

Práctica 4 - Adquisición de Bioseñales ECG y EMG.

Diego Florez , Daniel Felipe Soto Duque

1. Realice un esquema donde se describan y expliquen las diferentes etapas del registro de biopotenciales, desde la generación de los potenciales de acción hasta su adquisición por el equipo. Adicionalmente, describa a grandes rasgos los componentes de un equipo de adquisición.

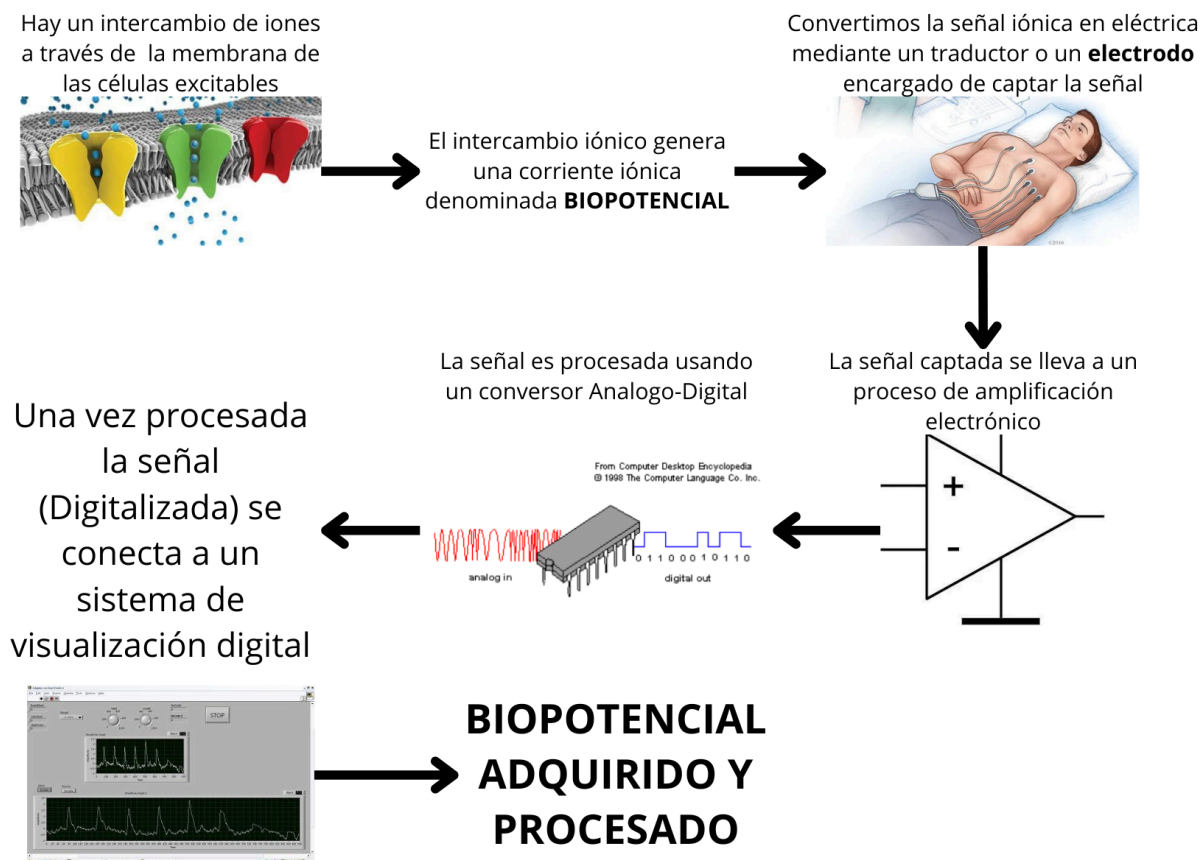


Figura 1. Esquema representativo para la etapa de registro y adquisición de biopotenciales

El tejido nervioso, muscular y glandular contiene células excitables que generan actividad electroquímica. Este fenómeno se produce mediante el intercambio de iones (potasio y sodio, K y Na) a través de la membrana celular, conocido como potencial de acción. Estos potenciales se suman para formar los biopotenciales, que son señales eléctricas generadas por las células para llevar a cabo procesos biológicos. Para medir y analizar estos potenciales, se utilizan electrodos que convierten la corriente iónica en corriente eléctrica.

Los biopotenciales deben cumplir ciertos requisitos para ser útiles, como una alta impedancia de entrada

(mínimo 10 MΩ), protección del organismo, filtro de offset DC diferencial además de ganancias y filtros configurables para satisfacer las necesidades de diversas aplicaciones y biopotenciales. Después de la amplificación de la señal, esta se procesa digitalmente utilizando un convertidor analógico-digital confiable, preciso e “inmune” al ruido, que generalmente es de bajo costo y no requiere calibración. Finalmente, la señal procesada se conecta al sistema de visualización digital.

Un equipo de adquisición puede constar de los siguientes componentes:

- **Electrodos:** Actúan como transductores que convierten la corriente iónica en corriente eléctrica, colocados en la piel para capturar las señales eléctricas del cuerpo humano [1].
- **Amplificador de señal:** Amplifica la señal eléctrica capturada por los electrodos y puede eliminar el ruido e interferencias para mejorar la calidad de la señal [1].
- **Sistema de adquisición de datos:** Convierte la señal eléctrica amplificada en una señal digital procesable por una computadora o dispositivo móvil, también puede almacenar la señal para análisis posterior.
- **Software de procesamiento de señales:** Utilizado para analizar y procesar las señales eléctricas capturadas, realizando funciones como filtrado, detección de eventos y análisis de frecuencia.
- **Equipo de visualización:** Dispositivo para visualizar las señales eléctricas capturadas en tiempo real.

2. **Presente una tabla con las principales fuentes de ruido en el registro de biopotenciales. Determine ¿Cuáles de estas fuentes de ruido son estáticas o variantes en el tiempo? Indique qué estrategias se utilizan para controlar o eliminar dicha fuente de ruido.**

Fuentes de ruido	Tipo de ruido	Estrategias de eliminación y control del ruido presente
Red de distribución de energía.	Invariante en el tiempo	Agregar un filtro Notch (Rechaza banda) a 60 Hz en la cadena de amplificación
Interferencias capacitivas (Acoplamiento capacitivo de la red de cables de medida a electrodos)	Invariante en el tiempo	Hacer uso de cables blindados, siempre teniendo en cuenta que se debe de tener cuidado de conectar a la entrada modo común del amplificador la pantalla del cable, esto es importante ya que de lo contrario aparecerán capacidades parásitas mayores a las que se desean eliminar

		entre la pantalla y el cable.
Interferencias capacitivas (Acoplamiento capacitivo de la red del paciente)	Invariante en el tiempo	Atenuando en el circuito amplificador la señal de modo común que produce con el acople capacitivo de la red al paciente, diseñando un amplificador que posea una baja ganancia a señales en modo común en comparación con la ganancia de las señales diferenciales
Interferencias de campos magnéticos o interferencia inductiva	Invariante en el tiempo	Trenzar los cables que van desde el equipo hasta el paciente, lo que causa que se disