25°C,  $V_S = \pm 15\text{ V}$ , and  $R_L = 2\text{ k}\Omega$ , unless otherwise noted)

Model	Conditions	AD620A			AD620B			AD620S <sup>1</sup>			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
<b>GAIN</b>	$G = 1 + (49.4\text{ k}/R_G)$	1		10,000	1		10,000	1		10,000	
Gain Error <sup>2</sup>	$V_{OUT} = \pm 10\text{ V}$										
G = 1			0.03	0.10		0.01	0.02		0.03	0.10	%
G = 10			0.15	0.30		0.10	0.15		0.15	0.30	%
G = 100			0.15	0.30		0.10	0.15		0.15	0.30	%
G = 1000			0.40	0.70		0.35	0.50		0.40	0.70	%
Nonlinearity,	$V_{OUT} = -10\text{ V to } +10\text{ V}$ ,										
G = 1-1000	$R_L = 10\text{ k}\Omega$		10	40		10	40		10	40	ppm
G = 1-100	$R_L = 2\text{ k}\Omega$		10	95		10	95		10	95	ppm
Gain vs. Temperature	Gain <1000 <sup>2</sup>			-50			-50			-50	ppm/°C
<b>VOLTAGE OFFSET</b>											
Input Offset, $V_{OSI}$	(Total RTI Error = $V_{OSI} + V_{OSO}/G$ )		30	125		15	50		30	125	$\mu\text{V}$
Over Temperature	$V_S = \pm 5\text{ V to } \pm 15\text{ V}$			185			85			225	$\mu\text{V}$
Average TC	$V_S = \pm 5\text{ V to } \pm 15\text{ V}$		0.3	1.0		0.1	0.6		0.3	1.0	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Output Offset, $V_{OSO}$	$V_S = \pm 15\text{ V}$		400	1000		200	500		400	1000	$\mu\text{V}$
Over Temperature	$V_S = \pm 5\text{ V}$			1500			750			1500	$\mu\text{V}$
Average TC	$V_S = \pm 5\text{ V to } \pm 15\text{ V}$			2000			1000			2000	$\mu\text{V}$
Offset Referred to the Input vs. Supply (PSR)	$V_S = \pm 5\text{ V to } \pm 15\text{ V}$		5.0	15		2.5	7.0		5.0	15	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Supply (PSR)	$V_S = \pm 2.3\text{ V to } \pm 18\text{ V}$										
G = 1		80	100		80	100		80	100		dB
G = 10		95	120		100	120		95	120		dB
...		...	...		...	...		...	...		...

Figura 3: Datasheet del AD620

4. Para el cálculo de la resistencia de ganancia del amplificador se realiza el cálculo que permite determinar la resistencia de ganancia necesaria para lograr la amplificación deseada en el amplificador AD620.  $G = V_o/V_{md} = 13v/0.40v = 32.5$

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:



	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

2. Se utilizo el amplificador AD620

Salida del amplificador 0 a 5V

$$G=5V/0,29V =17,24$$

3. Se aplica la fórmula general del amplificador AD620 y se remplaza el valor de la ganancia

$$G= (49.4 K/RG) +1 = (49.4 K/17,24) +1 = 3,04 K$$

4. Se observa la simulación de la etapa de amplificación en el programa, empleando el del puente de Wheatstone para simular la salida del sensor, por lo que se un potenciómetro de 100 K, posterior se conecta un amplificador con una ganancia de 3 K, este trabajo con una alimentación de 6V, teniendo en cuenta el voltaje a la salida del puente se calculo la ganancia permitiendo tener una amplificación de 0V a 5V.

5. Filtro para bajo con frecuencia de corte de 100HZ.

Se debe realizar con una estructura de Sallen-Key con un filtro Tschebyscheff de segundo orden, teniendo en cuenta los siguientes valores:

Frecuencia de corte=  $f_c = 100$  Hz Condensador 1 =  $C_1 = 50$  nf.

Se extrae los valores de  $a_1$  y  $b_1$  de la tabla de referencia de filtro Tschebyscheff

$$A_1 = 1.0650$$

$$A_2 = 1,9305$$

6. Se aplica la ecuación para calcular el condensador número 2

$$C_2 = (C_1(4b_1) / (a_1)^2) = 50 \times 10^{-9} \times 4 = (1.9305) / (1.0650)^2 = 3.40409 \times 10^{-6} F = 340 \text{ nf}$$

Condensador 2= $C_2 = 340$ nf

7. Posteriormente se hallan los valores de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  para completar el diseño del filtro

Se hallan los valores de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  para completar el diseño del filtro

$$R_1 = a_1 C_2 - \frac{\sqrt{(a_1^2 C_1^2 - 4b_1 C_1 C_2)}}{(4\pi f_c C_1 C_2)}$$

$$R_1 = 1,0650 \times 340 \times 10^{-9} - \frac{\sqrt{(1,0650^2 (50 \times 10^{-9})^2 - 4 \times 1,9305 \times 50 \times 10^{-9} \times 340 \times 10^{-9})}}{(12,566370 \times 100 \times 50 \times 10^{-9} \times 340 \times 10^{-9})}$$

$$R_1 = 16758,08012 \Omega \approx 16 \text{ k}\Omega$$

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

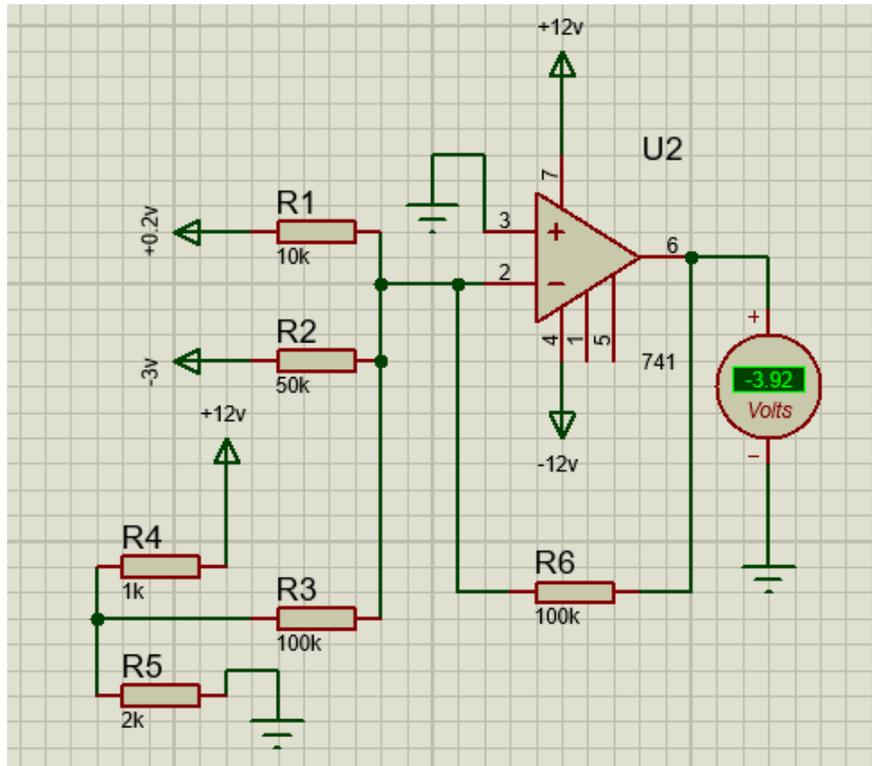


Figura 5: Amplificador Sumador Inversor

### 7.2.1. Actividad

1. Actividad calcular el voltaje de salida .

$$V_o = -R_f \left( \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$$

$$V_o = -100k \left( \frac{0,2V}{10k} + \frac{-3V}{50k} + \frac{8V}{100k} \right)$$

$$V_o = -100k (0,02 - 0,06 + 0,08) \text{ mA}$$

$$V_o = -100k \cdot 0,04 \text{ mA}$$

$$V_o = -4V$$

2. Para llevar a cabo la Simulación del circuito, es necesario adquirir el sensor eléctrico MyoWare, el cual está diseñado para medir la actividad eléctrica muscular, en esta simulación, se empleó el puente de Wheatstone como parte del proceso.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

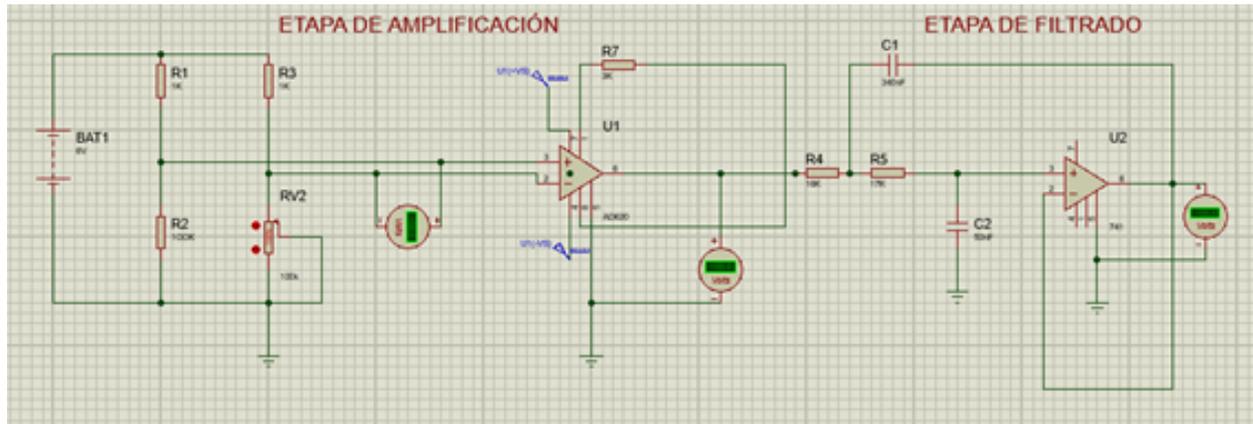


Figura 6: Simulación de la filtración de señales de un sensor muscular.

### 7.2.2. Actividad

- a) Hallar a R2 teniendo en cuenta la siguiente fórmula

$$R1 = a_1 C_2 - \frac{\sqrt{(a_1^2 C_1^2 - 4b_1 C_1 C_2)}}{(4\pi f_c C_1 C_2)}$$

- b) Implementar el circuito proporcionado y obtener los valores de cada amplificador según se ilustra en la imagen de la simulación.

## 8. Conclusiones

- La configuración precisa de los amplificadores de bioinstrumentación es relevante para mejorar la calidad de las mediciones biomédicas, el presente análisis ha demostrado que ajustes adecuados de ganancia e impedancia en los amplificadores pueden optimizar la detección y la interpretación de señales biomédicas. Esta precisión en la configuración es fundamental para obtener mediciones fiables y significativas en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.
- Los amplificadores operacionales de bioinstrumentación desempeñan un papel indispensable en la biomedicina y la innovación tecnológica, al comprender la función de los componentes básicos de estos amplificadores y su aplicación práctica en entornos biomédicos, hemos podido apreciar su contribución indispensable a la mejora de las señales biomédicas. Esta herramienta se convierte en un facilitador clave avances tecnológicos que impulsan el progreso en la salud.
- La amplificación proporcionada por los amplificadores de bioinstrumentación tiene un impacto directo en la precisión diagnóstica y la interpretación, presentando una mejora significativamente en la calidad de las señales.

## 9. Recomendaciones

- Para mejorar la práctica con amplificadores, se sugiere explorar diversas variaciones en la configuración del circuito. Esto permitirá una comprensión más profunda de cómo diferentes parámetros afectan el comportamiento del amplificador.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## Referencias

- Arévalo, F. (2023). *Análisis del electromiograma*. Descargado 2023, de <https://www.monografias.com/trabajos82/analisis-electromiograma/analisis-electromiograma2> (Accedido el 2023)
- Pardede, K., Josefan Osbert y Brahmana. (s.f.). Mejora de la precisión de lectura del sensor de corriente.
- Torres, V. S. D., y Mati, T. (s.f.). *Instrumentation amplifiers for the measurement of biosignals bachelor's degree final project*.
- Webb, A. G. (2018). *Principles of biomedical instrumentation*. Cambridge University Press.
- Webster, J. (s.f.). *Medical instrumentation: Application and design*.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

## H. Anexo: Análisis y acondicionamiento de señales electromiografía

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 1. TEMA: Análisis y acondicionamiento de señales electromiografía (EMG)

Esta práctica ofrece la oportunidad de llevar a cabo un análisis y acondicionamiento de la señales de electromiografía mediante el uso de amplificadores de bioinstrumentación. Estos dispositivos permiten la adquisición y procesamiento de las señales provenientes de la contracción muscular. Dado que estas señales suelen tener una amplitud baja, los amplificadores operan con una entrada de alta impedancia, lo que contribuye a minimizar la pérdida de la señal y preservar su integridad durante el proceso de amplificación y acondicionamiento.

Las señales de electromiografía (EMG) registran la actividad eléctrica de los músculos, lo que ofrece una representación visual del funcionamiento del sistema neuromuscular, por lo que los amplificadores de bioinstrumentación desempeñan un papel fundamental en este proceso al amplificar y acondicionar las débiles señales EMG, permitiendo así su adecuada captura y análisis. Estos amplificadores, diseñados específicamente para trabajar con señales biológicas de baja amplitud y alta impedancia, son confiables para la obtención de datos confiables sobre la actividad muscular. Además, su capacidad para filtrar el ruido y rechazar las interferencias externas es esencial para garantizar la calidad de las mediciones y facilitar una interpretación precisa de los datos. Por lo tanto los amplificadores de bioinstrumentación son elementos fundamentales para la aplicación de las señales de electromiografía, contribuyendo significativamente al avance de la investigación médica y la tecnología biomédica.. (Weiss, Weiss, y Silver, 2023)

## 2. Objetivo General

Utilizar el sistema iworxs para adquirir y visualizar la señal electromiográfica (EMG) utilizando electrodos de un individuo, con el propósito de evaluar su estado neuromuscular.

## 3. Objetivo Específico

1. Identificar los componentes básicos necesarios para grabar la señal de electromiografía y describir el proceso de filtrado de paso alto para reducir el ruido de 60Hz.
2. utilizar el software del iworxs para grabar la electromiografía y aplicar técnicas de filtrado de paso alto para reducir el ruido de 60Hz.
3. Interpretar la importancia del filtrado de paso alto en la grabación de electromiografía, relacionándolo como la mejora de la precisión de las mediciones al reducir el ruido eléctrico de 60HZ.

## 4. Marco Teórico

En el ámbito de análisis y acondicionamiento de señales electromiográficas (EMG), la aplicación de filtros y amplificadores desempeñan un papel fundamental. Las señales EMG, que capturan la actividad eléctrica de los músculos, suelen estar sujetas a diversos tipos de interferencias y ruido. La utilización de filtros, ya sean pasa altos para eliminar ruido de frecuencia baja o pasa bajos para suprimir interferencias de alta frecuencia, resulta esencial para mejorar la calidad y la interpretación de estas señales. Estos filtros permiten destacar los componentes de interés, eliminando aquellas distorsiones la información.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

Por otro lado, los amplificadores juegan un papel crucial al aumentar la amplitud de las señales EMG. Dado que estas señales pueden ser relativamente débiles, los amplificadores permiten mejorar la relación señal-ruido y facilitan la detección y análisis preciso de la actividad muscular.

La capacidad de amplificación es especialmente relevante en aplicaciones donde es crucial detectar y registrar patrones sutiles de actividad muscular.

Así, la aplicación de filtros y amplificadores se presenta como un componente que garantiza el éxito y la confiabilidad de los estudios y aplicaciones basadas en señales electromiografías. (Weiss y cols., 2023)

#### 4.1. Musculo Esquelético

Los músculos esqueléticos representan la parte principal del sistema muscular humano y constituyen una porción significativa de la masa muscular total, estos músculos son controlados por el sistema nervioso central y se componen de células musculares que contienen varios núcleos, así como nervios y tejidos conjuntivo y vasos sanguíneos, los músculos esqueléticos desempeñan funciones cruciales al mantener la postura del cuerpo, estabilizar funciones cruciales como mantener la postura del cuerpo, estabilizar las articulaciones, facilitar los movimientos y generar energía mediante contracciones de diversas intensidades, como se muestra en la figura 1. (Whitmer, 2021)

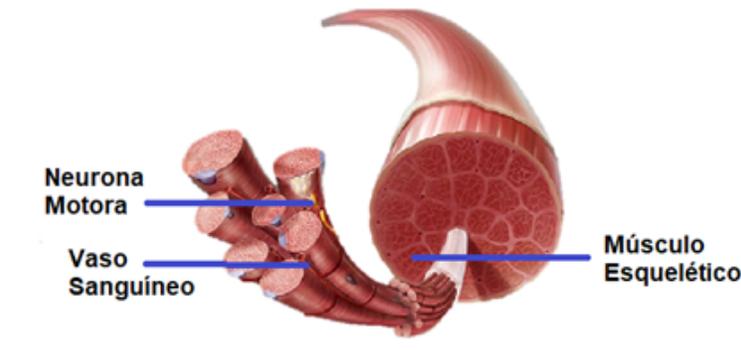


Figura 1: El sistema muscular esquelético está compuesto por tres elementos principales: el músculo esquelético, la neurona motora y los vasos sanguíneos

#### 4.2. Unidad motora

Se define con la combinación de una única neurona motora alfa y las fibras musculares que esta inerva, estas fibras musculares se distribuyen ampliamente en todo el músculo, especialmente en áreas que requieren un control muscular fino y preciso, como en los músculos pequeños de la mano, en ocasiones las unidades motoras pueden consistir en solo unas pocas fibras musculares. (Whitmer, 2021)

#### 4.3. Origen de la señal electromiografía

Tiene su origen en la excitabilidad de las fibras musculares, que es controlada neuralmente, la membrana semipermeable del sarcolema, la membrana plasmática de la fibra muscular presenta un potencial de reposo debido a un equilibrio iónico entre los espacios internos y externos de la célula muscular. La llegada del

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

impulso nervioso estimula la liberación de acetilcolina, lo que provoca la entrada de iones, especialmente de  $\text{Na}^+$ , generando despolarización de la membrana y un cambio en el potencial de membrana.

En la figura 2 la señal de la electromiografía se basa en los potenciales de acción resultantes de estos procesos, donde la zona de despolarización se extiende aproximadamente 1-3mm, la velocidad de propagación de este potencial a lo largo de la fibra muscular es de 2-6 m/s, en la captación de la señal mediante electrodos, la diferencia de potenciales de acción entre ellos se registra como la señal electromiográfica, con la separación típica se registra de 10 mm en EMG de superficie, de esta manera, la EMG refleja la actividad eléctrica muscular durante los procesos de despolarización y repolarización.

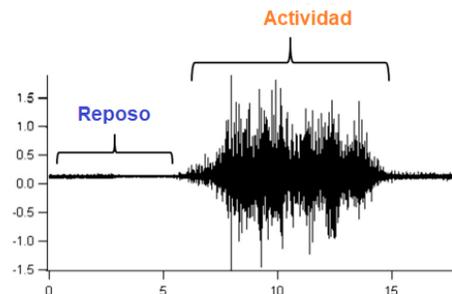


Figura 2: Los estados de la contracción abarcan tanto el reposo como la actividad muscular.

## 5. MATERIALES

- Computadora
- Unidad de Adquisición de datos IX-TA-220
- Cable USB
- Fuente de alimentación para IX-TA-220
- Cable C-ISO-B3G y tres cables conductores de EMG
- Electrodo desechables siete
- C-DIN-BB: Cable Din a protoboard
- C-DIN-BB: Cable BNC a placa de pruebas
- A-Placa de Pan

## 6. PROCEDIMIENTO

### 6.1. Preparación del IX-TA-220

1. Energizar el módulo con la fuente 110V.
2. Conectar el módulo a la computadora por medio del cable USB.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

3. Insertar el conector BNC en el extremo del cable C-BNC-BB en el puerto del estimulador S1 del IX-TA-220
4. Conectar el otro extremo del cable C-BNC-BB a la placa.
5. Insertar el conector DIN8 del cable C-DIN-BB en el puerto A5 del IX-TA-220
6. Conectar el otro extremo del cable C-DIN-BB a la placa como se visualiza en la figura 3.

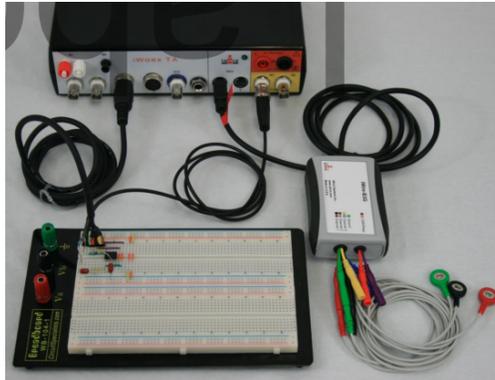


Figura 3: Conexión del dispositivo IX- TA-220 con el ECG iWire-B3G

## 6.2. Configuración del cable de ECG

1. Insertar el conector en el extremo del cable de ECG iWire-B3G en la entrada iWire 1 en el frente del IX-TA-220.
2. Los cables de colores están a las entrada de tierra y del canal 1 en el pedestal; conectar los extremos en los electrodos rojo, negro y verde en los enchufes respectivos en el cable EMG (Iworx, s.f.),

## 6.3. Preparación del paciente

1. Lavarse las manos o utilizar alcohol al 70 por ciento.
2. El sujeto debe llevar una manga corta o que pueda doblarse hasta la mitad del brazo, alcanzando el nivel del codo.
3. Retirar elementos metálicos como (joyas) de su mano o muñeca derecha.
4. Pedir al individuo que apoye su mano derecha sobre la superficie del banco con la palma hacia abajo y mantenga relajado
5. Desinfectar con alcohol las áreas donde se ubicarán los electrodos, en el interior del antebrazo dominante.
6. Dejar secar
7. Retirar un electrodo desechable de su protector plástico y aplicarlo.
8. Colocar los electrodos como se muestra en la figura 4 y 5:

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- Colocar A: El borde lateral del antebrazo de modo que el botón del electrodo sea encima del pliegue de la muñeca, electrodo estimulante verde (tierra)
- Colocar B: El borde lateral del antebrazo de modo que el botón del electrodo en el medio del antebrazo negro (-)
- Colocar C: Justo al lado del electrodo de estimulación negativo hacia el lado medial del antebrazo cerca del codo estimulante rojo (+), como se muestra en la figura 4 y 5.

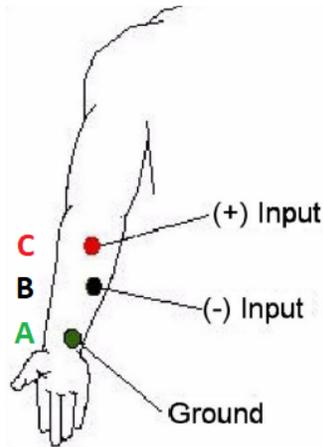


Figura 4: Colocación de los diferentes electrodos



Figura 5: Posicionamiento de los distintos electrodos para visualizar la actividad muscular.

#### 6.4. Diseño del circuito el filtro

Es un filtro de paso bajo de 2 polos, su trabajo es eliminar el ruido eléctrico de 60 Hz captado por luces fluorescentes, computadoras y líneas eléctricas de CA (Iworx, s.f.).

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

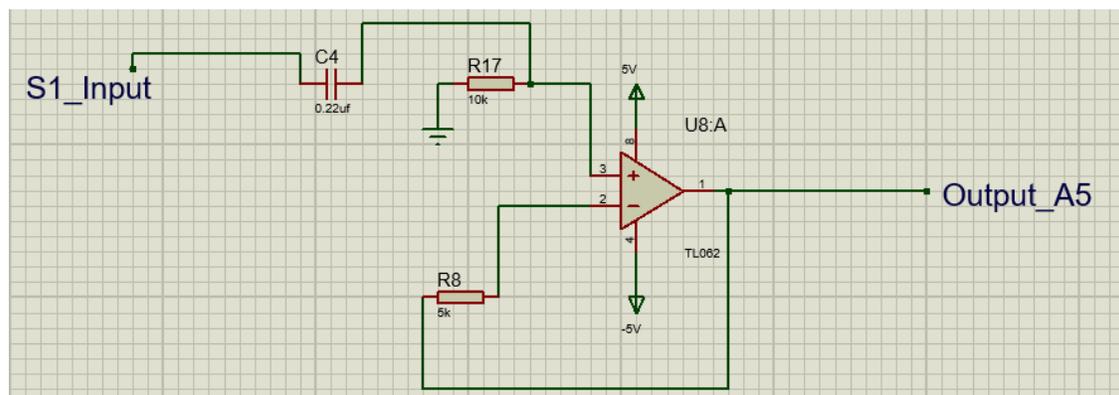


Figura 6: Diseño de Filtro pasa bajo

## 6.5. Iniciar el Software y Configurar LabScribe

1. Acceda a LabScribe, ubicado en el escritorio del computador.
2. Se desplegará un cuadro de dialogo del IX-TA elegir OK.
3. Haga clic en ajustes (settings), luego load group, seguido complete settings y IPLMv4Standard.iwxgrp, seleccione este grupo y haga clic en abrir.
4. Haga clic en Ajustes (Settings), luego Bioinstrumentacion y finalmente EMG Filter.
5. Despues aparecera en la pantalla de la computadora según la configuración de EMG Filter se desplegara un pdf eso indica que ya esta configurado.
6. Habrá clic en edit(editar), elegir preferencias, para configurar los canales:
  - A5 (Salida del filtro): Esta es la salida del filtro
  - S1 (Estimulador): Esto es lo que emite el estimulador. Esta es la entrada al filtro
  - i1 2: salida del EMG. .

## 6.6. Pestaña Estimulador

- Haga clic en view, posterior Stimulator Panel y se visualizara el estimulador S1.
- Establezca el canal del modo analogo
- Elija A12 EMG sin procesar como canal analogico que enviara a la salida del estimulador.
- Habilite iniciar estimulador con grabacion.

## 7. ACTIVIDAD

- a) Ejercicio 1 EMG y filtro de paso alto
  - El sujeto debe estar sentado con su antebrazo dominante apoyado sobre la mesa.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- Capturar la onda obtenida como se visualiza en la figura 7.

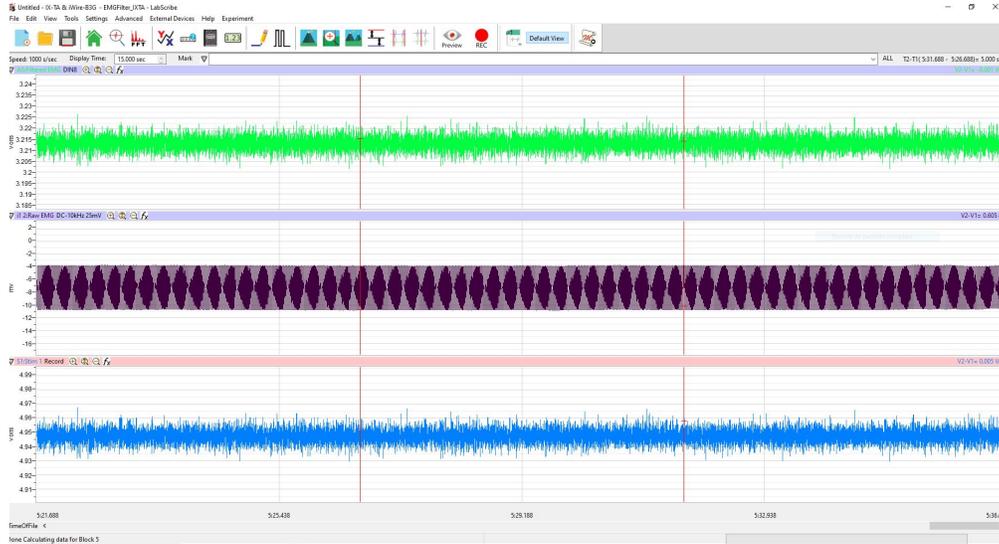


Figura 7: Visualización de las ondas electromiográficas (EMG) en los diversos canales habilitados.

b) Ejercicio 2 EMG y filtro de paso alto

- El sujeto debe apretar su piño con una pelota de tenis cinco veces, cada contracción, tiene una duración de dos segundos seguido y de dos segundos de relajación como muestra la figura 8.

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

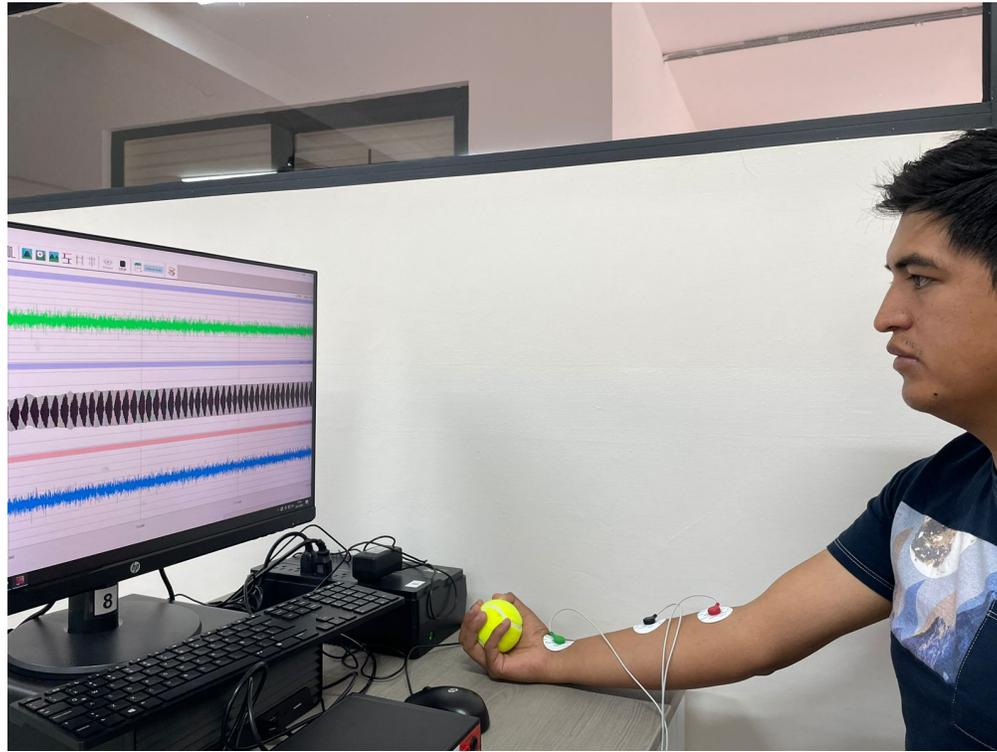


Figura 8: Visualización de las ondas electromiográficas durante los distintos estados de la actividad muscular.

7. Cada contracción sucesiva debe ser aproximadamente de dos, tres y cuatro veces mas fuerte que la primera contracción.
8. En el periodo de relajación después de la última contracción, haga clic en el botón detener. (Iworx, s.f.)
9. Haga clic en los botones AutoScala para los canales EMG y fuerza muscular, como se visualiza en la figura 9.

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

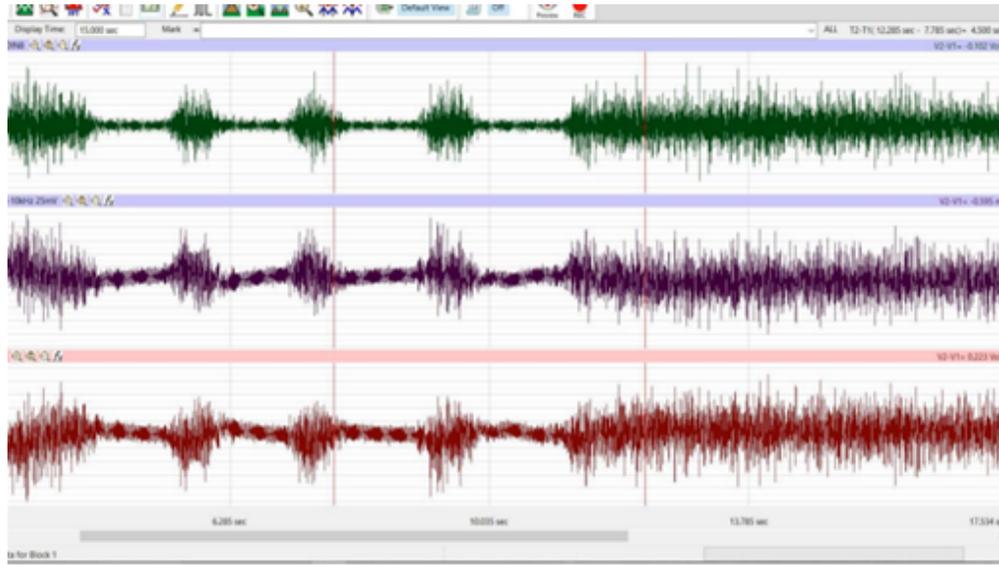


Figura 9: La visualización de las ondas en estado de reposo y en actividad

La señal filtrada se grabara en el canal 5, el ruido do de 60Hz se ha filtrado por los polos.

10. Seleccione guardar en el menú archivo y escriba el nombre del archivo.
11. Adjunte una captura de pantalla del registro de la señal obtenida.

12. Registrar los resultados en la siguiente tabla del paciente 1

## 8. Desarrollo de preguntas

- a) Cual brazo tiene mayor fuerza de contracción, explique.
- b) Que otros factores además del sexo pueden influir en las diferencias observadas

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

Cuadro 1: Antebrazo dominante

Segmento	Vataje máximo	Voltaje mínimo
1		
2		
3		
4		
5		

Cuadro 2: Antebrazo no dominante

Segmento	Vataje máximo	Voltaje mínimo
1		
2		
3		
4		
5		

- c) Le parece a usted que existe alguna diferencia en el tono muscular de amos brazos
- d) Explique el origen de las señales detectadas en el EMG por los electrodos.
- e) Que significa el término reclutamiento de unidades motoras
- f) Defina tono de musculo esquelético
- g) Defina electromiografía.

## 9. Conclusiones

- El procedimiento de la práctica proporciona una comprensión detallada de la configuración y aplicación de la electromiografía en la evaluación de la actividad muscular, lo que permite comprender mejor su funcionamiento y rendimiento.
- Los ejercicios realizados demuestran la capacidad del sistema para registrar la actividad eléctrica muscular, lo que puede ser útil en la rehabilitación de pacientes.
- La diferencia en la fuerza de contracción entre los antebrazos, dominante y no dominante destaca la importancia de considerar factores individuales al interpretar las pruebas de la electromiografía, lo que proporciona información para un futuro tratamiento en afectaciones musculoesqueléticas.

## 10. Recomendaciones

- Se sugiere realizar una preparación del paciente antes de iniciar la práctica, esto incluye instruir al paciente sobre las acciones que deben llevarse a cabo durante la prueba y asegurarse de que esté cómodo y relajado antes de comenzar.
- Es importante garantizar una colocación de los electrodos en el paciente, se recomienda seguir las instrucciones proporcionadas para ubicar los electrodos en las áreas anatómicas específicas para obtener las mediciones.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- Se enfatiza la importancia de configurar el equipo correctamente antes de iniciar el procedimiento, esto implica seguir paso a paso las instrucciones proporcionadas en la práctica para garantizar que los componentes estén conectados adecuadamente y el equipo esté listo para adquirir los datos.

## Referencias

- Iworx. (s.f.). *Learning goals and outcomes for labscribe physiology exercises the iworx a/d recorders and labscribe software tutorial chapter experiment t-1: Labscribe tutorial-pulse and ecg learning goals*. Descargado de <https://iworx.com/?v=3fd6b696867d>
- Weiss, L. D., Weiss, J. M., y Silver, J. K. (2023). *Emg básica: Guía para estudios de conducción nerviosa y electromiografía*. Elsevier Health Sciences.
- Whitmer, K. (2021). *A mixed course-based research approach to human physiology*. Iowa State University Digital Press. doi: 10.31274/isudp.2021.67

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

# I. Anexo: Filtros activos empleando la simulación en proteus

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 1. TEMA: Filtros activos empleando la simulación en proteus

Esta práctica permitirá adquirir conocimientos sobre los filtros, dado que son elementos de la instrumentación biomédica. En conjunto con diversos componentes electrónicos, estos filtros contribuirán a mejorar la calidad de las señales al reducir el ruido y las interferencias de frecuencia, lo que resultará en una visualización óptima de la señal. De esta manera, los participantes podrán comprender cómo los filtros desempeñan una mejora en la precisión y fiabilidad de las mediciones en el contexto biomédico. Los filtros activos su importancia es la adquisición y procesamiento de señales biomédicas, siendo esenciales para mejorar la calidad de las señales obtenidas de dispositivos biomédicos. Estos filtros están diseñados específicamente para seleccionar segmentos específicos de una señal dentro de un rango de frecuencia definido y pueden utilizar transistores o amplificadores operacionales en combinación con resistencias, inductores y condensadores. Sin embargo, el uso de inductores en los filtros activos es limitado debido a su tamaño voluminoso, su elevado costo como los altos componentes resistivos internos que poseen (Webster, s.f.).

Por lo que este componente electrónico permite el paso de una banda de frecuencias específica mientras atenúa todas las señales fuera de esa banda, estos se caracterizan por presentar transistores o amplificadores operacionales junto con resistencias, inductores y condensadores, por lo tanto los inductores son poco comunes en los filtros activos debido a su tamaño voluminoso, su alto costo y los grandes componentes resistivos internos que poseen.

## 2. Objetivo General

Facilitar a los estudiantes el entendimiento y la aplicación práctica de los filtros activos, fortaleciendo su comprensión y habilidades en el procesamiento avanzado de señales electrónicas.

## 3. Objetivo Específico

1. Comprender los principios fundamentales de los filtros activos y su relevancia en la mejora de las señales biomédicas.
2. Crear un filtro con el propósito de atenuar el ruido presente en una señal simulada.
3. Implementar un filtro para atenuar el ruido en una señal simulada.
4. Evaluar el rendimiento del filtro activo en términos de ganancia, frecuencia de corte y respuesta en frecuencia.

## 4. Marco Teórico

Un filtro activo se distingue por el uso de componentes activos que proporcionan cierto nivel de amplificación de energía. A diferencia de los filtros pasivos, que se basan únicamente en componentes pasivos, los filtros activos pueden emplear válvulas de vacío, transistores o amplificadores operacionales. Esta característica diferencia al filtro activo, ya que tiene la capacidad de presentar ganancia en parte o en toda la señal de salida en comparación con la señal de entrada.

En la comunicación de un filtro activo, se fusionan componentes activos y pasivos, siendo frecuente la utilización de amplificadores operacionales. Estos amplificadores posibilitan simplificar la construcción del

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

circuito, lo que contribuye a una mayor eficacia y funcionalidad del sistema.

Los filtros activos poseen versatilidad, ya que tienen la capacidad de ser configurados para operar en distintos modos como pasa bajo, pasa alto, pasa banda, entre otros. (Torres y Mati, s.f.)

#### 4.1. Funcionamiento de un filtro

Los amplificadores de bioinstrumentación son componentes fundamentales y se distinguen por su arquitectura de amplificador diferencial, que incluye etapas de búfer en las entradas. Esta configuración permite una mayor inmunidad al ruido entre las entradas, gracias al proceso de resta de señales. (Webster, s.f.)

La estructura interna básica consta de dos búferes de entrada y un amplificador diferencial, este último tiene su salida referida de tierra y realiza la operación de resta entre  $V_1-V_2$ . Esta operación es crucial para atenuar el ruido común presente entre las señales, lo cual constituye la razón principal de su aplicación en instrumentación.

#### 4.2. Estructura

En la figura 1 se indica la función principal de los filtros es reducir la intensidad de ciertas frecuencias, permitiendo su paso o la amplificación, por otro lado, los filtros pasivos se componen principalmente de una resistencia y un condensador, cuando se involucra un amplificador operacional junto con los elementos mencionados, se convierte en un filtro activo. (Webb, 2018)

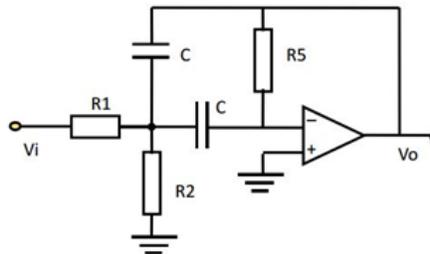


Figura 1: Diseño de los filtros activos. Fuente: Huircán (2012).

Ellos demuestran habilidad para ofrecer ganancia a través de amplificadores operacionales, al mismo tiempo que conserva una respuesta en frecuencia similar a la de los filtros RLC (Resistencia, Inductancia y Capacitancia).

Al combinarlos con amplificadores de aislamiento o seguidores de tensión, se establecen las etapas del filtro para contrarrestar los efectos de impedancia, con el objetivo de prevenir que el circuito exhiba comportamiento oscilatorio, se asegura que la frecuencia de corte  $\omega_{AB}$  sea diferente de 1, mediante la selección de resistores específicos, como  $R_A = R_B = 1$  kilohmio, este ajuste permite alcanzar una ganancia  $A = 2$  y  $\omega_{AB} = 2/3$ , lo que contribuye a evitar posibles oscilaciones. (Webb, 2018)

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

### 4.3. Frecuencia Corte

La frecuencia de corte se define como el punto en el cual la respuesta del filtro activo experimenta un cambio en la amplitud de la señal de salida, este punto marca el lugar donde la ganancia del filtro se reduce a un cierto porcentaje, generalmente al -3dB de su valor máximo, en los filtros activos de tipo pasa bajo, la frecuencia de corte indica el punto a partir del cual las frecuencias más altas son atenuadas, mientras que las frecuencias más bajas pasan con menor atenuación. Por otro lado, en los filtros activos pasa alto, la frecuencia de corte señala el punto donde las frecuencias más bajas son atenuadas, permitiendo el paso de la frecuencia más altas. (Webb, 2018)

### 4.4. Tipos de Filtros

#### 1. Filtro Pasa bajas

En su funcionalidad, posibilita el paso de frecuencias hasta un límite predefinido, mientras atenúa aquellas que exceden dicho límite. Este efecto se consigue mediante la conexión de un amplificador operacional a la salida de un filtro pasivo, como se visualiza en la figura 2. (Webb, 2018)

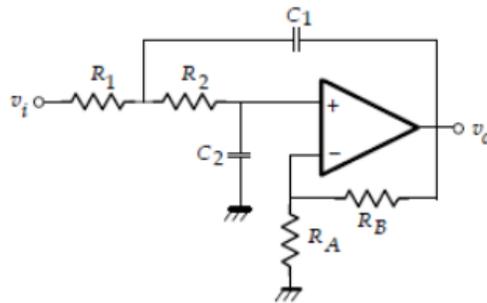


Figura 2: Diseño de Filtro pasa bajas. Fuente: Huircán (2012).

Formula de Ganancia:

$$A = \frac{R_B}{R_A + 1} \quad (1)$$

Formula de Frecuencia de Corte

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (2)$$

#### 2. Filtro Pasa altas

Posibilita el paso de frecuencias superiores a un límite determinado, mientras atenúa aquellas inferiores. Al igual que en el caso del filtro pasa baja, este efecto se consigue al conectar un amplificador operacional a la salida de un filtro pasivo. como se muestra en la figura 3. (Webb, 2018)

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

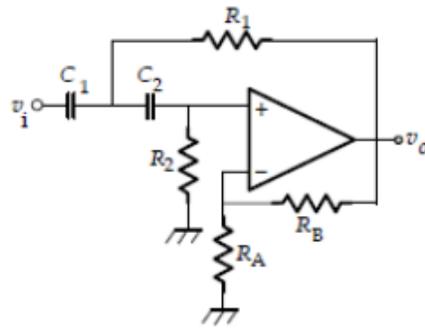


Figura 3: Diseño de Filtro pasa altas. Fuente: Huircán (2012).

Formula de Ganancia:

$$A = \frac{R_B}{R_A + 1} \quad (3)$$

Formula de Frecuencia de Corte

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (4)$$

### 3. Filtro Pasa banda

Permite solo el paso de frecuencias dentro de una banda especifica y atenúa las demás, se obtiene mediante la conexión en cascada de un filtro pasa bajas y uno pasa altas (Webb, 2018)

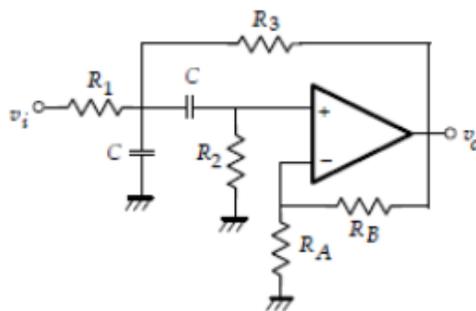


Figura 4: Diseño de Filtro pasa banda. Fuente: Huircán (2012).

Formula de Ganancia:

$$f_c = \frac{1}{\sqrt{R_2 C_2 \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right)}} \quad (5)$$

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

#### 4. Filtro Rechaza banda

Caracterizado por su capacidad para atenuar selectivamente las frecuencias dentro de una banda específica mientras permite el paso de las demás, se construye mediante la conexión de un amplificador operacional a la salida de un filtro doble T. Esta configuración permite una respuesta precisa y controlada, lo que convierte en una herramienta efectiva para aplicaciones donde se requieren la eliminación selectiva de ciertas frecuencias, mientras la integridad de otras, como se muestra en la figura 5. (Webb, 2018)

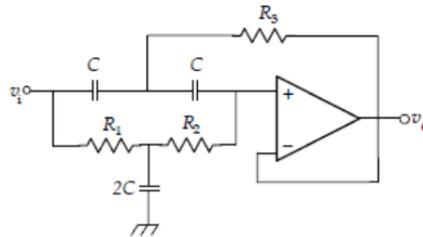


Figura 5: Diseño de Filtro rechaza banda. Fuente: Huircán (2012).

Formula de Ganancia:

$$A = \frac{R_B}{R_A + 1} \quad (6)$$

Formula de Frecuencia de Corte

$$f_c = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_2}} \quad (7)$$

## 5. MATERIALES

- 1 capacitor de 0.001 uf
- 1 capacitor de 0.1uf
- 6 resistencias de 10k
- 1 LM741

## 6. EQUIPOS

- Iworx
- Computador PC

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 7. PROCEDIMIENTO

### 7.1. Práctica 1 Filtro Pasa Banda constituido por operacionales

Un filtro pasa banda, esta conformado por operacionales, es un circuito electrónico diseñado para permitir el paso de señales dentro de un rango específico de frecuencias, al tiempo que atenúa o bloquea aquellas fuera de dicho rango. Para esta práctica, se ha diseñado un filtro pasa banda utilizando un amplificador operacional, el LM741 .

Este filtro se compone de dos etapas: una etapa pasa bajo y una etapa paso alto, ambas utilizando componentes pasivos como resistencias y condensadores.

Proceso

#### ■ Etapa Paso Bajo

1. Se procede a conectar un condensador en serie a una resistencia.
2. Luego, se Conecta esta combinación en serie como en paralelo con la entrada inversora del amplificador operacional.
3. Finalmente, la salida del amplificador se conecta a la unión entre el capacitor y la resistenci.

#### ■ Etapa Paso Alto

1. Inicialmente, se conecta un condensador en paralelo con una resistencia.
2. Seguidamente, esta combinación se conecta en serie con la salida del amplificador operacional.
3. Para complementar, la unión entre el condensador y la resistencia se conecta a la entrada no inversora del amplificador.

El diseño del filtro pasa banda en la figura 6, mientras que en las figuras 7 y 8 se observan, respectivamente el filtro pasa bajo y pasa alto.

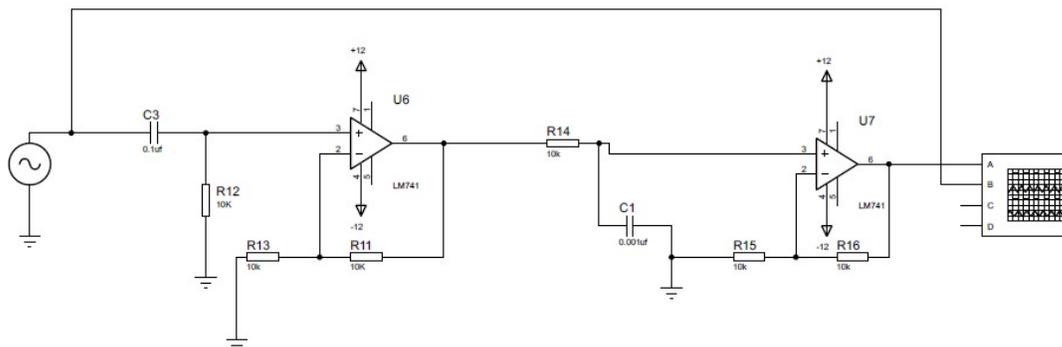


Figura 6: Filtro Pasa Banda

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

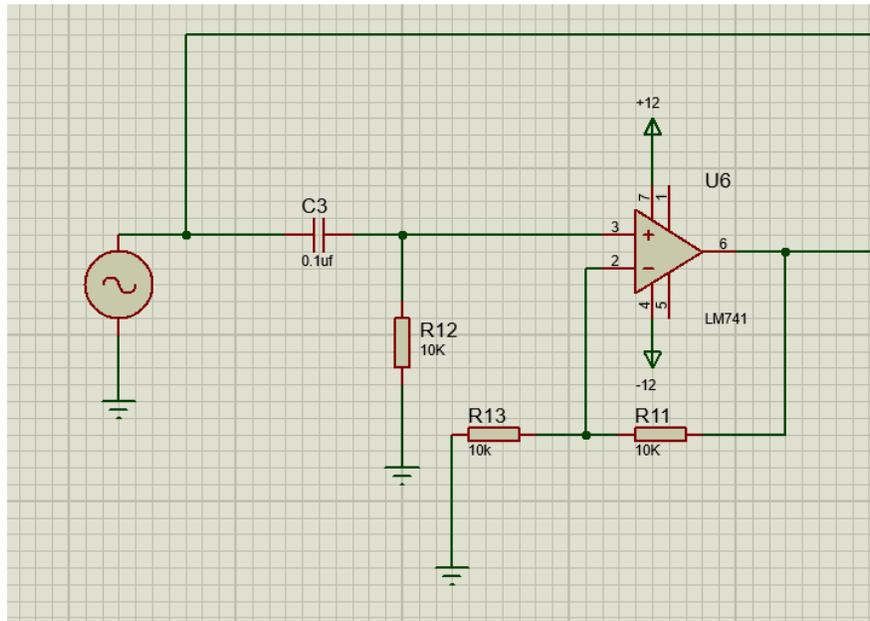


Figura 7: Filtro Pasa Bajo

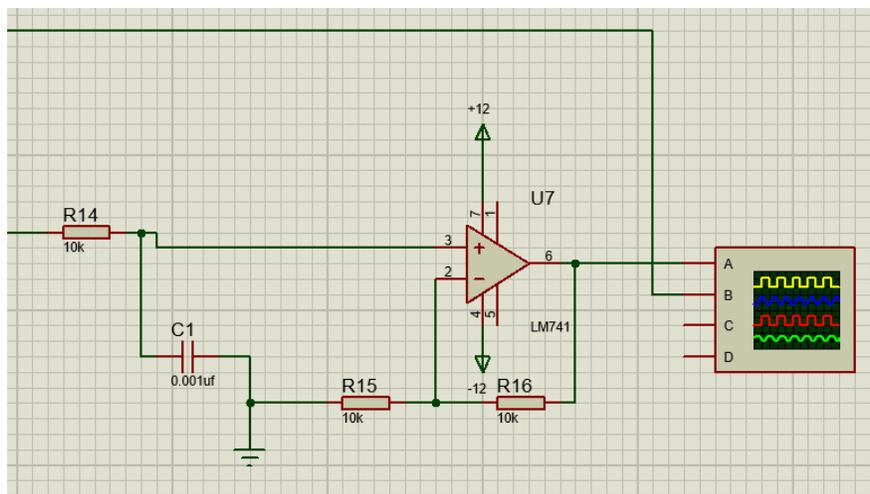


Figura 8: Filtro Pasa Alto

### 7.1.1. Frecuencia de corte

En el proceso de diseño de filtros, se hacen referencia a dos puntos específicos: uno correspondiente a una frecuencia inferior y otro a una frecuencia superior. Estos puntos delimitan la banda de frecuencias que el filtro permite pasar. Por lo tanto, ajustar las frecuencias de corte durante el diseño implica la modificación de ciertos valores asociados a dichos puntos, como se aprecia en la figura 9, se observa un cambio tanto en la amplitud como en la frecuencia.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

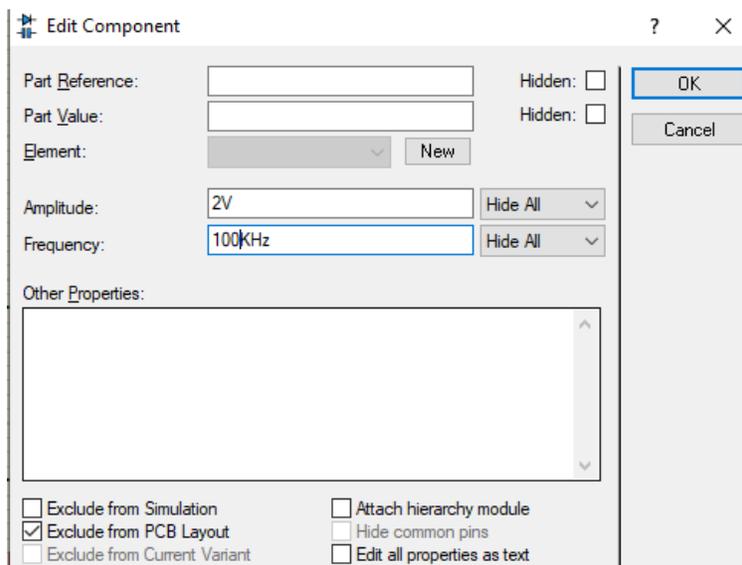


Figura 9: Frecuencia de Corte

La visualización de la onda tanto en la entrada como en la salida del osciloscopio se observa en la figura 10, esta representación gráfica permite examinar la forma y las características de la señal en ambas etapas del proceso. La figura 10 facilita la comparación entre la señal de entrada y la señal de salida, lo que proporciona una comprensión visual del efecto del filtro activo en la forma de onda. Este análisis visual es fundamental para evaluar el rendimiento y la eficacia del filtro en el procesamiento de la señal electrónica,

- Frecuencia de corte 40Hz.

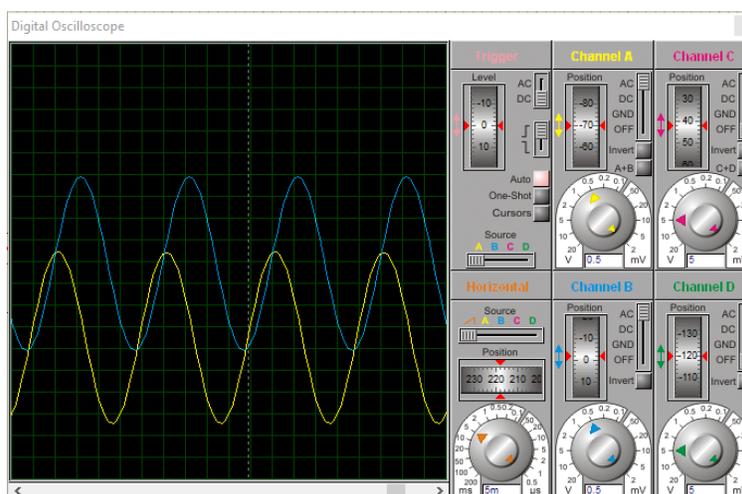


Figura 10: Frecuencia de corte 40Hz

- Esta frecuencia de corte de 100Hz de la figura 11, determina el punto en el que la amplitud de la señal de salida comienza a atenuarse en relación con la señal de entrada optimizando el rendimiento del filtro.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

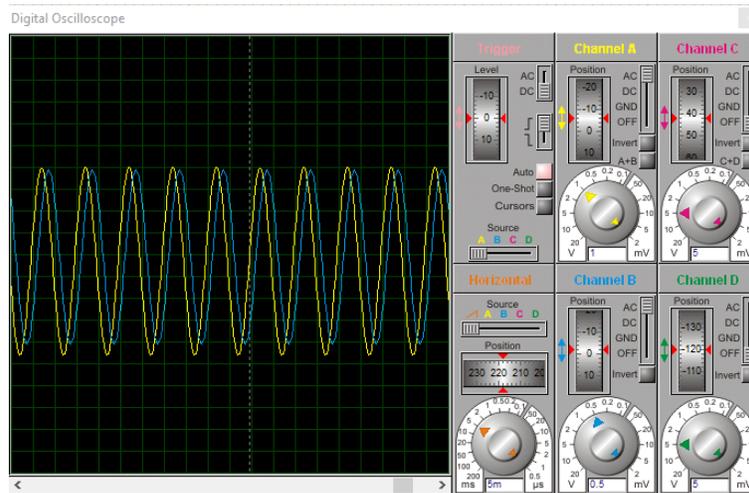


Figura 11: Frecuencia de corte de 100Hz

### 7.1.2. Actividad

1. Establecer la relación entre la resistencia, la capacitancia y la frecuencia de corte, con el fin de posteriormente calcular dicha frecuencia.
2. Calcular la ganancia unitaria del filtro pasa banda.
3. Implementar el circuito proporcionado en la práctica.
4. Diseñar un filtro pasa banda con un rango de frecuencia de 160Hz y una ganancia unitaria de 2.
5. Ejecutar la práctica utilizando el generador de señales y el osciloscopio, identificando la onda de menor amplitud y las razones detrás de esta observación.
6. Configurar una frecuencia de 150KHz y analizar las ondas resultantes en el osciloscopio.

## 8. Conclusiones

- La práctica ha permitido a los estudiantes comprender y aplicar los conceptos relacionados con el diseño y la implementación de filtros pasa banda utilizando amplificadores operacionales. Han adquirido habilidades para calcular y ajustar los parámetros del filtro, así como para comprender su funcionamiento y aplicaciones prácticas en la adquisición y procesamiento de señales.
- La realización de simulaciones utilizando herramientas como el programa de simulación y el osciloscopio ha brindado a los estudiantes una comprensión más profunda de cómo los filtros activos afectan la forma de onda de una señal. Han aprendido a evaluar el rendimiento y la eficacia del filtro en el procesamiento de la señal, lo que les proporciona habilidades críticas para analizar y optimizar sistemas biomédicos.
- La experiencia práctica en el laboratorio de bioinstrumentación ha capacitado a los estudiantes para abordar desafíos reales relacionados con la adquisición y procesamiento de señales en aplicaciones biomédicas.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 9. Recomendaciones

Se recomienda utilizar herramientas de simulación para visualizar y comprender, el impacto de los cambios en los parámetros del filtro.

## Referencias

- Huircán, J. I. (2012). Filtros activos, conceptos básicos y diseño. *Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de La Frontera. Araucanía, Chile.*
- Torres, V. S. D., y Mati, T. (s.f.). *Instrumentation amplifiers for the measurement of biosignals bachelor's degree final project.*
- Webb, A. G. (2018). *Principles of biomedical instrumentation.* Cambridge University Press.
- Webster, J. (s.f.). *Medical instrumentation: Application and design.*

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

## J. Anexo: Sistemas embebidos y conversores ADC

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 1. Sistemas embebidos y conversores ADC

Durante el desarrollo de esta práctica, facilita el estudio de los sistemas embebidos en conjunto con los conversores ADC. Mediante un dispositivo que integra diversas funciones, se posibilita la adquisición, controlar el procesamiento y visualización de señales biológicas. Esto permite así la transmisión de información mediante, la utilización de distintos sensores y actuadores, lo que posibilita la adquisición de señales análogas y conversión de datos digitales.

Se adquirirán conocimientos fundamentales sobre sistemas informáticos diseñados para realizar tareas específicas. Estos sistemas desempeñan un papel crucial en la automatización, control y monitoreo de diversos procesos. Por otro lado, los convertidores analógico-digitales (ADC) son componentes esenciales en muchos sistemas electrónicos. Su función principal radica en convertir señales analógicas, provenientes de sensores u otros dispositivos, en información digital. Esta conversión resulta indispensable para el procesamiento de datos en entornos digitales, ya que posibilita la interpretación y manipulación eficiente de la información analógica en sistemas basados en microcontroladores y microprocesadores.s. (Griffin, 2003)

## 2. Objetivo General

Establecer un sistema integrado que permita la conexión entre dos sistemas embebidos independientes. Este sistema estará diseñado para adquirir y visualizar información del sensor de pulso, así como para controlar los puertos digitales y los conversores A/D

## 3. Objetivo Específico

1. Comprender la conversión analógica a digital.
2. Establecer la conexión entre dos sistemas embebidos con el fin de adquirir y mostrar la información proveniente del sensor de pulso.
3. Configurar y evaluar las diversas formas de comunicación serial entre placas Arduino integradas.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. Sistema Embebido

El sistema embebido, diseñado para funciones específicas en tiempo real, se programa directamente en el lenguaje del microcontrolador. Puede desempeñar funciones específicas, como el monitoreo de constantes vitales o la gestión de dispositivos médicos. La mayoría de sus componentes, como sensores y actuadores, están integrados en la placa base. Estos sistemas también incluyen interfaces de entrada/salida para el monitoreo continuo del estado de salud y facilitan el diagnóstico del sistema. Sus características distintivas abarcan funciones específicas para la salud, fuentes de alimentación confiables, una gran capacidad de reserva y la capacidad de operar en tiempo real. (Garza, Vazquez, y Guzman, 2015)

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 4.2. Señal Analógica

La señal analógica representa variables eléctricas, como corriente, tensión o carga eléctrica, de manera continua en el tiempo. Esta variación ocurre dentro de límites definidos, entre un valor mínimo y máximo, y se representa mediante ondas, como se muestra en la figura 1. (Areny, 1993)

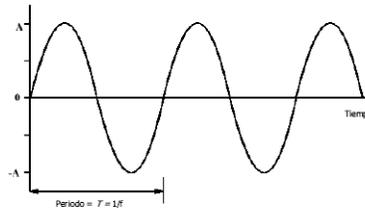


Figura 1: Onda sinusoidal analógica con una frecuencia de 1kHz y una amplitud de 1 voltio. Fuente: Albertí (2003).

## 4.3. Señal Digital

La señal presenta una variación discontinua en el tiempo y puede tomar un número limitado de valores. Este tipo de señal se transforma en una serie de números binarios (0 o 1), lo que facilita su procesamiento y regeneración. Estas señales son altamente sensibles al ruido ambiental y pueden procesarse de manera eficiente. Los parámetros de la señal incluyen la altura del pulso, su duración y la frecuencia de repetición, tal como se ilustra en la figura 2. (Areny, 1993)

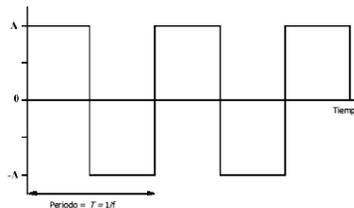


Figura 2: Onda cuadrada digital con una frecuencia de 1kHz y una amplitud de 5 voltios. Fuente: Albertí (2003).

## 4.4. Arduino

La plataforma Arduino es un sistema de prototipado electrónico que posibilita la interacción con el entorno externo mediante sus pines digitales. Permite la detección de pulsaciones de botones al configurar los pines digitales como entradas.

Los sensores que se utilizan emiten señales analógicas, como los sensores de temperatura, distancia, etc. Para interpretar estas señales continuas, es crucial incorporar un convertidor analógico-digital (ADC). Este componente proporciona el valor instantáneo de una señal analógica en un momento específico.

El ADC toma muestras del valor actual de la señal y entrega su medida en voltios. Al realizar lecturas repetidas de estas muestras a lo largo del tiempo, podemos reconstruir la señal original con mayor o menor

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

precisión, dependiendo de la exactitud de nuestras medidas y de la velocidad a la que el ADC pueda tomar esas muestras. Esta capacidad de leer y entender señales analógicas amplía significativamente las aplicaciones de Arduino, permitiéndonos monitorear y responder a una variedad más amplia de condiciones en el entorno.

#### 4.5. Sensor de pulso cardiaco

El sensor, de tipo plug and play, se emplea para obtener lecturas del ritmo cardiaco en tiempo real al colocarse en la punta de los dedos. Es compatible con voltajes de 3.3 o 5V. Este dispositivo utiliza la técnica de fotopleletismografía para capturar la señal del pulso cardiaco. Se basa en una fuente de luz infrarroja (LED) que emite luz sobre la piel, iluminando así los vasos sanguíneos. La adquisición de la señal se realiza mediante una unión de fotodiodo y fototransistor acoplados. La luz emitida por el LED penetra en el fototransistor a medida que atraviesa el dedo. La variación de la presión sanguínea en los vasos sanguíneos (capilares) provoca cambios en la resistencia de la señal del fototransistor, lo que permite obtener la señal del ritmo cardiaco.

Los cables de los sensores están definidos de la siguiente manera: violeta para tierra (GND), gris para +5V y blanco para la señal. Se implementa un filtro pasa-alto para eliminar las variaciones de voltaje generadas por el movimiento del dedo y la polarización DC del optoacoplador. Este optoacoplador consiste en la unión de un fotoemisor y un fotoreceptor que transmiten la luz; la señal ingresa a través del cable VA y se obtiene la salida a través del cable VB, como se muestra en la figura 3.(?)

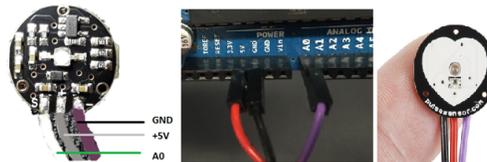


Figura 3: Sensor de pulso. Fuentes (2014).

## 5. MATERIALES

- Computadora
- Arduino Uno
- Sensor de pulso fotoeléctrico
- Potenciómetro de 1 K $\Omega$
- Cables de conexión

## 6. PROCEDIMIENTO

### 6.1. Conexiones Físicas

1. Conectar el cable rojo del sensor de pulso a la alimentación positiva, y el cable negro a la alimentación negativa del Arduino Uno.
2. Conectar el cable de datos del sensor de pulso al pin A0 del Arduino Uno.
3. Conectar el cable de datos del sensor de pulso al pin A0 en Arduino uno

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

4. Conectar el pin de prueba del sensor de pulso al potenciómetro de 1 K $\Omega$ , como se muestra en la figura 4.

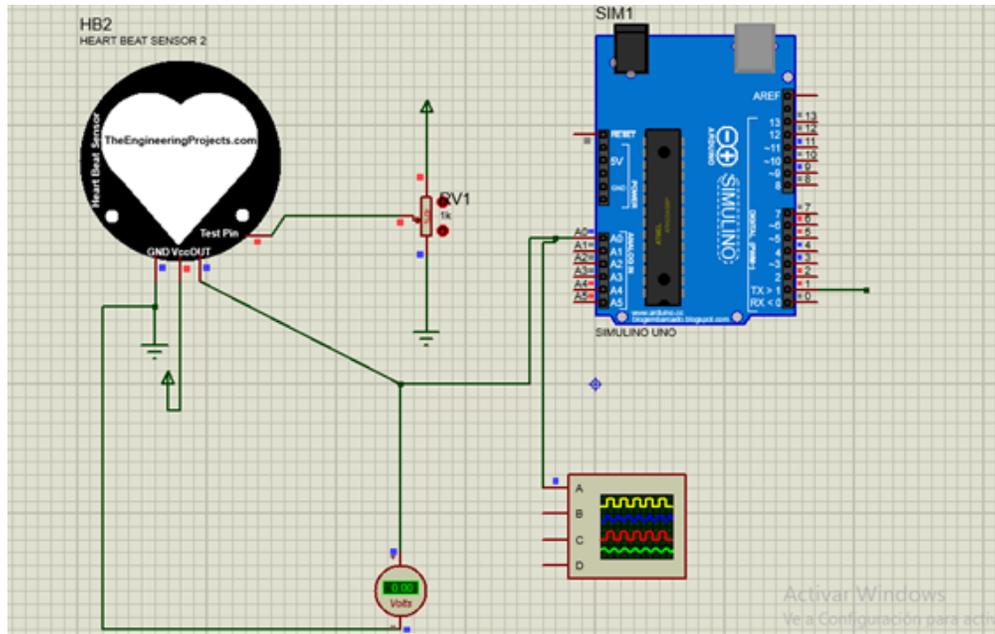


Figura 4: Esquema del circuito

5. La visualización de la onda del sensor de pulso en el osciloscopio se observa según lo representado en la figura 5. La imagen proporciona una representación gráfica y detallada de la forma de onda capturada por el sensor de pulso. La interpretación de esta representación permite analizar aspectos clave del pulso, como la frecuencia cardíaca, la amplitud y la regularidad del ritmo cardíaco.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

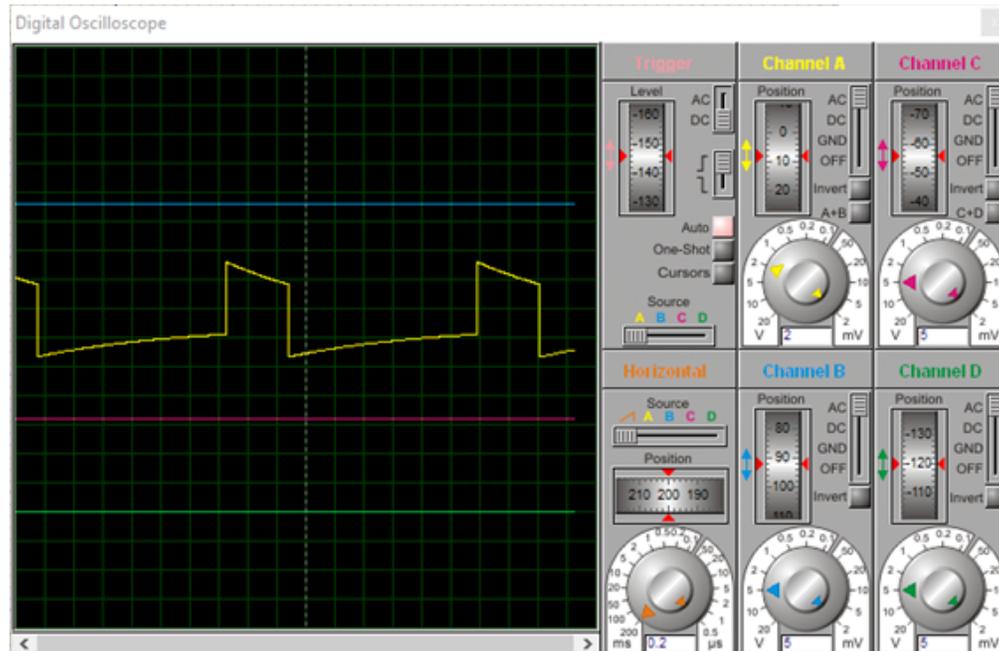


Figura 5: Señal del sensor de pulso

## 6.2. Arduino

- a) El código que se muestra en la Figura 6 empleando en el arduino.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

```

#define USE_ARDUINO_INTERRUPTS true
#include <PulseSensorPlayground.h>

const int PulseSensorPurplePin = A0; // Pin de datos del sensor conectado a A0

int Signal; // Almacena los datos crudos entrantes. El valor de la señal puede oscilar entre 0 y 1024
int Threshold = 500; // Valor inicial del umbral
char bpm[10];

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  // Inicializa el sensor de pulso
  PulseSensorSetup();
}

void loop() {
  // Actualiza el sensor de pulso
  Signal = PulseSensor();

  // Lee el valor del potenciómetro integrado en el sensor y mápelo al rango de umbral
  int potValue = analogRead(PulseSensorPurplePin);
  Threshold = map(potValue, 0, 1023, 0, 1023);

  // Imprime el valor BPM en el monitor serial si se detecta un latido cardíaco
  if (Signal > Threshold) {
    dtostrf(Signal, 1, 1, bpm);
    Serial.println("Latido detectado! BPM: " + String(bpm));
  }

  // Retardo para evitar lecturas excesivas y salida en serie
  delay(10);
}

```

Figura 6: Código

- b) Conecte el Arduino Uno a la computadora mediante un cable USB..
- c) Abra el software Arduino IDE en la computadora.
- d) Coloque el código proporcionado en el Arduino IDE.
- e) Seleccione el tipo de placa y el puerto COM correspondiente en el Arduino IDE.
- f) Compile y cargue el código haciendo clic en el botón de carga.
- g) Abra el monitor serial en el Arduino IDE para visualizar las lecturas del sensor de pulso.

## 7. ACTIVIDAD

- Calcular el ritmo cardíaco por minuto.
- Imprimir los valores obtenidos a través del monitor serial y coloque la captura de pantalla
- Conectar el pin de salida del sensor al osciloscopio y colocar una captura de pantalla de los resultados.
- Observar la forma de onda resultante en el osciloscopio o disminuir el voltaje como afecta en la onda, como se relaciona con la detección de los latidos cardiacos.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 8. Desarrollo de preguntas

1. Explicar el funcionamiento de un sistema embebido.
2. Explicar el sensor de pulso fotoeléctrico en relación con la emisión y detección de luz.
3. Analiza la razón por la cual se emplea un potenciómetro en el sensor de pulso.
4. Qué ajuste podría realizarse para obtener una lectura más precisa.
5. En el monitor serial, se observa qué tipo de onda y se explica el motivo de esta observación.

## 9. Conclusiones

- La práctica en sistemas embebidos y conversores ADC ha permitido a los estudiantes consolidar su comprensión de conceptos fundamentales en informática integrada. Han adquirido conocimientos sobre la conversión de señales analógicas a digitales y la configuración de sistemas embebidos para la adquisición y visualización de datos del en tiempo real.
- La conexión exitosa entre dos sistemas embebidos para adquirir y visualizar información del sensor de pulso ha demostrado la utilidad de estos sistemas en el monitoreo de constantes vitales. Los estudiantes han experimentado de primera mano cómo los sistemas embebidos pueden capturar y procesar señales analógicas, como el ritmo cardíaco, y convertirlas en datos digitales para su análisis. Esta aplicación práctica es relevante en el contexto de la salud y el bienestar, y brinda a los estudiantes una visión profunda de las posibles aplicaciones de la tecnología en este campo.
- La actividad práctica de la práctica, que incluyó el cálculo del ritmo cardíaco, la visualización de datos en el monitor serial y el análisis de formas de onda en el osciloscopio, ha fomentado el desarrollo de habilidades prácticas y de resolución de problemas en los estudiantes. Han aprendido a aplicar conceptos teóricos en situaciones prácticas, a interpretar y analizar datos obtenidos experimentalmente, y a realizar ajustes y correcciones según sea necesario. Estas habilidades son esenciales en cualquier entorno técnico y preparan a los estudiantes para enfrentar desafíos reales en sus futuras carreras profesionales.

## 10. Recomendaciones

- Se sugiere considerar la adquisición de las lecturas del ritmo cardíaco, las cuales pueden ser visualizadas tanto en el osciloscopio como en el monitor serial.
- Es recomendable evitar llevar a cabo movimientos bruscos o cambios que puedan afectar al sensor de pulso.

## Referencias

- Albertí, E. B. (2003). *Señales y sistemas de tiempo discreto*. Edicions UPC.
- Areny, R. P. (1993). *Adquisición y distribución de señales*. Marcombo.
- Fuentes, V. M. (2014). Introducción a la plataforma arduino y al sensor ultrasónico hc-sr04. *Profesional, Universidad Carlos III de Madrid*.
- Garza, A. L., Vazquez, A., y Guzman, R. (2015). *Biopotenciales* (Inf. Téc.). Universidad Autónoma de Ciudad Juarez.
- Griffin, J. (2003). Technology in the teaching of neuroscience: Enhanced student learning. *American Journal of Physiology - Advances in Physiology Education*, 27, 146-155. doi: 10.1152/advan.00059.2002

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

## K. Anexo: Sistemas embebidos para bioinstrumentación con arduino e iworx

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

# 1. TEMA: Sistemas embebidos para bioinstrumentación con arduino e iworx

Esta práctica de laboratorio se enfoca en la integración de sistemas embebidos en el ámbito de la bioinstrumentación, resaltando la importancia de adquirir conocimientos sobre la transformación y procesamiento de datos.

En esta práctica, se realizará un análisis detallado de la aplicación de sistemas embebidos con Arduino e iworx en la medición de la fuerza de agarre. Esta medición resulta esencial tanto en actividades cotidianas como profesionales, ya que sirve como indicador de la salud y capacidad funcional de un individuo. La convergencia de Arduino e iworx no solo mejora la captura precisa de datos biomédicos, sino que también facilita su posterior análisis.

El propósito central de esta práctica es incorporar la fuerza de agarre como un parámetro esencial, lo cual contribuye al entendimiento en el campo de la bioinstrumentación. El objetivo último es enriquecer la comprensión de este campo, aprovechando la capacidad de los sistemas embebidos para obtener mediciones precisas y significativas en tiempo real.

Durante del desarrollo de la práctica, se evidencia los sistemas embebidos emplean microcontroladores para llevar a cabo la adquisición y transmisión de datos. Además, se observa que estos sistemas integran acelerómetros para monitorear al movimiento de manera precisa. Esta integración permite la afectividad del procesamiento de la señal, cuando se combina con dispositivos como arduino e iworx.

## 2. Objetivo General

Desarrollar una metodología eficiente utilizando sistemas embebidos para la medición precisa de la fuerza de agarre, con el fin de mejorar la calidad y exactitud en la captura de señales relacionadas con dicha fuerza.

## 3. Objetivo Específico

1. Diseñar un sistema embebido que integre la comunicación entre Arduino e iworx para la adquisición precisa de datos de fuerza de agarre.
2. Implementar la visualización de la fuerza de agarre en LabScribe, así como la representación de la garra en forma de gráficos para facilitar la comprensión y análisis en tiempo real.
3. Procesar las señales obtenidas durante la fuerza de agarre para su posterior análisis y extracción de información relevante.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. Descripción de la anatomía de la mano

La mano está constituida por 27 huesos, divididos en carpo, metacarpianos y falanges, que conforman una estructura caracterizada por arcos transversales (a nivel del carpo y los metacarpos) y arcos longitudinales digitales. El carpo, que alberga el canal carpiano, constituye la base de la mano y está compuesto por huesos como el escafoides y el piramidal. Por otro lado, el metacarpo, que forma la palma, se compone de cinco metacarpianos que se articulan con la segunda fila del carpo y las primeras falanges de los dedos. Las falanges presentes en los dedos segundo al quinto constan de tres partes: proximal, medial y distal, mientras que el pulgar tiene falanges proximal y distal.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

Esta descripción anatómica abarca desde la estructura del carpo hasta las características distintivas de las falanges. Además de la estructura ya descrita, las articulaciones de la mano son cruciales para su funcionalidad. Se destaca la capacidad única del pulgar para articularse frente a los demás dedos, lo que facilita la presión de objetos pequeños. Estas articulaciones son esenciales para las actividades diarias y la manipulación de herramientas. Entre las articulaciones se incluyen la radiocarpiana, carpometacarpiana, metacarpofalángicas e interfalángicas, cada una desempeñando un papel específico en la movilidad de la mano.

La musculatura de la mano es compleja y vital para la evolución de la fuerza de agarre. Los músculos de la eminencia del pulgar e hipotenar son responsables de los movimientos del pulgar y el meñique, contribuyendo a movimientos precisos necesarios para la presión. Esta anatomía es un componente esencial en la evaluación de la fuerza de agarre, como se muestra en la figura 1. (Gabriela y Zurita, 2015)

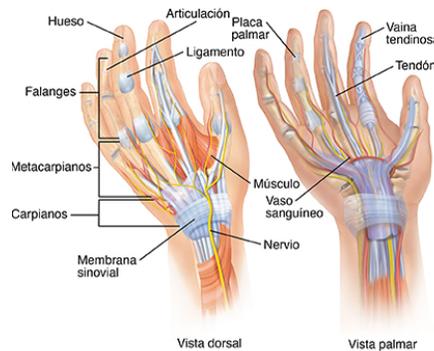


Figura 1: Anatomía de la mano. Fuente: *Anatomía de la mano* (s.f.).

## 4.2. Patrones funcionales

Los agarres de fuerza se caracterizan por la flexión de los dedos en las tres articulaciones, con el objeto situado entre los dedos y la palma, mientras el pulgar se aduce y reposa sobre la cara palmar. Este tipo de agarre implica una leve desviación cubital y dorsiflexión para intensificar la tensión de los tendones flexores.

Por otro lado, los agarres de precisión se emplean en la manipulación de objetos pequeños, requiriendo que la muñeca se posicione en dorsiflexión, mientras los dedos se mantienen semiflexionados y el pulgar se aduce y opone. Estos agarres se subdividen según las partes de las falanges utilizadas para sostener el objeto, incluyendo la pinza terminal, pinza palmar, pinza lateral de llave y pinza de pulpejo o cubital. (Gabriela y Zurita (2015)

## 4.3. Fuerza de Agarre

El acto de apretar o sostener objetos con la mano se ha consolidado como un indicador destacado de fragilidad y un parámetro clave en la evaluación del desempeño físico. Al evaluar la fuerza de agarre al apretar objetos, es posible establecer los valores normales dentro de la muestra, lo que permite detectar posibles debilidades musculares. Es esencial tener en cuenta que la fuerza de presión del puño exhibe variaciones. Gabriela y Zurita (2015)

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 5. MATERIALES

- Computadora
- Unidad de Adquisición de datos IX-TA-220
- Cable USB
- Arduino UNO con garra
- Dinamómetro de mano FT-220
- Fuente de alimentación para IX-TA-220

## 6. PROCEDIMIENTO

### 6.1. Preparación del IX-TA-220

1. Energizar el módulo con la fuente de 110V para asegurar su correcto funcionamiento.
2. Conectar el módulo a la computadora mediante el cable USB, estableciendo así la comunicación necesaria.
3. Conectar el FT-220 al puerto A2 del dispositivo, garantizando una conexión adecuada para su operatividad.
4. Conectar el cable BNC desde la salida del estimulador S1 hasta la entrada A0 del UNO, asegurando una correcta transmisión de datos entre los dispositivos.
5. Verificar la conexión del FT-220 al puerto A2 para confirmar que se encuentre correctamente enlazado y listo para su uso.

### 6.2. Inicio del Software y Configuración de LabScribe

1. Inicie LabScribe desde el acceso directo en el escritorio del equipo.
2. Cuando aparezca el cuadro de diálogo del IX-TA, seleccione ".°K" para continuar.
3. En la ventana principal de LabScribe, haga clic en ".Ajustes" (Settings), luego en "Cargar grupo" (Load Group). A continuación, seleccione "Configuración completa" (Complete Settings) y busque el archivo.
4. Dentro de la sección de ajustes, navegue a "Bioinstrumentaciónz luego seleccione ".Arduino-Claw".



Figura 2: Conexión del arduino con el IX-TA-220

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

5. Después, en la pantalla de la computadora, según la configuración de Garra Arduino, se desplegará un archivo PDF, lo cual indicará que ya está configurado.
6. Luego, se debe hacer clic en **Editar** seleccionar **Preferencias** para configurar los canales de la siguiente manera:
  - Para el canal A5, tanto el claw como la placa UNO se alimentan de +5V.
  - Para el canal S1, el cable BNC está conectado a la salida del estimulador, el cual se conecta a la entrada A0 de la placa UNO.
  - Respecto al canal A2, el FT-220 está conectado al puerto A2.

### 6.3. Tablero de conexión del Arduino UNO:

- Se conecta el servo a tierra de 5V y al pin 9 (servocontrol).
- El cable BNC se conecta a la entrada A0 y a tierra, como se muestra en la figura 3.

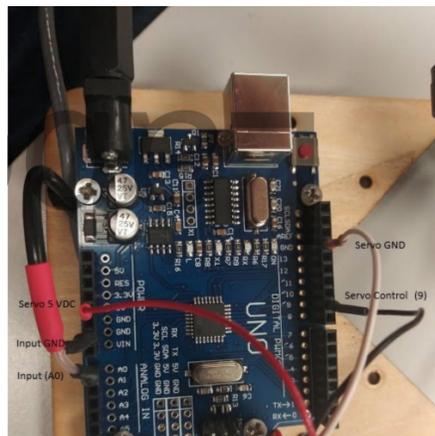


Figura 3: Polarización del Arduino

### 6.4. Pestaña Estimulador

El estimulador se ha configurado en modo constante con una amplitud de 5V, para llevar a cabo esta configuración, se deben seguir los siguientes pasos:

- Inicialmente, se debe hacer clic en **Editar** (Editar), luego en **Preferencias** (Preferencias), seguido por **Simulador** (Simulador), lo que desplegará un cuadro de diálogo.
- Una vez en el cuadro de diálogo, se selecciona el estimulador S1, como se muestra en la figura 4.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

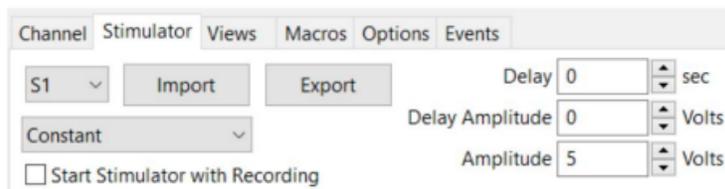


Figura 4: Configuración del estimulador

- A continuación, se procede a crear dos macros: una para iniciar el disparo del estimulador y otra para detenerlo. Esto se ilustra en la siguiente figura 5.

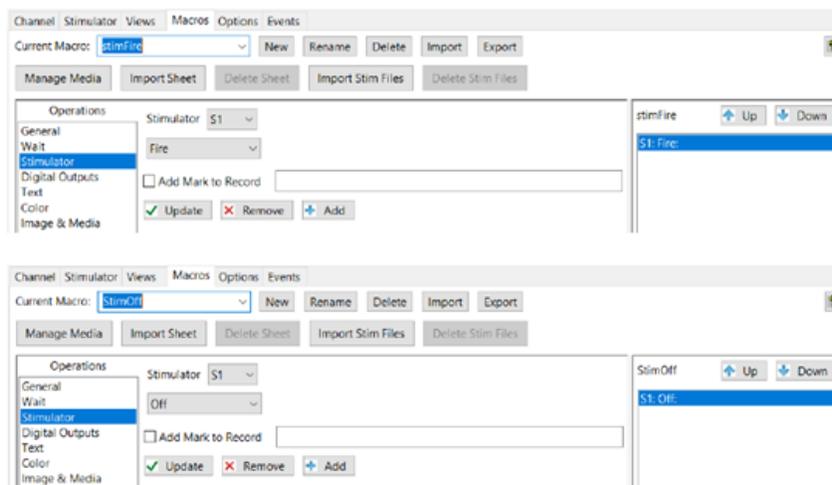


Figura 5: Configuración del estimulador

## 6.5. Configuración de eventos

A continuación, se procede con la configuración de eventos, que se muestra en la figura 6 y 7.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

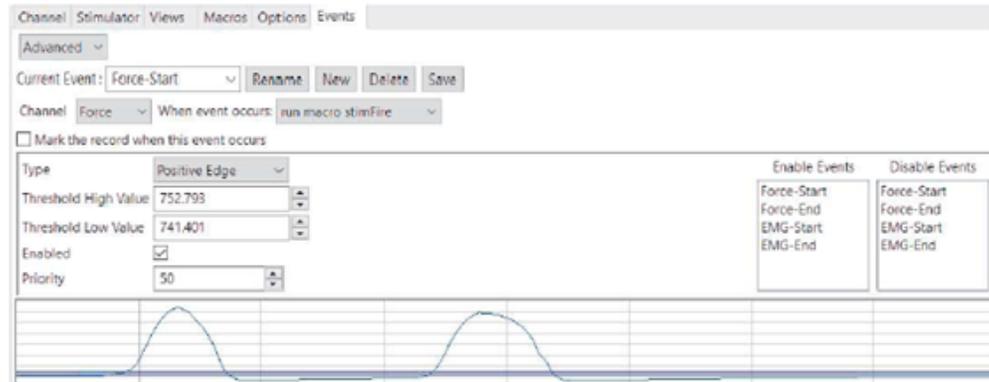


Figura 6: Configuración de los eventos

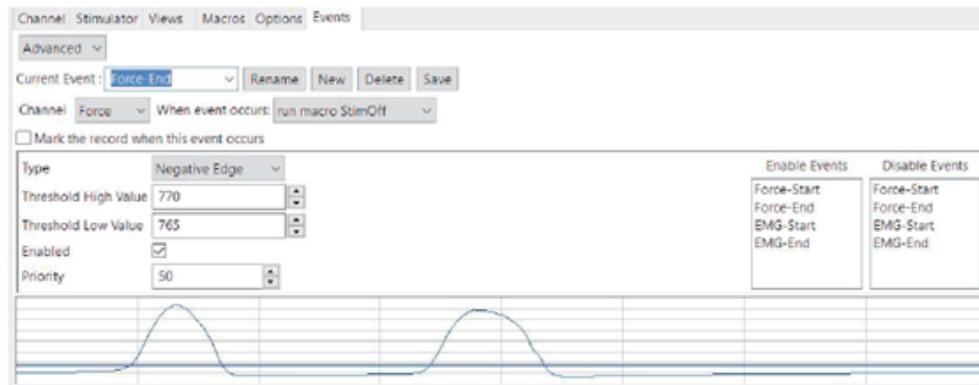


Figura 7: Configuración de los eventos

## 6.6. Código

Se muestra el código utilizado.

```
#include <Servo.h>

Servo servo1;
int analogPin = A0; // el pin analógico en el que está el sensor
int valorAnalogico = 0; // el valor devuelto por el sensor analógico
int servoPin = 9;
int servoAngulo = 45; // posición del servo en grados

void setup() {
  servo1.attach(servoPin);
  servo1.write(servoAngulo);

  // Configuración de LabScribe
```

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

```

// Configuración del estimulador
delay(50);
}

void loop() {
  valorAnalogico = analogRead(analogPin); // lee la entrada analógica (valor entre 0-1023)

  if(valorAnalogico > 511) {
    servoAngulo += 1;
  }

  servoAngulo = constrain(servoAngulo, 45, 130);
  servo1.write(servoAngulo); // escribimos la nueva posición del servo
  delay(12); // esperar
}

```

## 7. ACTIVIDAD

a) Adjunte una captura de pantalla del registro de los eventos con la señal obtenida.

b) Práctica 2: Control de la garra.

- Haga clic en el botón "Grabar". La señal debería comenzar a desplazarse por la pantalla.
- Haga clic en el botón "Autoescalar" en la barra de LabScribe.
- Apriete la pera FT-220.
- La garra deberá controlar la apertura y cierre utilizando el FT-220.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

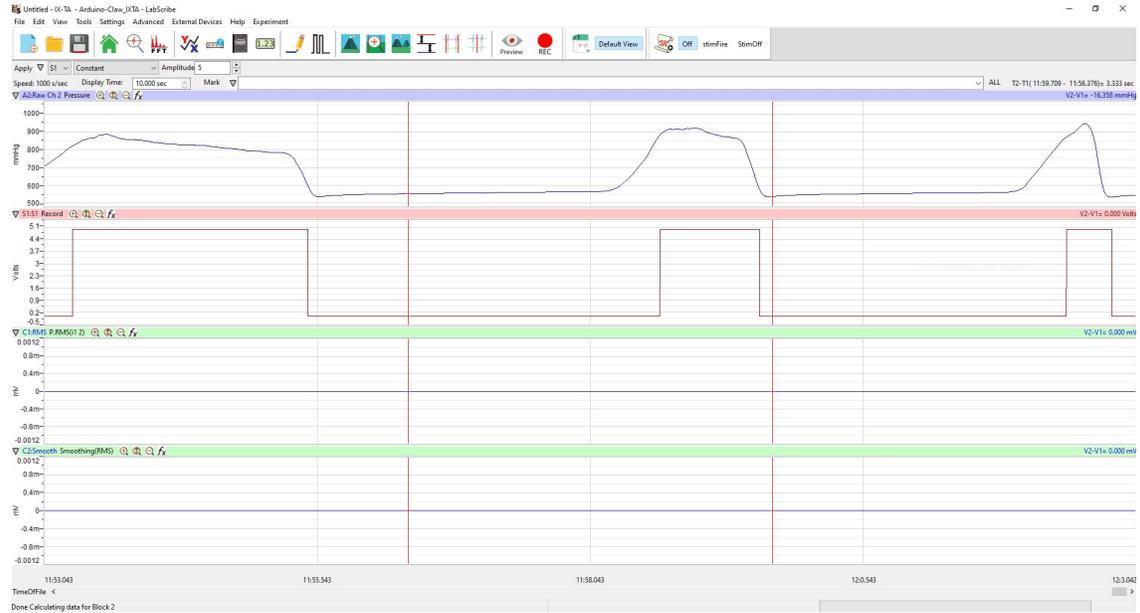


Figura 8: Visualización de las ondas

- Adjuntar una captura de pantalla del registro de la señal obtenida.

c) Practica 3 Control de la garra realizar con el brazo contrario.

- Adjuntar una captura de pantalla del registro de la señal obtenida.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 8. Desarrollo de preguntas

- ¿Cuál brazo exhibe una mayor fuerza de contracción? Por favor, explique su respuesta.
- Aparte del sexo, ¿qué otros factores podrían influir en las diferencias observadas?
- ¿Observa alguna diferencia en el tono muscular entre ambos brazos?

## 9. Conclusiones

- La integración de sistemas embebidos con Arduino e iworx ha demostrado ser una herramienta eficaz para la adquisición precisa de datos de fuerza de agarre. Esta práctica ha permitido diseñar una metodología que facilita la captura y representación de señales relacionadas con la fuerza de agarre.
- La visualización de la fuerza de agarre en LabScribe, junto con la representación gráfica de la garra, ha facilitado la comprensión y el análisis en tiempo real de las mediciones realizadas. Esto proporciona una herramienta poderosa para la interpretación de los datos biomédicos obtenidos durante la práctica, lo que contribuye a una mejor comprensión de la dinámica del movimiento y la fuerza muscular.
- La aplicación de sistemas embebidos en la medición de la fuerza de agarre no solo tiene relevancia en el ámbito clínico para evaluar la salud y capacidad funcional de los individuos, sino que también puede tener aplicaciones en otros campos, como la rehabilitación física y el diseño de dispositivos ergonómicos.

## 10. Recomendaciones

- Se sugiere llevar a cabo una configuración apropiada del equipo.

## Referencias

- Anatomía de la mano.* (s.f.). Descargado 2023, de [https://esfactory.redseaofsound.org/content?c= anatomia+tendones+de+la+mano&id=1](https://esfactory.redseaofsound.org/content?c=anatomia+tendones+de+la+mano&id=1)
- Gabriela, R. L. R., y Zurita, L. D. (2015). *Universidad técnica del norte facultad de ciencias de la salud autora.*

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

## L. Anexo: Visualización de señales con Matlab y AppDesigener

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 1. Visualización de señales con Matlab y AppDesigner

En el ámbito del procesamiento de señales y la efectiva representación de datos, resulta fundamental para la comprensión de patrones y la extracción de información valiosa. MATLAB ofrece App Designer, una herramienta intuitiva para crear interfaces gráficas de usuario (GUI, por sus siglas en inglés). Esta práctica se centra en la implementación de un sistema de visualización de señales en el laboratorio mediante App Designer. Se explorará el diseño de interfaces interactivas para la representación dinámica de datos, lo que proporciona habilidades esenciales para la interpretación de señales en entornos experimentales. (Cristina y Fernández, s.f.)

Durante el desarrollo de la práctica, los participantes tendrán la oportunidad de emplear la herramienta de Matlab para la visualización de las señales, lo que les permitirá comprender el proceso de adquisición de datos. Mediante el uso de interfaces gráficas, podrán observar los datos de manera más clara y detallada, lo que facilitará una comprensión más profunda de la información obtenida. Esta práctica proporcionará una experiencia práctica invaluable para los estudiantes, ya que les permitirá aplicar los conceptos aprendidos y familiarizarse con una herramienta ampliamente utilizada en el análisis de señales y datos en el ámbito de la ingeniería biomédica.

## 2. Objetivo General

Crear un entorno de aprendizaje práctico que aborde la visualización de señales utilizando MATLAB y App Designer, con el objetivo de capacitar a los estudiantes en la representación gráfica, lo que facilitará el procesamiento de señales

## 3. Objetivo Específico

1. Comprender los conceptos básicos del entorno de desarrollo de Matlab y App Designer a través de la práctica guiada.
2. Analizar y evaluar los elementos necesarios para diseñar interfaces gráficas que mejoren la experiencia del usuario durante la representación de señales.
3. Aplicar los principios y técnicas aprendidos en la creación de un ejemplo práctico que requiera la visualización efectiva de señales, promoviendo la aplicación y la síntesis de conocimientos.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. Interfaces graficas en Matlab

Matlab, acrónimo de Matrix Laboratory, es una herramienta de software de amplio uso en entornos académicos e investigativos. Este software integral incluye un lenguaje de programación propio, denominado lenguaje M, que permite realizar operaciones con matrices, representar datos, implementar algoritmos, crear interfaces de usuario (GUI) y comunicarse con otros programas y dispositivos de hardware.

Además de sus aplicaciones básicas, como Simulink para la simulación, Matlab proporciona opciones específicas para el diseño de interfaces de usuario, como GUIDE y App Designer, que son editores especializados para este propósito. Asimismo, se pueden ampliar las capacidades de Matlab mediante herramientas

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

adicionales (toolboxes) y las de Simulink con aplicaciones de bloques (blocksets).(Espinosa, s.f.)

En la actualidad, Matlab presenta tres enfoques para la creación de interfaces de usuario:

- Funciones de Matlab
- GUIDE
- App Designer

Cada uno de estos métodos proporciona un conjunto único y particular de funcionalidades. La elección entre ellos depende de los objetivos del proyecto y de las preferencias del desarrollador en cuanto a su flujo de trabajo, como se muestra en la figura 1.

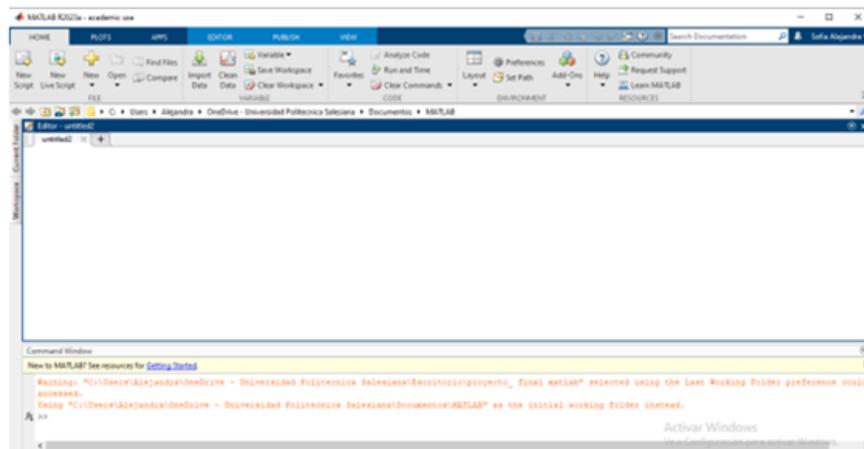


Figura 1: Interfaz gráfica de usuario de Matlab.

## 4.2. App Designer

Es una herramienta integral diseñada para simplificar la creación de interfaces gráficas (GUI), ofreciendo una experiencia intuitiva que permite la colocación fácil de elementos visuales mediante la funcionalidad de arrastrar y soltar. Aunque facilita la tarea, sigue aprovechando el lenguaje de programación, lo que garantiza que los usuarios puedan incorporar lógica y funcionalidad con familiaridad. Con un entorno de desarrollo integrado, agiliza el proceso de desarrollo y conecta sin esfuerzo la interfaz con el código. Esto no solo acelera el desarrollo, sino que también mejora la experiencia del usuario, convirtiéndose en una valiosa herramienta eficaz y dinámica. (Espinosa, s.f.)

## 5. MATERIALES

- Conexión a Internet.
- Computadora con sistema operativo Windows/Linux.
- Instalación de la aplicación MATLAB en la computadora.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 6. PROCEDIMIENTO

### 6.1. Actividad 1 Arduino con App Designer de Matlab

1. Acceder a Add-Ons, luego seleccionar Get Hardware Support Packages y proceder con la instalación de Simulink. Posteriormente, instalar el paquete de soporte de Matlab para hardware de Arduino, como se muestra en la figura 2.

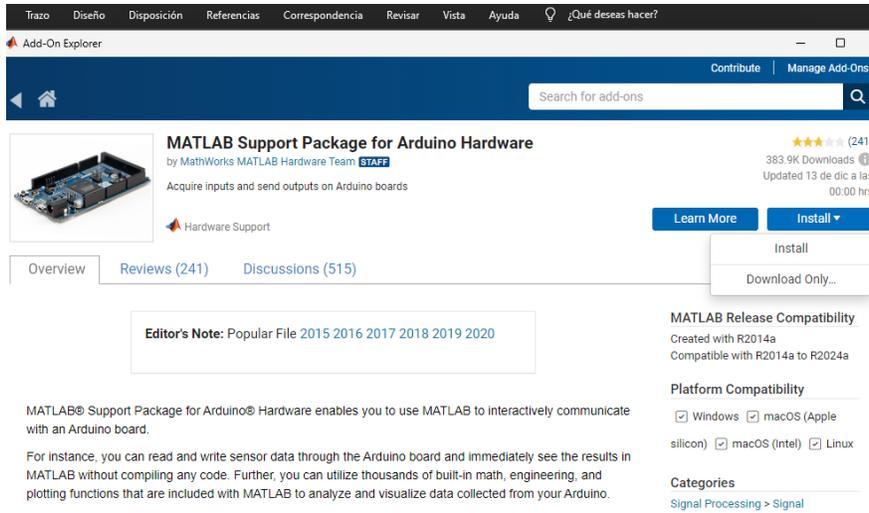


Figura 2: Matlab. Fuente: MathWorks.

2. Verificar la instalación del paquete en Arduino para su detección.
3. Conectar el Arduino a la computadora.
4. Escribir `arduino` en la ventana de comandos de Windows, como se muestra en la figura 3.

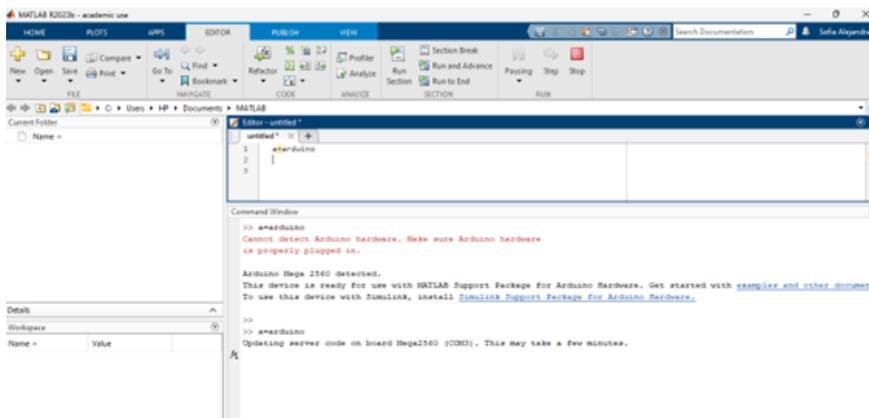


Figura 3: Arduino

5. Para abrir App Designer, existen dos métodos disponibles:

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- Escribir `.appdesigner` en la ventana de comandos de Matlab.
- En la pestaña "Home" de Matlab, seleccionar "New", luego ".App", y finalmente ".App Designer" para abrir la herramienta, como se muestra en la figura 4.

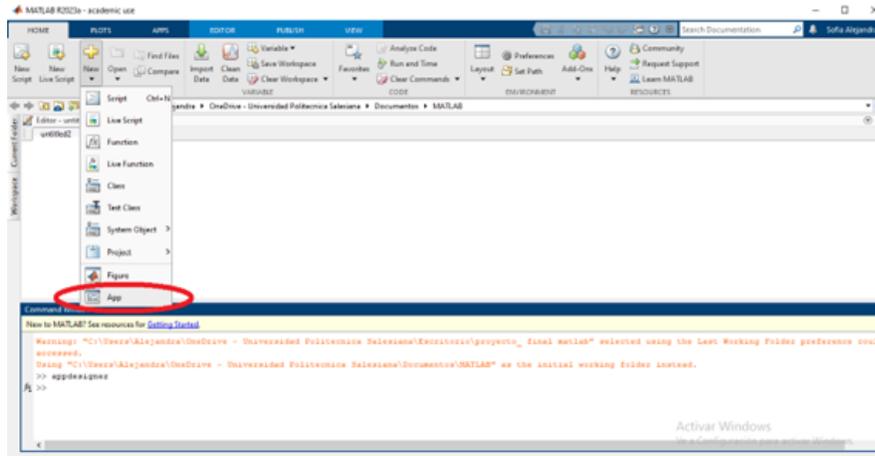


Figura 4: App Designer

6. Se procederá a abrir el entorno de trabajo.

## 7. ACTIVIDAD

Ejercicio 1 Configurar la interfaz

- Se hace clic en "Blank App", como se muestra en la figura 5.

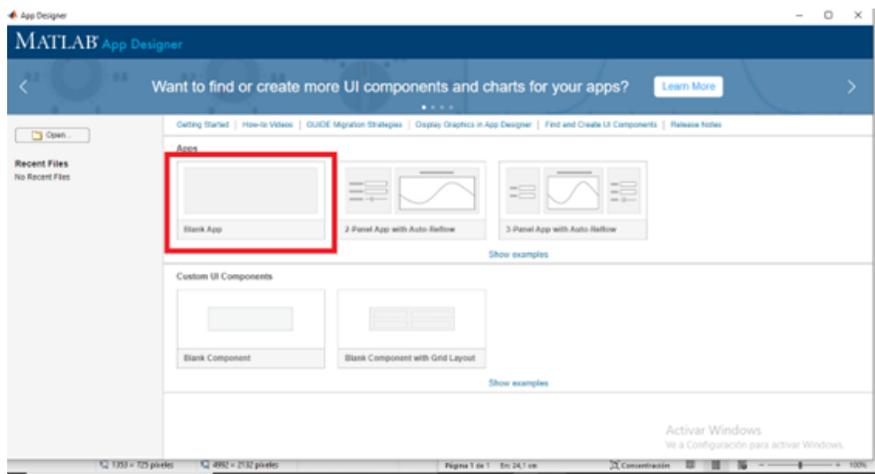


Figura 5: Interfaz

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

- Mover el panel hacia el área de dibujo, como se muestra en la figura 6

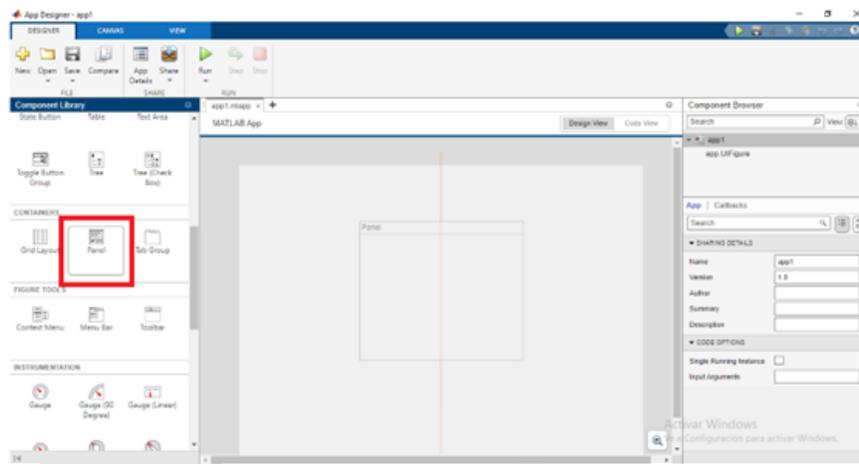


Figura 6: Panel de la Interfaz

- Para optimizar el espacio, se instalarán paneles más pequeños dentro del mismo y se modificarán los nombres correspondientes, como se muestra en la figura 7.

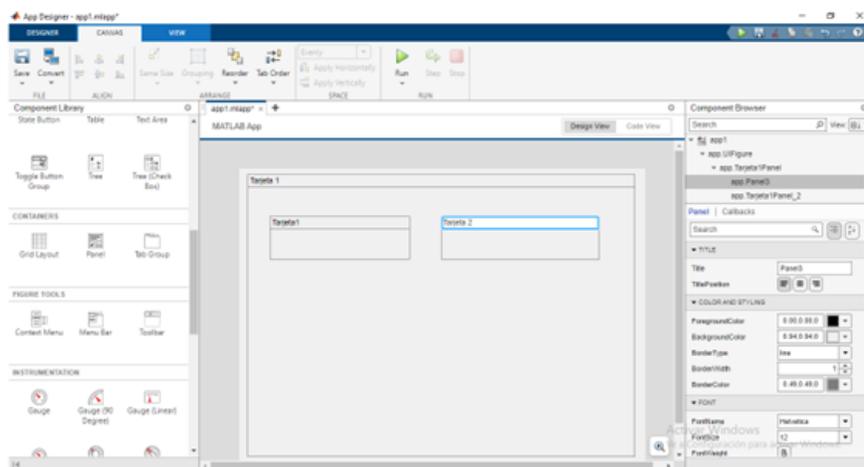


Figura 7: Panel principal con sus diferentes paneles

- Se debe asignar un nombre diferente al label, y a su vez, aplicar un label a la etiqueta T, como se muestra en la figura 8.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

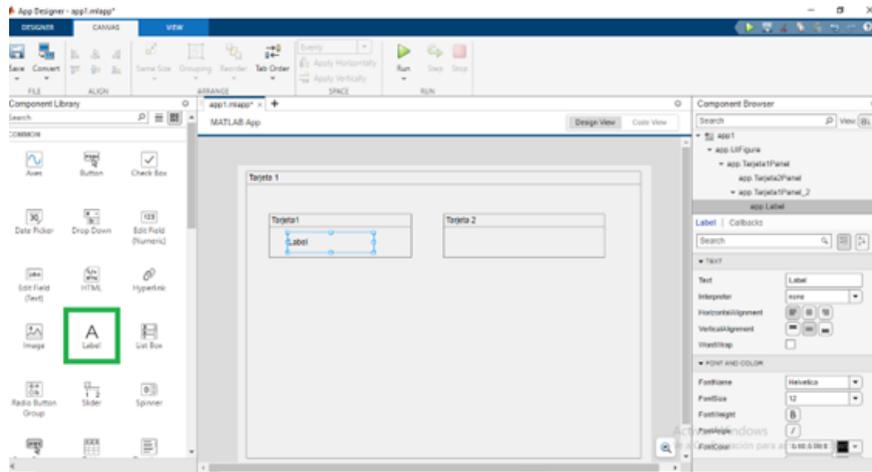


Figura 8: Configuración de los Paneles

- Igualmente, se colocó otro etiqueta en el puerto, como se muestra en la figura 9.

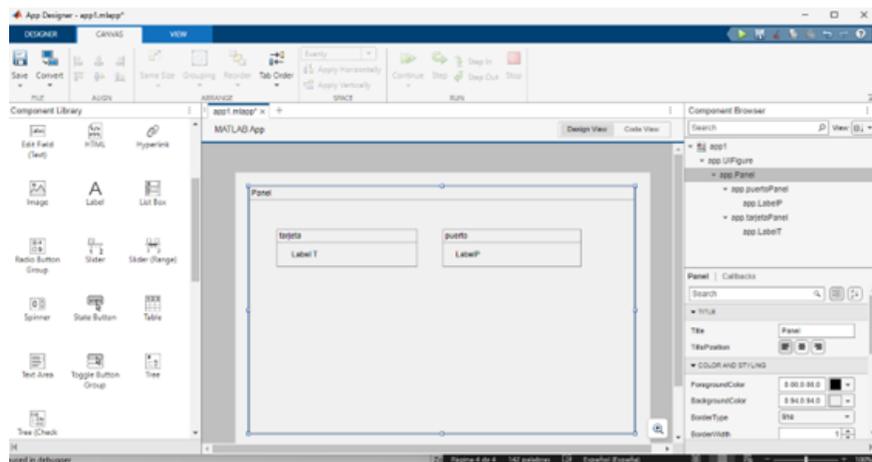


Figura 9: Panel

- Se ha añadido un botón de estado (State button) y se ha configurado para cambiar a la función de sirena cuando se pulsa. Esto activará una onda sonora. Además, se ha incluido un control deslizante (slider) en la interfaz, como se muestra en la figura 10.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

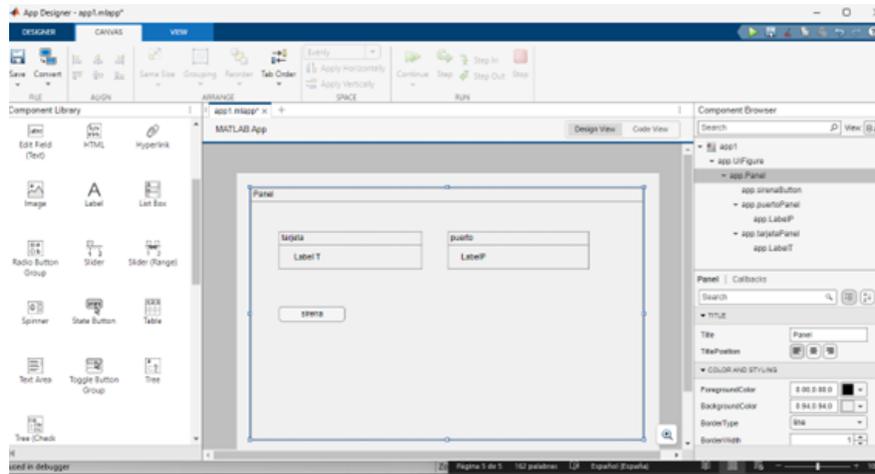


Figura 10: Button

■ Configuramos el Slider

- Se ajustan las líneas de referencia del cuadro de diálogo para los ticks; se debe hacer clic sobre los tres puntos.
- Se eliminan los ticks adicionales, dejando únicamente aquellos que se muestran visualmente, como se muestra en la figura 11.

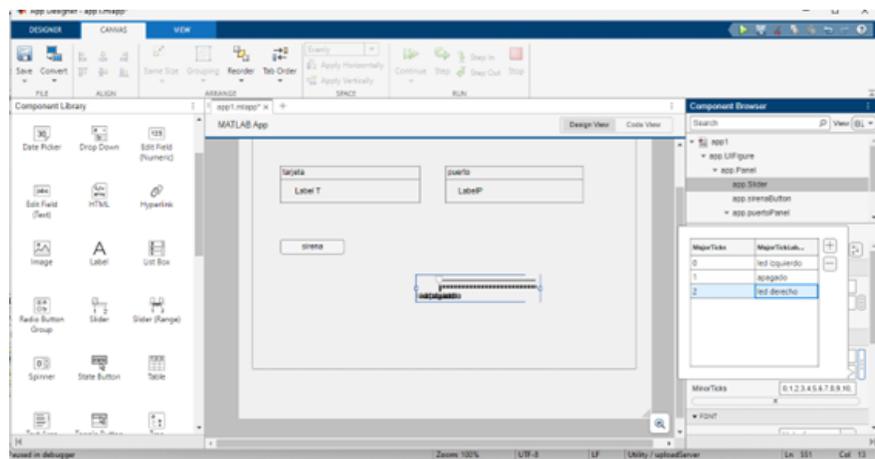


Figura 11: Slider

- Configurar el limites, como se muestra en la figura 12.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

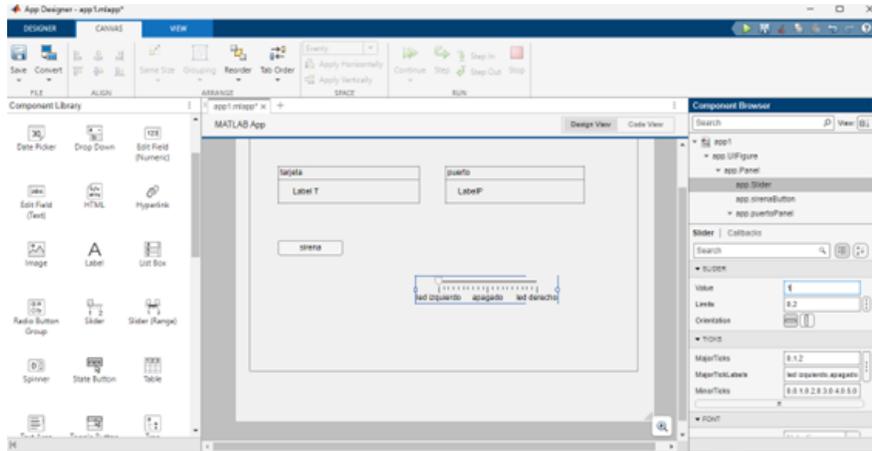


Figura 12: Limites del Slider

- Guardar como interfaz 1, como se muestra en la figura 13.

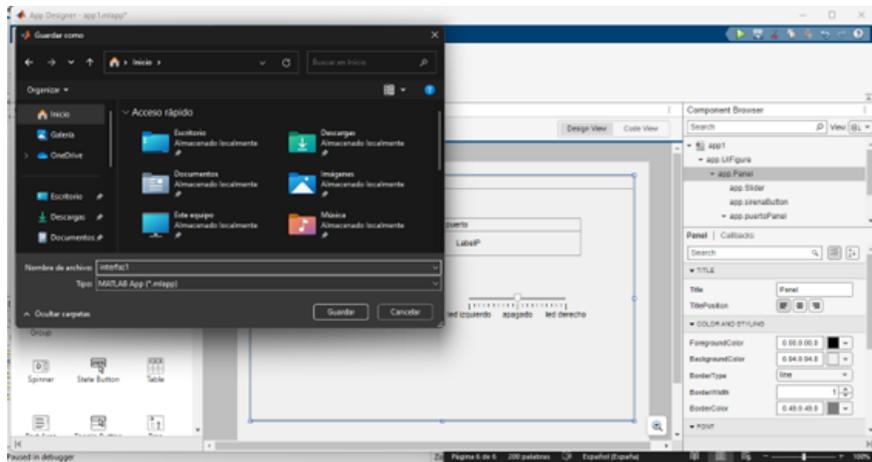


Figura 13: Interfaz con su configuración

- Para definir la función de salida, se debe hacer clic derecho sobre el panel, seleccionar `callbacks` luego `.add SizeChangedFcn callback`, como se muestra en la figura 14.

Elaborado por: Tnl-ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

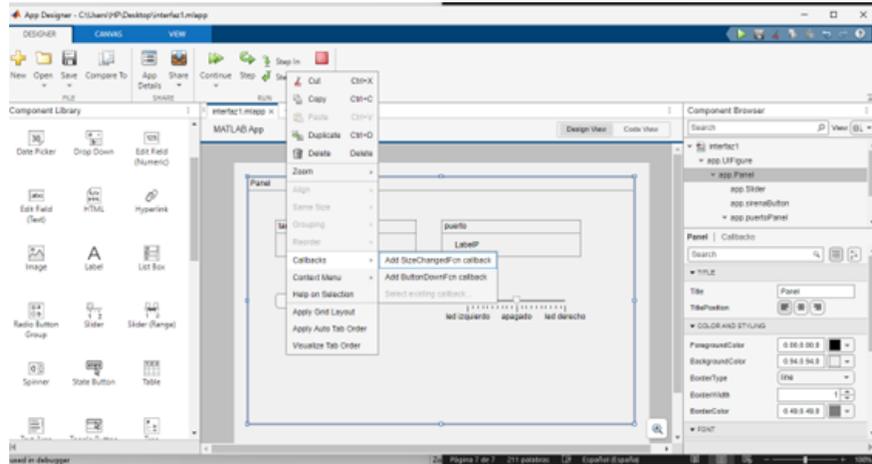


Figura 14: Interfaz con sus diferentes callbacks

- Hacer clic en ".Editor Callback".
- Crear la función, incorporando la interfaz de la aplicación.
- Implementar el callback "StartupFcn" añadir, como se muestra en la figura 15.

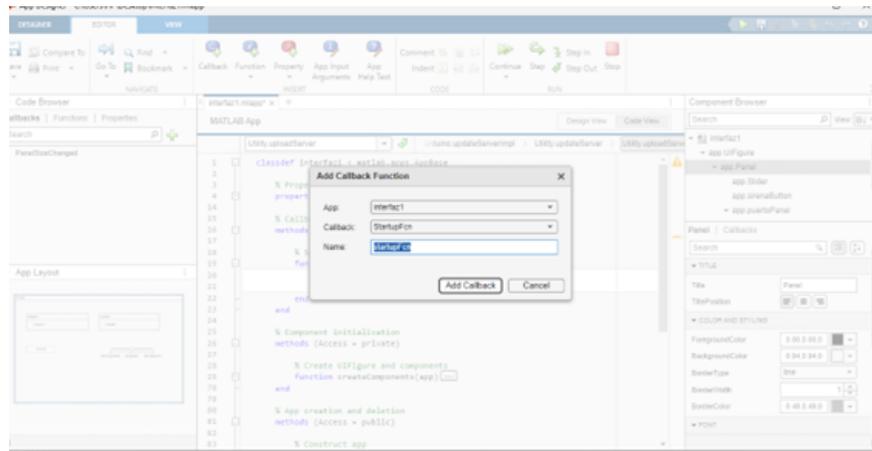


Figura 15: Función

- En la función colocamos el código, como se muestra en la figura 16. `set(app.LabelT,'Text',app.a.Board); set(app.LabelP,'Text',app.a.Port);`

Elaborado por: Tnl-ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

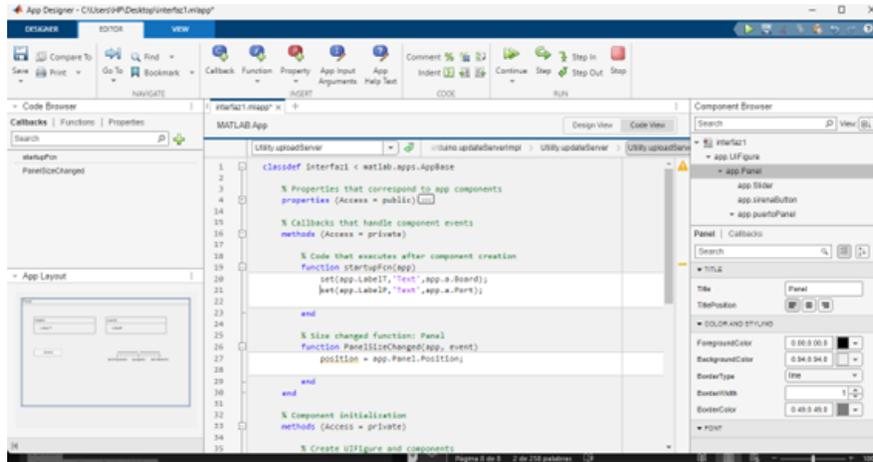


Figura 16: Función

- Crear una property que va hacer el Arduino, como se muestra en la figura 17.

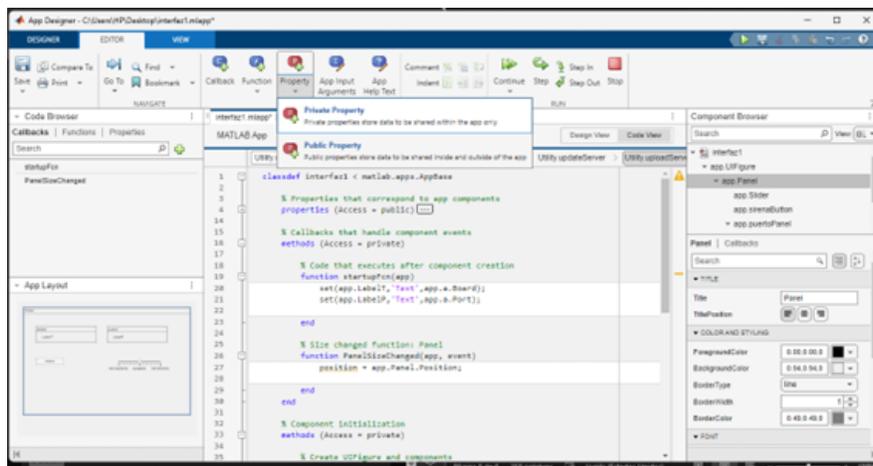


Figura 17: Creación del Property

- Colocar el código a=arduino; como se muestra en la figura 18.

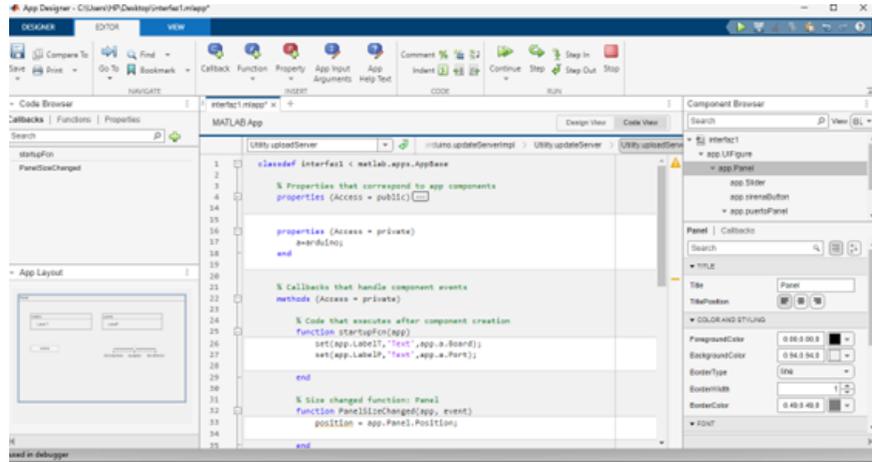


Figura 18: Arduino

- Volver a Desing View
- Hacer clic derecho en sirena callbacks y posterior add valueChangedFcn callback, como se muestra en la figura 19.

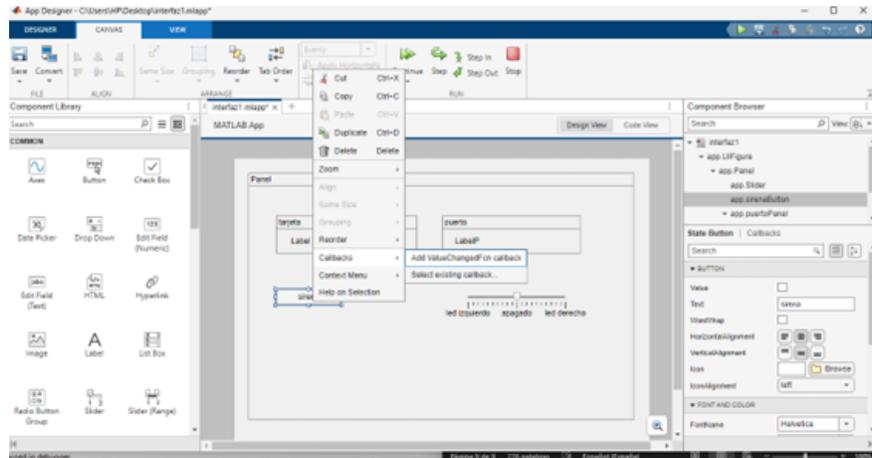


Figura 19: Callback

- Se desplazará la interfaz del sirenaButton.
- Colocar el siguiente código, como se muestra en la figura 20. value = app.SirenaButton.Value; if value==1

```
writeDigitalPin(app.a,'D4',1);
```

```
set(app.SirenaButton,'BackgroundColor',[0 0.5 0.04]);
```

```
else
```

```
writeDigitalPin(app.a,'D4',0); set(app.SirenaButton,'BackgroundColor',[0.94 0.94 0.94]);
```

Elaborado por: Tnl-ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

end

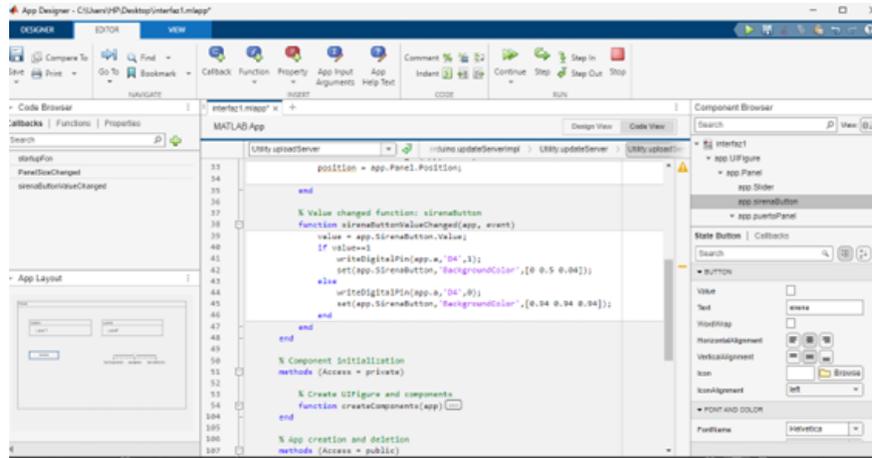


Figura 20: Callback

- Presionar "Design View" para acceder a la vista de diseño.
- Luego, hacer clic derecho en el control deslizante, seleccionar Callbacks, finalmente, agregar la función de devolución de llamada "sizeChangedFcn".
- Colocar el código del slider

```
value = app.Slider.Value;
switch value
case 0
writeDigitalPin(app.a,'D2',0);
writeDigitalPin(app.a,'D3',1);
case 1
writeDigitalPin(app.a,'D2',0);
writeDigitalPin(app.a,'D3',0);
case 2
writeDigitalPin(app.a,'D2',1);
writeDigitalPin(app.a,'D3',0);
end
```

- Código de programación, como se muestra en la figura 21. a=arduino;

```
set(app.LabelT,'Text',app.a.Board);
set(app.LabelP,'Text',app.a.Port);

delete(app)

value = app.SirenaButton.Value;
if value==1
writeDigitalPin(app.a,'D4',1);
```

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

```

set(app.SirenaButton,'BackgroundColor',[0 0.5 0.04]);
else
writeDigitalPin(app.a,'D4',0);
set(app.SirenaButton,'BackgroundColor',[0.94 0.94 0.94]);
end
value = app.Slider.Value;
switch value
case 0
writeDigitalPin(app.a,'D2',0);
writeDigitalPin(app.a,'D3',1);
case 1
writeDigitalPin(app.a,'D2',0);
writeDigitalPin(app.a,'D3',0);
case 2
writeDigitalPin(app.a,'D2',1);
writeDigitalPin(app.a,'D3',0);
end

```

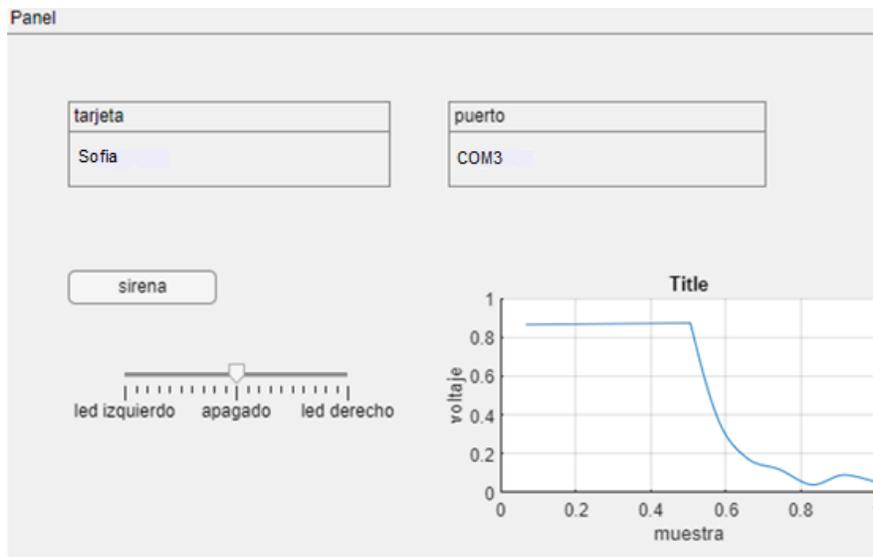


Figura 21: Slider

- Visualización del Panel con la señal, como se muestra en la figura 22.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

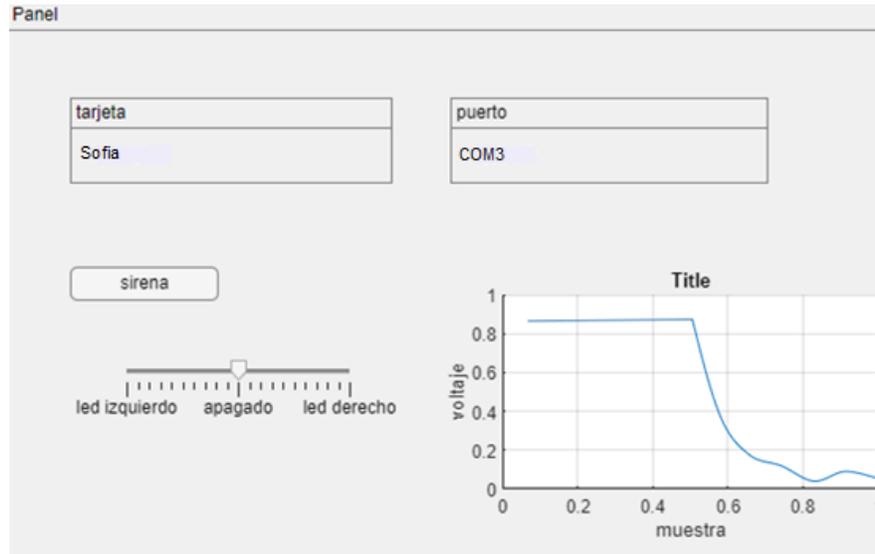


Figura 22: Señal

- Visualización del circuito en los diferentes estados de encendido y apagado, como se muestra en la figura 23.

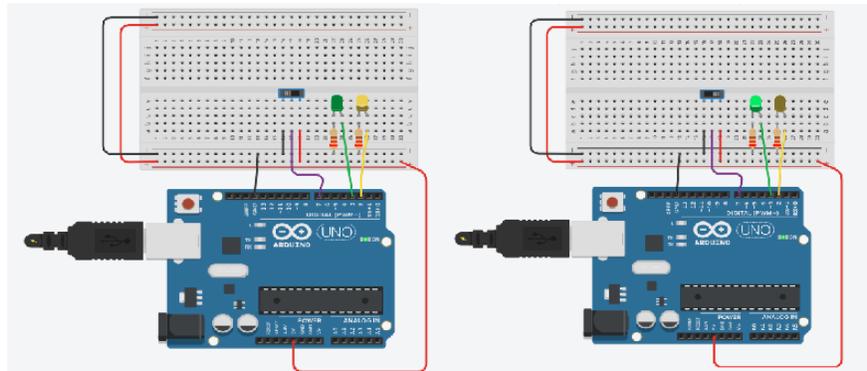


Figura 23: Led

### Ejercicio 1

- Ensamble el circuito físico siguiendo la representación visual proporcionada en la figura 23.
- Configure la interfaz para la visualización de la señal.

Configuración de la interfaz, como se muestra en la figura 24.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

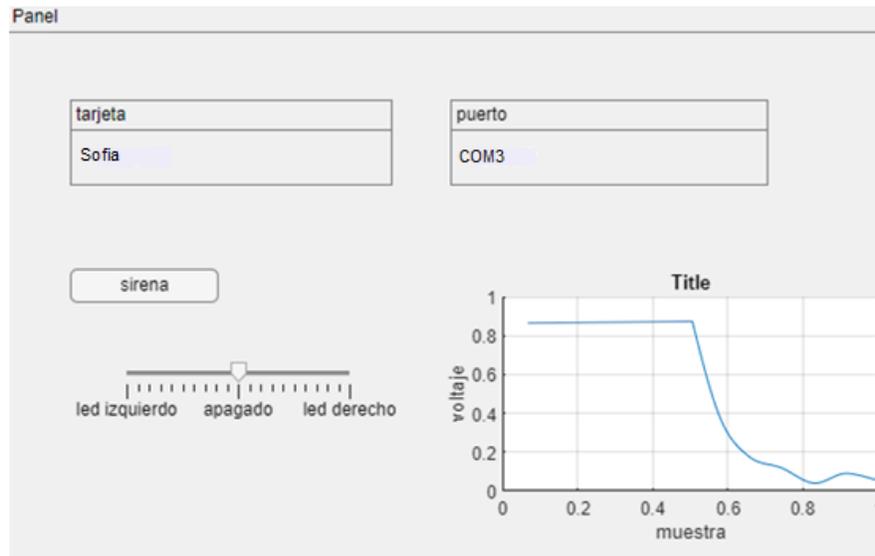


Figura 24: Señal adquirida

- o Se añade un eje (Axes) al panel.
- o Se accede al Navegador de Componentes (Component Browser) y luego al Inspector. En la opción "XLabel String" se establece "muestraz en "YLabel String" se coloca "voltaje", dejando vacía la opción "Z".
- o e procede a la configuración de las rejillas (Grids), seleccionando tanto la rejilla en el eje X como en el eje Y para mejorar la visualización de la gráfica.
- o Se incluye un botón de Estado (State Button) y se renombra como "tomar datos" para registrar la entrada de un potenciómetro. Posteriormente, se configuran las acciones de este botón mediante la asignación de un cambio de valor con la función de callback ".AddValueChangedFn", seguido de la incorporación del código correspondiente.

```

value = app.TomardatosButton.Value;
k = 1;
while value == 1
    muestra(k) = k;
    lectura(k) = readVoltage(app.a, 'A0');
    plot(app.UIAxes, muestra, lectura);
    k = k + 1;
    set(app.TomardatosButton, ...
        'BackgroundColor', [0 0 1], ...
        'FontColor', [0 1 0], ...
        'Text', 'Sensando. ');
    pause(1);
end

```

- o Hacer clic en Run" para abrir la interfaz actualizada.
- o Hacer clic en "Tomar datos".
- o Observar la señal.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 8. Desarrollo de preguntas

1. Describir el funcionamiento de un sistema que integre MATLAB y Arduino.
2. ¿Cuál es su opinión acerca de la relevancia de permitir la interacción entre la interfaz de MATLAB y Arduino de esta manera?

## 9. Conclusiones

- o La integración de MATLAB con Arduino a través de App Designer ofrece una solución efectiva para el desarrollo de aplicaciones personalizadas con interfaces de usuario. Esto facilita la interacción y el control de dispositivos Arduino, lo que resulta fundamental en entornos de procesamiento de señales.
- o App Designer agiliza el proceso de prototipado de interfaces de control para sistemas basados en Arduino. Esta agilidad permite una iteración más rápida y mejoras en el diseño de interfaces, lo que simplifica el desarrollo de aplicaciones con interfaces gráficas. Esta simplificación es clave tanto para la enseñanza como para el prototipado rápido en entornos experimentales.
- o La combinación de MATLAB, App Designer y Arduino proporciona una herramienta versátil y efectiva para la visualización de señales. Al brindar a los estudiantes la oportunidad de interactuar con esta tecnología, se promueve el desarrollo de habilidades prácticas y la comprensión de conceptos fundamentales en el procesamiento de señales.

## 10. Recomendaciones

- o Se recomienda asegurarse de que la computadora utilizada para el programa cumpla con los requisitos mínimos de hardware y software necesarios para ejecutar MATLAB y App Designer de manera eficiente. Esto garantizará una experiencia de usuario óptima y evitará posibles problemas de rendimiento durante el desarrollo y la ejecución de las aplicaciones..
- o Es importante fomentar la colaboración entre estudiantes y profesores en la creación y mejora de aplicaciones con interfaces gráficas para la visualización de señales. Esto favorecerá el intercambio de conocimientos y experiencias, enriqueciendo así el aprendizaje.

## Referencias

Cristina, M., y Fernández, C. (s.f.). *Manual básico de matlab*.  
 Espinosa, G. (s.f.). *Dionisio ramírez prieto*. Disponible en:  
[https://oa.upm.es/53343/1/TFG\\_CUILLERMO\\_CIDE\\_SPINOSA.pdf](https://oa.upm.es/53343/1/TFG_CUILLERMO_CIDE_SPINOSA.pdf).

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

M. Anexo: Sistemas de seguridad y  
aislamiento eléctricos en  
bioinstrumentación  
(optoacopladores)

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 1. Sistemas de seguridad y aislamiento eléctricos en bioinstrumentación (optoacopladores)

En el contexto de la bioinstrumentación, la práctica centrada en sistemas de seguridad y aislamiento eléctrico, específicamente mediante optoacopladores, ofrece una oportunidad de adquirir conocimientos. Durante esta sesión, los estudiantes explorarán la relevancia del aislamiento eléctrico y cómo este evita la transmisión directa de corriente eléctrica. Se destacó la importancia de un aislamiento eléctrico eficaz, que garantice la integridad de los equipos y la seguridad del entorno de trabajo. Los estudiantes podrán comprender mejor cómo estos sistemas son importantes en la prevención de accidentes eléctricos.

Un dispositivo electromédico se define como un equipo destinado a explorar, estimular o tratar a un paciente. Este dispositivo incluye componentes accesorios que entran en contacto directo con el paciente y puede estar conectado a múltiples dispositivos simultáneamente o tener inserciones en ciertas áreas de la piel. Dada esta configuración, existe un riesgo significativo de descarga eléctrica. Por lo tanto, el diseño, las fuentes de alimentación y el nivel de aislamiento del dispositivo desempeñan un papel crucial en la salvaguarda contra posibles descargas eléctricas. (electrónica española, 2015)

## 2. Objetivo General

Comprender los sistemas de seguridad y aislamiento eléctrico en bioinstrumentación.

## 3. Objetivo Específico

1. Analizar los principios fundamentales de electrónica en el contexto de la bioinstrumentación, considerando las características específicas de los dispositivos médicos.
2. Identificar y evaluar los riesgos asociados con la exposición a corrientes eléctricas en el contexto de la bioinstrumentación, aplicando conceptos de seguridad eléctrica y normativas pertinentes.
3. Profundizar en los principios y prácticas de seguridad y aislamiento eléctrico en bioinstrumentación, con énfasis en la prevención de descargas eléctricas.

## 4. Marco Teórico

### 4.1. Norma IEC 60601-1

La Norma IEC 60601-1 ofrece una especificación detallada de los requisitos de seguridad que los equipos electromédicos deben cumplir. Su principal objetivo es garantizar la protección completa del paciente, el personal operativo y el entorno donde se emplean dichos dispositivos. Esta norma establece directrices precisas para abordar aspectos cruciales de seguridad, con el fin de asegurar que la atención médica se brinde de manera segura y eficaz. electrónica española (2015)

### 4.2. Seguridad Eléctrica y el cuerpo humano

La electricidad desempeña un papel fundamental en las funciones vitales del cuerpo humano. Las señales eléctricas presentes en los sistemas fisiológicos del cuerpo operan a niveles del orden de microamperios. Sin

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

embargo, cuando una corriente eléctrica de mayor magnitud entra en contacto con el cuerpo, se incrementa el riesgo de un accidente eléctrico. Este peligro se agrava en entornos hospitalarios, donde los equipos médicos pueden entrar en contacto con partes del cuerpo del paciente, facilitando la circulación de corriente eléctrica. Un aumento repentino o prolongado en los niveles de voltaje puede ocasionar daños a tejidos u órganos, e incluso causar la muerte del paciente. Además, el personal médico enfrenta riesgos significativos en estas situaciones. Ramírez, Antonio, y Gómez (s.f.)

### 4.3. Aislamiento

El aislamiento implica una separación física y eléctrica entre dos partes de un circuito, con el fin de evitar interacciones directas que puedan causar fugas eléctricas no deseadas. (electrónica española, 2015)

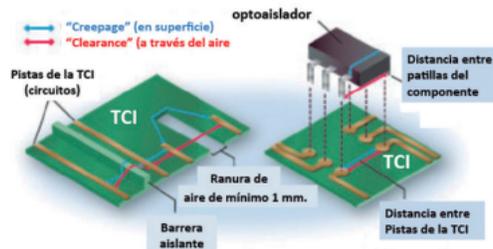


Figura 1: Aislamiento de distancia en un circuito con transistor controlado por inductor. Fuente: “Comparison of Different Methods for Estimating Cardiac Timings: A Comprehensive Multimodal Echocardiography Investigation” (2019).

En la figura 1, se observa que la “creepage distance” se refiere a la distancia más corta entre dos partes conductoras, medida a lo largo de la superficie de aislamiento. Por otro lado, la “clearance” indica la distancia más corta a través del aire entre dos conductores que deben permanecer aislados. El aislamiento ofrece diversas ventajas, como la interrupción de bucles de tierra, el mejoramiento del rechazo en modo común y la capacidad de mantener diferentes niveles de tensión entre las partes del circuito. Esto permite que una parte esté segura mientras que otras operan a niveles peligrosos.

### 4.4. Tipos de Aislamiento

1. **Transformador de Aislamiento:** Se utiliza para aislar tanto la red eléctrica de 230 o 400V como los circuitos de señal potencial. Este tipo de transformador puede aplicarse en diversas aplicaciones de alimentación principal a 50Hz. El aislamiento galvánico implica una proximidad entre el primario y el secundario, lo que puede resultar en capacidades parasitarias y acoplamiento de interferencias electromagnéticas.
2. **Amplificador de Aislamiento:** Son amplificadores que, a pesar de tener ganancia unitaria, aíslan eléctricamente los circuitos de entrada y salida. Estos amplificadores proporcionan seguridad al paciente al permitir que las corrientes de fallo circulen lejos de él.
3. **Optoacoplador:** Funciona como un interruptor aislado ópticamente, facilitando la conexión eléctricamente aislada entre dos circuitos que operan a distintos voltajes. Los optoacopladores utilizan un LED y un circuito de control activado por luz infrarroja, proporcionando aislamiento eléctrico entre la carga y la electrónica de control.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

4. **Otras Técnicas de Aislamiento no Galvánico para CEM:** Estas técnicas se emplean en casos de compatibilidad galvánica para compatibilidad electromagnética. Incluyen el choque en modo común, amplificadores operacionales en modo diferencial, amplificadores de instrumentación diferencial y equilibrada, y filtros capacitivos en modo común.

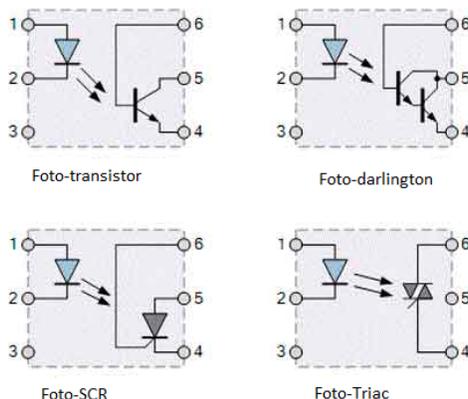


Figura 2: Técnicas de aislamiento. Fuente: *Técnicas de aislamiento* (s.f.).

5. Se emplean otras técnicas de aislamiento no galvánico para la gestión de la compatibilidad electromagnética, especialmente cuando se enfrentan a problemas de compatibilidad galvánica

- Choque en modo común: Esta técnica se aplica en filtros de red tanto monofásicos como trifásicos, así como en líneas de comunicación. Sus ventajas radican en que ofrece continuidad en corriente continua y corriente alterna. Además, rechaza corrientes que circulan en el mismo sentido en modo común y permite el paso de corrientes que circulan en sentidos opuestos en modo diferencial.
- Amplificadores operacionales en modo diferencial: Esta técnica es especialmente útil para gestionar señales analógicas de bajo nivel y su aplicación es sencilla. Sin embargo, presenta dos inconvenientes: si el amplificador no está alimentado se pierde el aislamiento y el nivel de rechazo en modo común se ve comprometido.
- Amplificador de instrumentación diferencial y equilibrada: Estos amplificadores son necesarios para medir señales pequeñas del orden de microvoltios o algunos milivoltios, especialmente en presencia de grandes señales de ruido. Sus ventajas incluyen una muy alta impedancia de entrada y un alto nivel de CMRR (Common Mode Rejection Ratio), aunque tienen como desventaja un limitado nivel de aislamiento y carecen de aislamiento en corriente continua cuando no están alimentados.

## 5. MATERIALES

- 2 Resistencia de 1K
- 1 Resistencia de 10K
- 1 Resistencia de 220
- 1 Opto acoplador PC817
- 2 Transistor BC547
- 3 Diode

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 6. PROCEDIMIENTO

### 1. Ejercicio 1

Circuito de Aislamiento con Optoacoplador.

El optoacoplador P817 se utiliza para proporcionar aislamiento eléctrico en un circuito, lo que permite el control de dispositivos de alto voltaje, como un relé. Al aplicar un voltaje o corriente a la entrada del optoacoplador, se activa internamente un fototransistor mediante un LED. Este proceso, a su vez, controla el estado del relé. Este mecanismo de aislamiento evita posibles daños o interferencias entre las secciones de bajo y alto voltaje. La configuración general se emplea para controlar un LED mediante el cambio de estado del relé, como se muestra en la figura 3.

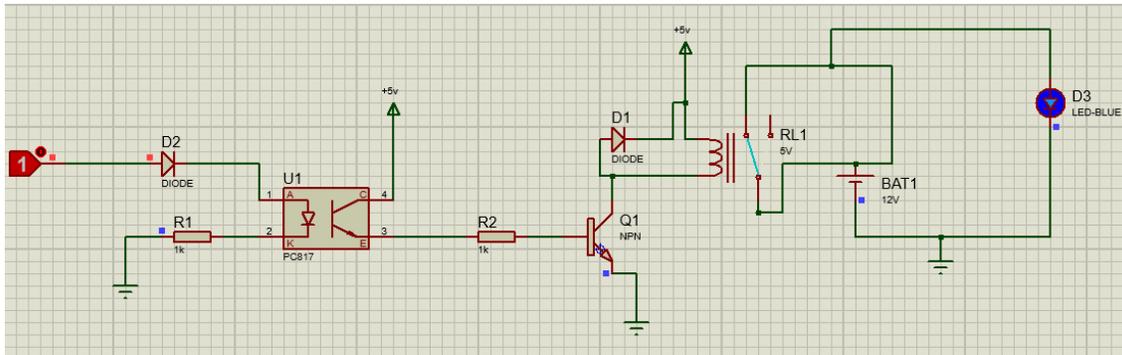


Figura 3: Técnicas de aislamiento con Optoacoplador.

### 2. Ejercicio 2

Circuito de Aislamiento con Transistor.

El transistor, funcionando como un semiconductor, regula el flujo de corriente mediante una señal aplicada, lo que permite su control en conjunto con un relé, que es un interruptor electromagnético. Esta combinación posibilita la gestión precisa del flujo de corriente, lo que facilita la capacidad de aislar eléctricamente circuitos y permite un control eficiente de las corrientes en el sistema, como se muestra en la figura 4.

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

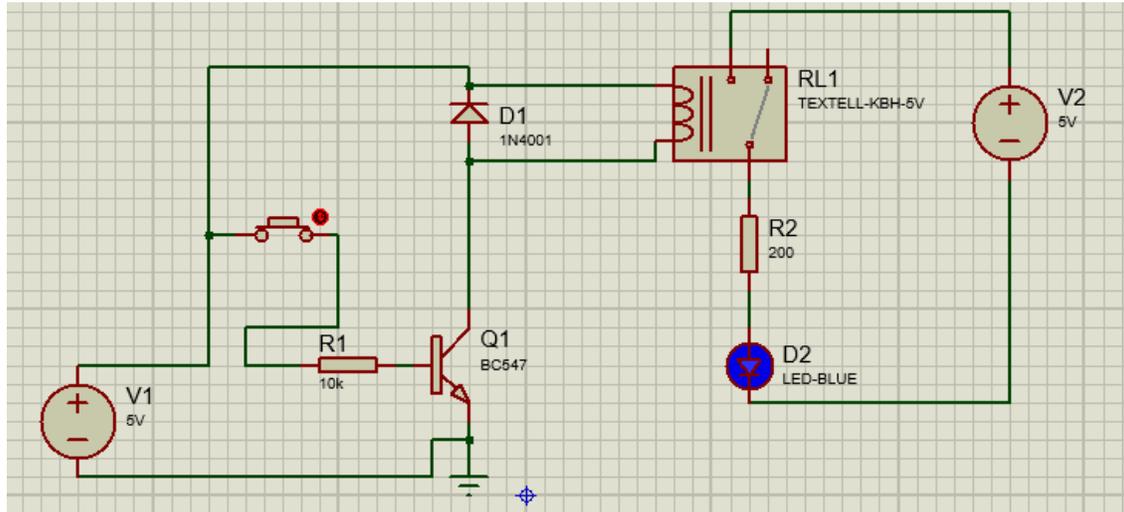


Figura 4: Técnicas de aislamiento con Transistor.

## 7. Actividad

- Diseñe el circuito como se muestra en la figura 4 y 5
- Realizar el circuito práctico de la figura 4 y figura 5.

## 8. Desarrollo de preguntas

1. Describa brevemente la función de cada componente el optoacoplador, transistor y amplificadores en el contexto de aislamiento.
2. Explique el cambio de estado del relé como afecta al circuito.
3. Cuál es la importancia del aislamiento eléctrico.

## 9. Conclusiones

- La introducción a los sistemas de seguridad y aislamiento eléctrico en bioinstrumentación destaca la relevancia de un correcto diseño y nivel de aislamiento en los dispositivos electromédicos. Dada la naturaleza de estos dispositivos y su contacto directo con los pacientes, es crucial garantizar un aislamiento eléctrico adecuado para prevenir descargas eléctricas y salvaguardar la seguridad tanto del paciente como del personal médico.
- La profundización en los principios y prácticas de seguridad y aislamiento eléctrico, con énfasis en la prevención de descargas eléctricas, resalta la necesidad de medidas proactivas para mitigar los riesgos eléctricos en entornos biomédicos. Al centrarse en la prevención, se promueve un entorno de trabajo seguro y se protege la integridad tanto de los pacientes como del personal médico.
- Los principios fundamentales de electrónica y la evaluación de riesgos asociados con la exposición a corrientes eléctricas resaltan la necesidad de una comprensión exhaustiva de los dispositivos biomédicos

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

y su impacto en la seguridad. Al identificar y evaluar los riesgos, se facilita la implementación de medidas preventivas efectivas y se garantiza el cumplimiento de las normativas de seguridad eléctrica pertinentes.

## 10. Recomendaciones

- Es importante establecer procesos para la evaluación continua de riesgos asociados con la exposición a corrientes eléctricas en entornos biomédicos. Además, se deben implementar medidas para garantizar el cumplimiento de las normativas, como la Norma IEC 60601-1, que establece requisitos detallados de seguridad para equipos electromédicos.

## Referencias

Comparison of different methods for estimating cardiac timings: A comprehensive multimodal echocardiography investigation. (2019, 8). *Frontiers in Physiology*, 10. doi: 10.3389/fphys.2019.01057

electrónica española, R. (2015). El aislamiento eléctrico en los equipos electromédicos. *Revista Electrónica Española*. Descargado de <https://www.redeweb.com/>

Ramírez, D. K. C., Antonio, A. ., y Gómez, J. S. (s.f.). *Protocolo de pruebas elÉctricas para equipos mÉdicos por medio de anÁlisis de seguridad elÉctrica y compatibilidad electromagnÉtica*.

*Técnicas de aislamiento*. (s.f.). Descargado 2023, de <https://electrojoan.com/tutorial-del-optoacoplador-con-circuito-de-e-s/>

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

N. Anexo: Sistemas de seguridad y aislamiento eléctrico en bioinstrumentación con la norma IEC 660601-1

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## 1. TEMA: Sistemas de seguridad y aislamiento eléctrico en bioinstrumentación con la norma IEC 60601-1

La normativa internacional que proporciona al Ingeniero Biomédico los parámetros esenciales para la cualificación de equipos biomédicos, siendo la IEC 60601 y sus apartados una referencia clave. Esta práctica se enfoca en la aplicación práctica de estos conocimientos en la evaluación de la seguridad eléctrica y utilizar la normativa mencionada como guía, desglosando sus requisitos detallados para abordar de manera integral la evaluación de equipos biomédicos en situaciones del mundo real, el objetivo es no solo comprender los estándares, sino también aplicarlos efectivamente en la garantía de la seguridad eléctrica en este contexto específico. (Commission., 2017)

La práctica se centra en el análisis de los sistemas de seguridad y aislamiento eléctrico en bioinstrumentación conforme a la norma IEC 60601-1. Se destaca la relevancia de cumplir con esta normativa para garantizar tanto la integridad de los equipos médicos como la seguridad del paciente. La aplicación de esta norma ayuda a mitigar los riesgos asociados con las interferencias electromagnéticas y los cortocircuitos, aspectos críticos en entornos médicos. Se subraya la importancia de utilizar simuladores para llevar a cabo un análisis de la seguridad, lo que permite identificar y abordar posibles vulnerabilidades de manera efectiva.

## 2. Objetivo General

Aplicar la seguridad eléctrica de equipos biomédicos mediante la aplicación de conocimientos normativos y la medición de parámetros con analizador de seguridad eléctrica según la norma IEC 60601.

## 3. Objetivo Específico

1. Describir los principios y requisitos de la normativa de seguridad eléctrica, específicamente la norma IEC 60601, en el contexto de equipos biomédicos.
2. Simular situaciones reales con equipos biomédicos para identificar y evaluar posibles riesgos eléctricos según los estándares establecidos por la norma IEC 60601.
3. Analizar y seleccionar los procedimientos adecuados para realizar mediciones precisas de parámetros eléctricos en equipos biomédicos utilizando un analizador de seguridad eléctrica.

## 4. Marco Teórico

En el ámbito de la salud, es crucial que los pacientes estén conectados a diversos instrumentos y equipos médicos para facilitar el diagnóstico y tratamiento. Sin embargo, esta conexión conlleva riesgos asociados a posibles fallas en los circuitos electrónicos, como corrientes de fuga y aislamiento deficiente de conductores. Para mitigar estos riesgos, se realizan pruebas de seguridad eléctrica que verifican si los equipos cumplen con las regulaciones y requisitos de seguridad establecidos por los estándares diseñados para salvaguardar la salud de los pacientes. Estas medidas garantizan la seguridad durante los procedimientos de diagnóstico y tratamiento, asegurando un entorno confiable para la atención médica.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

#### 4.1. Clasificación de los equipos electromédicos.

Según la normativa IEC 60601-1 los equipos electromédicos se pueden clasificar en Clase I y Clase II.

1. Clase I La conexión del chasis a una toma de tierra mediante un conductor de color amarillo/verde es esencial en equipos biomédicos para establecer un sistema de protección ante fallos de aislamiento básico. La toma de tierra de protección, confiablemente configurada, asegura que las partes metálicas accesibles permanezcan libres de tensiones peligrosas en situaciones de emergencia. En caso de fallo de aislamiento básico, el conductor de protección de tierra facilita la disipación segura de corriente desde la fase de la red hasta la tierra, a través de la caja o envoltura del equipo. Esta conexión del chasis actúa como un medio crucial de protección, permitiendo que el dispositivo de protección, generalmente un fusible o un relé diferencial sensible, desconecte rápidamente el equipo de alimentación, asegurando un entorno seguro y cumpliendo con los estándares necesarios de seguridad eléctrica en el ámbito biomédico (Llamosa R y Hernando, 2006)

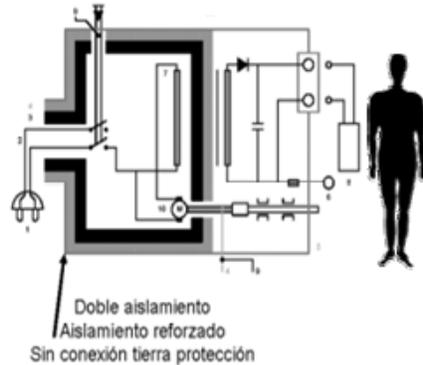


Figura 1: Protección de Clase I

#### 2. Clase II

Presenta a implementación de doble aislamiento reforzado, comúnmente a través de una carcasa de plástico. Estos equipos no requieren una toma de tierra para garantizar la seguridad eléctrica, ya que incorporan un cable de alimentación de dos clavijas. Esta configuración se logra mediante la inclusión de dos capas de material aislante que envuelven las partes de alto voltaje, proporcionando así protección efectiva contra descargas eléctricas.(Llamosa R y Hernando, 2006)

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRÓN

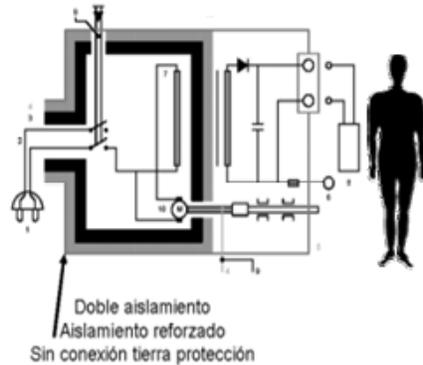


Figura 2: Protección de Clase II

## 4.2. Corrientes de fuga

Se pueden dar por diferentes causas como la falla de aislamiento en cables, acoplamientos electromagnéticos producidos por campos magnéticos fuertes o también por diferencia de potencial eléctrico elevado, fallas sistema eléctrico y los propios componentes electrónicos si estos trabajan perfectamente. . (electrónica española, 2015)

Tipos:

- Aislamiento del Equipo: Se prohíbe el contacto directo del equipo con cualquier paciente.
- Corriente de Fuga: La corriente de fuga se define como el flujo de corriente que se desplaza desde las partes metálicas del equipo, a través de los conductores y el personal que opera el equipo, hasta alcanzar la toma de tierra protectora.

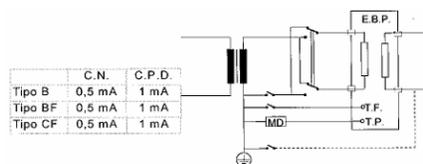


Figura 3: Corrientes de Fuga.. Fuente: electrónica española (2015).

- Corriente de Fuga del Paciente: Se refiere a la corriente que se desplaza desde las partes del equipo en contacto con el paciente hasta la tierra, ya sea directamente a través del paciente o mediante una parte aplicable de tipo CF (Sonda en contacto con tejido corporal).

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
	BIOINSTRUMENTACIÓN
	BIOMEDICINA
	QUITO CAMPUS GIRON

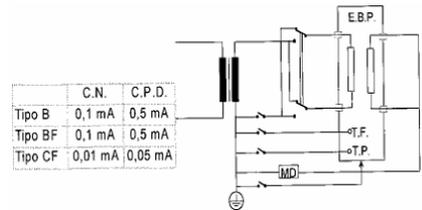


Figura 4: Corrientes de Fuga. Fuente: electrónica española (2015).

- Corriente Auxiliar del Paciente Esta corriente circula por el paciente durante el uso normal del equipo, entre elementos de la parte aplicable, sin la intención de inducir un efecto fisiológico.

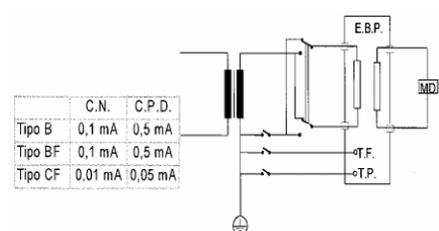


Figura 5: Corrientes de Fuga. Fuente: electrónica española (2015).

- Corriente de Fuga de la Envoltura: Describe la corriente que fluye desde la envoltura o alguna de sus partes hacia la tierra a través de una conexión conductora externa, diferente al conductor de protección a tierra.

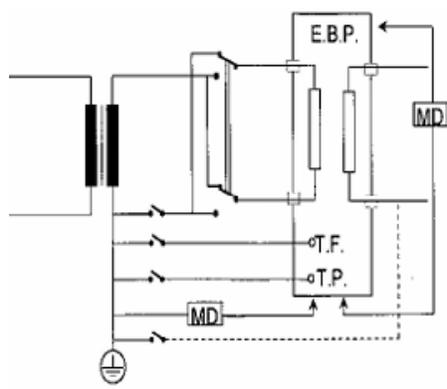


Figura 6: Corrientes de Fuga. Fuente: electrónica española (2015).

- Corriente de Fuga a Tierra: Representa la corriente que se desplaza desde la parte de la red de alimentación a lo largo o a través del aislamiento hacia el conductor de protección a tierra

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

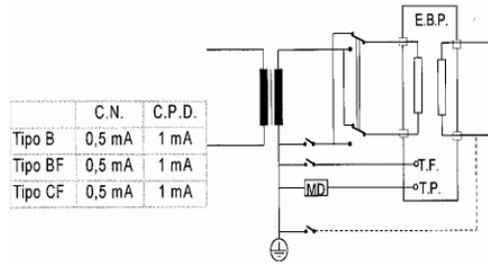


Figura 7: Corrientes de Fuga. Fuente: electrónica española (2015).

### 4.3. Efectos de Corrientes de Fuga

- a) Microdescarga: Pequeña corriente que, aplicada directamente o cerca del corazón, puede causar fibrilación ventricular, resultando en daño cerebral o incluso la muerte.

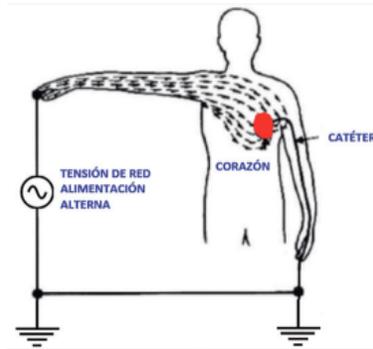


Figura 8: Corrientes de Fuga. Fuente: electrónica española (2015).

- b) Macrodescarga: Corrientes relativamente grandes que pueden ocurrir cuando el equipo no está conectado a tierra.

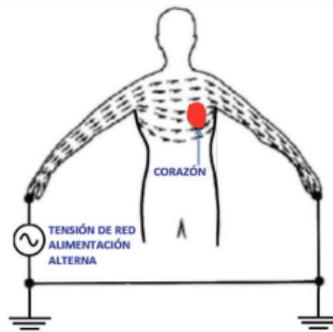


Figura 9: Corrientes de Fuga. Fuente: electrónica española (2015).

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

#### 4.4. Según el nivel de protección

- Equipo Tipo B: Estos dispositivos cuentan con alimentación interna y presentan un nivel adecuado de protección contra corrientes de fuga, además de ofrecer una conexión a tierra confiable y no contienen partes que tengan contacto con el paciente.
- Equipo Tipo BF: Poseen entradas o partes que tienen contacto con el paciente y están eléctricamente aisladas.
- Equipo Tipo CF: Este equipo brinda un nivel superior de protección contra descargas eléctricas en comparación con los equipos Tipo BF. Especialmente, se destaca por tener una corriente de fuga permisible más baja y contar con una parte aplicable de Tipo F. Este diseño proporciona una seguridad mejorada, especialmente en situaciones donde la protección contra descargas eléctricas es crucial.

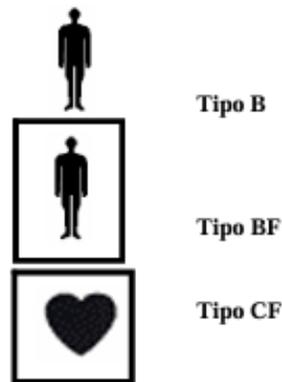


Figura 10: Símbolos que presentan de acuerdo al nivel de protección . Fuente: Llamosa R y Hernando (2006).

#### 4.5. Analizador de seguridad eléctrica

Analizador Fluke Biomedical ESA620

El analizador portátil y compacto es una herramienta biomédica especializada que ha sido diseñada para verificar la seguridad eléctrica de dispositivos médicos, su estructura incluye un conjunto completo de funciones que permiten llevar a cabo pruebas de conformidad con las normativas, este dispositivo realiza pruebas de acuerdo con las siguientes normas internacionales: IEC 60601-1, EN62353, AN/NZS 3551, IEC 61010, VDE 751. Además, cumple con las normativas nacionales, tales como ANSI/AAMI ES1 y NFPA 99. Estas normas son fundamentales para garantizar que los dispositivos médicos cumplan con los estándares de seguridad eléctrica establecidos, asegurando así la integridad y protección de los pacientes y el personal médico. electrónica española (2015)

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON



Figura 11: Analizador de seguridad Eléctrica.

### 1. Características

- Realiza pruebas de tensión (de alimentación) de la red principal.
- Realiza pruebas de resistencia de protección a tierra (o de conductor a tierra).
- Realiza pruebas de corriente del equipo.
- Realiza pruebas de resistencia de aislamiento.
- Realiza pruebas de fugas de la conexión a tierra.

### 2. Parámetros, Configuración y Pruebas de Seguridad Eléctrica

- Controles y conexiones del panel superior

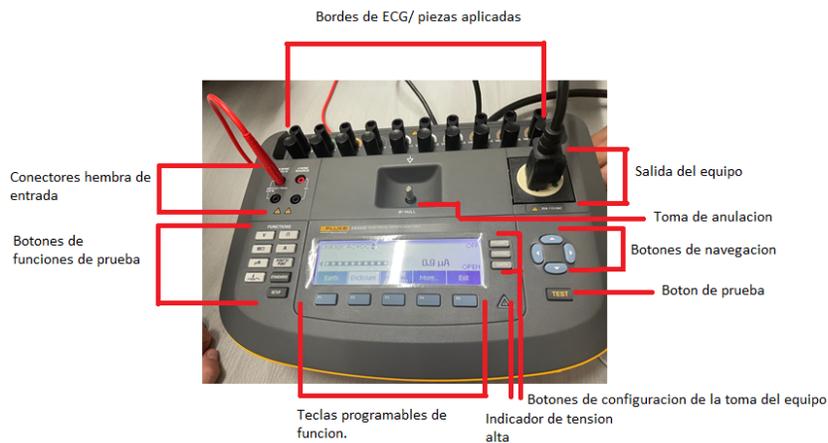


Figura 12: Analizador de seguridad Eléctrica .

- Conexiones del panel posterior

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON



Figura 13: Analizador de seguridad Eléctrica .

### 3. Funciones

- El analizador utiliza una serie de menús para acceder a diversas pruebas y variables de configuración del analizador, este indica diversas pruebas de corrientes de fugas a lo largo de la parte inferior de la pantalla, como también aparece una opción de salir (exit) que le permite salir de la pruebas de corrientes de fugas, la pulsación de una tecla programable F1 a F5 bajo una prueba específica hará que el analizador se prepare realice la prueba seleccionada.

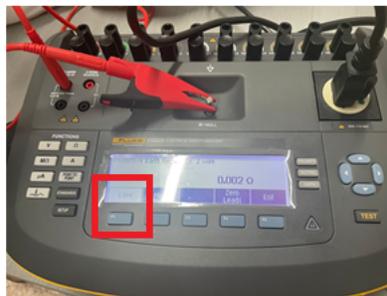


Figura 14: Analizador de seguridad Eléctrica

- Además de las teclas programables de función, las funciones de prueba del analizador pueden requerir la utilización de botones de navegación para seleccionar también otros parámetros

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON



Figura 15: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Los tres botones a lado derecho de la pantalla (Polarity, Neutral y Earth), se encarga de controlar el cableado del receptáculo de prueba del analizador para algunas pruebas eléctricas, el estado actual de estos tres botones se muestra a lo largo del borde derecho de la pantalla cada vez que estos controles estén activos.

#### 4. Configuración del analizador

El analizador, en su conjunto, se configura a través de una función que ajusta diversos parámetros distribuidos en seis categorías fundamentales: Instrumento, Sonido, Información del Instrumento, Calibración y Diagnóstico. En el contexto de las pruebas de seguridad eléctrica conforme a la norma IEC 60601, se llevan a cabo evaluaciones cruciales. La prueba de resistencia de aislamiento verifica la integridad del aislamiento entre las partes activas y el chasis, mientras que la prueba de rigidez dieléctrica somete al equipo a un voltaje de soporte dieléctrico para comprobar su capacidad de resistir choques eléctricos sin comprometer el aislamiento. La medición de la fuga de corrientes garantiza que las corrientes a tierra y otras partes no superen límites específicos. Las pruebas de protección contra descargas eléctricas se centran en verificar la presencia de sistemas adecuados para prevenir descargas, y las pruebas de conexión a tierra evalúan la efectividad de la conexión para disipar corriente de manera segura. Las pruebas de polaridad aseguran la correcta configuración del equipo, evitando inversiones que puedan afectar su funcionamiento seguro. Finalmente, las pruebas de sobretensión y sobrecorriente buscan garantizar que el equipo pueda manejar condiciones extremas sin riesgos para el paciente o el operador. Bazil y cols. (s.f.)

#### 4.6. Prevención de Seguridad eléctrica

Se pueden originar por fallas en el aislamiento, acoplamientos electromagnéticos, diferencia de potencial eléctrico elevado, fallas en el sistema eléctrico o en componentes electrónicos.

- Seguridad Incondicional: Elimina peligros mediante un diseño seguro, sin depender de advertencias.
- Seguridad Condicional: Minimiza peligros que no se pueden evitar por diseño mediante barreras u otras precauciones.
- Seguridad Descriptiva: Describe las condiciones de uso para mantener la seguridad, aplicable en productos destinados a personal calificado, la figura muestra según la norma IEC 60601-1 los valores establecidos por la norma sobre las corrientes máximas permitidas de fuga.

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

TIPO DE CORRIENTE DE FUGAS	TIPO B		TIPO BF		TIPO CF	
	CN	CPD	CN	CPD	CN	CPD
Fugas a Tierra (general)	0,5	1	0,5	1	0,5	1
Fugas hacia la envolvente	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5
Fugas a través del paciente (CC)	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05
Fugas a través del paciente (CA)	0,1	0,5	0,1	0,5	0,01	0,05
Fugas a través del paciente (Tipo F)	NA	NA	NA	5	NA	0,05
Fugas a través del paciente (red a puertos E/S)	NA	5	NA	NA	NA	NA
Corriente auxiliar a través del paciente (CC)	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05
Corriente auxiliar a través del paciente (CA)	0,1	0,5	0,1	0,5	0,01	0,05

Corrientes en mA      CN: Condiciones Normales      CPD: Condiciones de Primer Defecto

Figura 16: Corrientes de fuga y corrientes auxiliares permitidas . Fuente: electrónica española (2015).

## 5. MATERIALES

- Analizador Fluke Biomedical ESA620
- Monitor de signos vitales

## 6. PROCEDIMIENTO

### 6.1. Realizar la prueba con el monitor Contec modelo CMS9000 con el analizador de seguridad Fluke ESA 620

1. Verificar que el conector del monitor sea de grado médico.
2. Conectar el analizador al interruptor
3. Conectar el monitor a un receptáculo que trae el analizador en la parte superior y del mismo modo conectado los electrodos que van conectados al paciente en el analizador.



Figura 17: Analizador de seguridad Eléctrica.

4. Después de estar todo debidamente conectado se procede a encender el analizador y luego el equipo de prueba en este caso el monitor de signos vitales.
5. Encender el monitor como el analizador, esperar 10 minutos para que tenga una estabilización eléctrica.
6. Después de encender se procede a visualizar en el analizador (Select a test).
7. Posterior seleccionar el STANDARDS POR medio de las flechas seleccionar la normativa mencionada IEC 60601, ANSI/AAMI ES 60601-1.
8. Presionar F1
9. Conectar el cable de tensión para dos líneas equipotencial en el analizador.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON



Figura 18: Analizador de seguridad Eléctrica.

10. Presionar Ohmios para medir la resistencia.



Figura 19: Analizador de seguridad Eléctrica.

11. Presionar la F3 Zero(Leads) para para encerrar.

12. Posterior colocar la pinza en la parte posterior del monitor.



Figura 20: Analizador de seguridad Eléctrica.

## 7. ACTIVIDAD

### 7.1. Realizar las siguientes mediciones

1. Voltaje: presionar (V)

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON



Figura 21: Analizador de seguridad Eléctrica.

2. Voltaje entre neutro y tierra: presionar F2 (Neutral to Earth)



Figura 22: Analizador de seguridad Eléctrica.

3. Presionar F5 (exit) para salir

4. Ahora se verá la resistencia presionar ohmios, para equipos con cable externo se debe aceptar hasta 0.2.

linewidthlinewidth

Figura 23: Analizador de seguridad Eléctrica.

5. Presionar F5 (exit) para salir

6. Ahora se verá la medición de corrientes, presionar (A)



Figura 24: Analizador de seguridad Eléctrica.

7. Apagar el monitor y observar el cambio

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

8. Ahora verán la corriente de fuga, presionar  $\mu A$

- Earth: Corriente de tierra



Figura 25: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Presionar Polarity: Para invertir la polaridad con fase normal y neutro cerrado



Figura 26: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Posterior Presionar Neutro: Con fase normal y neutro abierto



Figura 27: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Presionar Enclosure: Corriente de la carcasa con fase invertida, con neutro y tierra cerrado.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON



Figura 28: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Posterior presionar Neutral con fase invertida, con neutro abierto y tierra cerrado.
- Posterior presionar Earth con fase invertida, con neutro abierto y tierra abierto.

9. Presionar Patient Auxiliary

- Presionar y seleccionar con la fecha hacia arriba hasta que este como se muestra en la figura y posterior F1 de select.

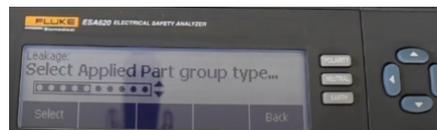


Figura 29: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Presionar la flecha hacia abajo

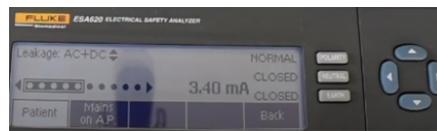


Figura 30: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Posterior valorar a medir cada electrodo presionando la flecha hacia la derecha
  - Electrodo 1

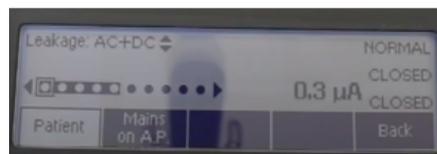


Figura 31: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Electrodo 2

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

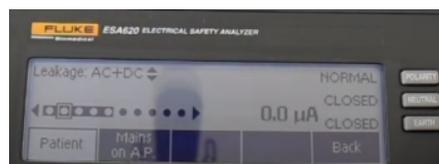


Figura 32: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Electrodo 3

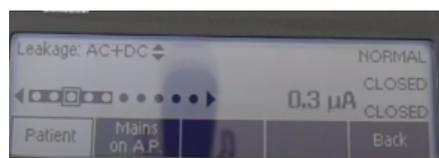


Figura 33: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Electrodo 4



Figura 34: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Electrodo 5

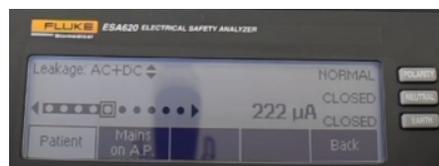


Figura 35: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Posterior presionar Neutral abierto

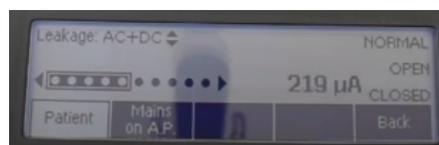


Figura 36: Analizador de seguridad Eléctrica.

- Posterior presionar Neutral abierto y tierra abierto

Elaborado por: Tnl- ga. Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON



Figura 37: Analizador de seguridad Eléctrica.

## 8. Registro de resultados

a) Ejercicio 1 Registrar los valores

Cuadro 1: Resultados

Tierra	Dut	Fase	Neutro	Tierra	AC+DC ( $\mu$ A)
	On	Normal	Cerrado	N.A	
	Off	Normal	Abierto	N.A	
	Off	Off			
	Off	Invertida	Abierto	N.A	
	Off	Invertida	Abierto	N.A	
Encapsulado	On	Invertida	Cerrado	Cerrado	
	On	Invertida	Cerrado	Abierto	
	Off	Invertida	Abierto	Abierto	
	Off	Invertida	Abierto	Cerrado	
	Off	Off		Abierto	
	Off	Off		Cerrado	
	Off	Normal	Abierto	Cerrado	
	Off	Normal	Cerrado	Cerrado	
	Off	Normal	Cerrado	Abierto	
	Off	Normal	Abierto	Abierto	
Auxiliar del paciente	Off	Normal	Abierto	Abierto	
	Off	Normal	Abierto	Abierto	
	Off	Normal	Abierto	Cerrado	
	On	Normal	Cerrado	Abierto	
	On	Normal	Abierto	Abierto	
	Off	Off	N.A	Abierto	
	Off	Off	N.A	Cerrado	
	Invertida	Cerrado	Cerrado		
	Invertida	Cerrado	Abierto		

b) Ejercicio 2 Registrar los valores con otro cable que no sea de grado médico puede ser de computador.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

Cuadro 2: Resultados

Tierra	Dut	Fase	Neutro	Tierra	AC+DC ( $\mu$ A)
	On	Normal	Cerrado	N.A	
	Off	Normal	Abierto	N.A	
	Off	Off			
	Off	Invertida	Abierto	N.A	
	Off	Invertida	Abierto	N.A	
Encapsulado	On	Invertida	Cerrado	Cerrado	
	On	Invertida	Cerrado	Abierto	
	Off	Invertida	Abierto	Abierto	
	Off	Invertida	Abierto	Cerrado	
	Off	Off		Abierto	
	Off	Off		Cerrado	
	Off	Normal	Abierto	Cerrado	
	Off	Normal	Cerrado	Cerrado	
	Off	Normal	Cerrado	Abierto	
	Off	Normal	Abierto	Abierto	
Auxiliar del paciente	Off	Normal	Abierto	Abierto	
	Off	Normal	Abierto	Abierto	
	Off	Normal	Abierto	Cerrado	
	On	Normal	Cerrado	Abierto	
	On	Normal	Abierto	Abierto	
	Off	Off	N.A	Abierto	
	Off	Off	N.A	Cerrado	
	Invertida Invertida	Cerrado Cerrado	Cerrado Abierto		

## 9. Desarrollo de preguntas

1. Cuáles son los indicadores que le permiten identificar que el conector cumple con los estándares de grado médico

## 10. Conclusiones

- El Fluke demuestra una capacidad significativa para realizar una variedad de pruebas de seguridad eléctrica, desde mediciones de resistencia hasta pruebas de fuga y polaridad.
- La precisión en las mediciones es crucial en pruebas de seguridad eléctrica, al ser un instrumento de alta calidad, proporciona mediciones confiables y precisas, garantizando así que los equipos y sistemas cumplan con las normativas y estándares aplicables.

## 11. Recomendaciones

- Aunque a primera vista parezca sencillo operar el analizador de seguridad Fluke ESA 620, es crucial contar con experiencia y conocimiento específico sobre el dispositivo para interpretar correctamente los datos que proporciona por parte del Docente.

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA <b>SALESIANA</b> ECUADOR	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DE PRACTICAS
LABORATORIO	BIOINSTRUMENTACIÓN
CARRERA	BIOMEDICINA
SEDE	QUITO CAMPUS GIRON

## Referencias

- Bazil, J., Kyle, A., Bhatia, S., Moerdyk, B., Talavage, T., Sieving, A., ... Rundell, A. (s.f.). *2006-1536: Bioinstrumentation instruction through hybrid wet/circuit laboratory activities bioinstrumentation instruction through hybrid wet/circuit laboratory activities.*
- Commission., I. E. (2017). *Medical electrical equipment.* IEC.
- electrónica española, R. (2015). El aislamiento eléctrico en los equipos electromédicos. *Revista Electrónica Española.* Descargado de <https://www.redeweb.com/>
- Llamosa R, L. G., Luis Enrique Meza Contreras, y Hernando, P. L. (2006). Fundamentos para el diseño de la prueba de seguridad eléctrica para equipo biomédico con base en la norma iec-60601-1. Descargado de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920491033.pdf>

Elaborado por: Tnl- ga.Alejandra Llore.	Revisado por:	Aprobado por: Ing. Fabian Narvaez Phd.
Fecha Elab: 12/ 12/ 2023	Fecha Rev:	Resolucion:

# Bibliografía

- [Aktamiş and Acar, 2010] Aktamiş, H. and Acar, E. (2010). The effect of "laboratory practices in science teaching course on development of prospective science teachers' self-regulation skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2:5549–5553.
- [Albertí, 2003] Albertí, E. B. (2003). *Señales y sistemas de tiempo discreto*. Edicions UPC.
- [Allende et al., 2007] Allende, R., Morales, D., Avendano, G., and Chabert, S. (2007). Biomedical engineering undergraduate education in latin america. *Journal of Physics: Conference Series*, 90.
- [American, 2021] American, H. (2021). Estilo de vida + reducción de factores de riesgos.
- [Andrew, 2013] Andrew, H. (2013). Instrumentation to facilitate learning in a first bio-potentials course.
- [Andritoi et al., 2019] Andritoi, D., Luca, C., and Fuior, R. (2019). Modern teaching methods used in the study of sensors and transducers in the biomedical field. pages 261–266. National Defence University - Carol I Printing House.
- [Arévalo, 2023] Arévalo, F. (2023). Análisis del electromiograma. Accedido en 2023. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos82/analisis-electromiograma/analisis-electromiograma2>.
- [Asgill, 2009] Asgill, A. (2009). Developing biomedical instrumentation laboratory exercises for engineering technology. (10.18260/1-2-5723). <https://peer.asee.org/5723>.
- [Azpiroz et al., 2015] Azpiroz, J., Licona, F. M., Medal, E. G. U., Cadena, M., and Sacristan, E. (2015). *Critical Assessment and Outlook for the 50 Biomedical Engineering Undergraduate Programs in Mexico*.
- [Bazil et al., 2006] Bazil, J., Kyle, A., Bhatia, S., Moerdyk, B., Talavage, T., Sieving, A., Brightman, A., Graber, G., and Rundell, A. (2006). Bioinstrumentation instruction through hybrid wet/circuit laboratory activities bioinstrumentation instruction through hybrid wet/circuit laboratory activities.

- [Bhattacharya et al., 2012] Bhattacharya, A., Mandal, N., Basu, D., Goswami, B., and Ghosh, R. (2012). Sixth international conference on sensing technology (icst): Took place 18-21 december 2012 in kolkata india. IEEE. March 8, 2024.
- [Cajas et al., ] Cajas, C. C., Cruz, J. D. L., Naranjo, A. M., and Panchi, M. P. Módulo: Osciloscopio, generador de señales y analizador de espectro de frecuencia con tecnología de bajo costo.
- [Candelas Valiente et al., 2018] Candelas Valiente, P., Rubio Michavila, C., Cerdá Boluda, J., Hernández Fenollosa, M. d. l. Á., and Giménez Valentín, M. H. (2018). Osciloscopio.
- [Castells, 2020] Castells, L. (2020). *Uso y funcionamiento de los generadores de señales*. Editorial Académica Española.
- [Castillo and Delgado, 2020] Castillo, R. and Delgado, J. A. (2020). Evaluation of electrical safety parameters in biomedical and instrumentation equipment under uncontrolled environmental laboratory conditions. *Informacion Tecnologica*, 31:261–272.
- [Crisp et al., 2016] Crisp, K., Lin, H., and Prosper, I. (2016). Article breadboard amplifier: Building and using simple electrophysiology equipment.
- [Cuervo Ramírez and Salazar Gómez, 2013] Cuervo Ramírez, D. K. and Salazar Gómez, A. J. (2013). Protocolo de pruebas eléctricas para equipos médicos por medio de análisis de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética. Tema: Protocolo de pruebas de seguridad eléctrica para equipos electromédicos: caso de estudio de equipos de telemedicina.
- [Espinosa, ] Espinosa, G. Diseño y construcción de una smart tv usando raspberry pi como sistema embebido para que funcione con una tv convencional. Disponible en: [https://oa.upm.es/53343/1/TFG\\_GUILLERMO\\_CID\\_ESPINOSA.pdf](https://oa.upm.es/53343/1/TFG_GUILLERMO_CID_ESPINOSA.pdf).
- [Fernández, ] Fernández, M. C. *Manual Básico de Matlab*. Accedido en 2023.
- [García, 2019] García, P. A. (2019). Sistemas embebidos de tiempo real con aplicaciones en bioingeniería.
- [Garza, ] Garza, A. L. Biopotenciales tic's. Disponible en: <https://docplayer.es/41795526-Biopotenciales-tic-s-ana-laura-garza-lerma-arely-vazquez-ibarra-rubi-guzman-dionisio.html>.
- [Griffin, 2003] Griffin, J. D. (2003). Technology in the teaching of neuroscience: Enhanced student learning. *American Journal of Physiology - Advances in Physiology Education*, 27:146–155.
- [Guamán and Díaz, 2019] Guamán, J. F. C. and Díaz, L. E. P. (2019). Diseño y construcción de una smart tv usando raspberry pi como sistema embebido para

- que funcione con una tv convencional. Tesis de diseño y construcción de una Smart TV usando Raspberry Pi como sistema embebido para que funcione con una TV convencional. Tutor: Manuel Rafael Jaya Duche.
- [Hemalatha et al., 2019] Hemalatha, R. C., Thamizhvani, T. R., Dhivya, A. J. A., Sangeethapriya, K., Keerthana, A., and Srividhya, G. (2019). *Biomedical instrument and automation: Automatic instrumentation in biomedical engineering*, pages 69–101. Elsevier.
- [Inamdar A et al., 2009] Inamdar A, S. N., Bhat, M. A., and Haram, S. K. (2009). Title of the work. Disponible en: [https://scholarworks.gvsu.edu/chm\\_articles/45/](https://scholarworks.gvsu.edu/chm_articles/45/).
- [Iworx, ] Iworx. iworx physiology lab experiment the electrocardiogram and peripheral circulation experiment hh-1: The electrocardiogram and peripheral circulation background.
- [Javaid et al., 2023] Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., and Suman, R. (2023). Sustaining the healthcare systems through the conceptual of biomedical engineering: A study with recent and future potentials. *Biomedical Technology*, 1:39–47.
- [Luna, 2015] Luna, F. D. (2015). El aislamiento eléctrico en los equipos electromédicos. *Revista Electrónica Española*.
- [Martínez-Artero and Rubio, 2023] Martínez-Artero, M. R. N. and Rubio, J. A. R. (2023). Una intervención de sentido espacial con tinkercad en futuros maestros. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 23(76).
- [Moczydlowski, 2017] Moczydlowski, E. G. (2017). Excitabilidad eléctrica y potenciales de acción. *Fisiología médica*, page 172.
- [Ochoa et al., ] Ochoa, A., Hernández, G., A, R. F., and Rincón, B. Sistema simulador ecg para el estudio de señales cardiacas.
- [Ochoa, ] Ochoa, L. M. *Como entender un electrocardiograma*.
- [Osorio, 2007] Osorio, L. A. (2007). Acondicionamiento de señales bioeléctricas.
- [Parastoo Dehkordi and Tavakolian, 2019] Parastoo Dehkordi, Farzad Khosrow-Khavar, M. D. R. O. T. I. S. E. S. A. P. B. K. S. J. J. S. V. Z. P. L. M. M. H. S. M. B. J. M. Z. nd Tavakolian, K. (2019). Comparison of different methods for estimating cardiac timings: A comprehensive multimodal echocardiography investigation. *Frontiers in Physiology*, 10.
- [Pérez-Saavedra et al., 2015] Pérez-Saavedra, J. d. J., Rincón-Arce, S., and Cisneros-Valladares, M. Á. (2015). Multímetro como sistema de medición alternativo en las valoraciones potenciométricas. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(3):25–44.
- [Píriz Giménez et al., 2021] Píriz Giménez, N. et al. (2021). ¿ es posible una enseñanza contextualizada del potencial de acción, sin ahondar en sus bases moleculares? *BioGrafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*.

- [Ponmozhi et al., 2012] Ponmozhi, J., Frias, C., Marques, T., and Frazão, O. (2012). Smart sensors/actuators for biomedical applications: Review.
- [Rossano, 2013] Rossano, V. (2013). *Proteus VSM*. Usershop.
- [Sahin et al., ] Sahin, M., Fidel, H., and Perez-Castillejos, R. *Instrumentation Handbook for Biomedical Engineers*.
- [Self and Waugaman, 2005] Self, B. P. and Waugaman, W. A. (2005). A new biomedical engineering course based on aerospace applications.
- [Simic torres, 2020] Simic torres, Victor Matic, T. (2020). Instrumentation amplifiers for the measurement of biosignals bachelor's degree final project.
- [Simonson et al., 2013] Simonson, T., Gaillard, T., Mignon, D., Schmidt am Busch, M., Lopes, A., Amara, N., Polydorides, S., Sedano, A., Druart, K., and Archontis, G. (2013). Computational protein design: the proteus software and selected applications. *Journal of computational chemistry*, 34(28):2472–2484.
- [Vives, ] Vives, L. A. Bioelectromagnetismo e instrumentación biomédica. Disponible en: <http://trovare.websterspitalitaliano.org.ar/>.
- [Webb, 2018] Webb, A. G. (2018). *Principles of Biomedical Instrumentation*. Cambridge Texts in Biomedical Engineering. Cambridge University Press.
- [Webster, ] Webster, J. G. *Medical Instrumentation: Application and Design*. Disponible en: <http://fa.bme.sut.ac.ir/Downloads/AcademicStaff/3/Courses/4/Medical%20instrumentation%20application%20and%20design%204th.pdf>.
- [Weiss et al., 2023] Weiss, L. D., Weiss, J. M., and Silver, J. K. (2023). *Emg Básica: Guía Para Estudios de Conducción Nerviosa Y Electromiografía*. Elsevier Health Sciences.
- [Whitmer, 2021] Whitmer, K. (2021). *A Mixed Course-Based Research Approach to Human Physiology*. Iowa State University Digital Press.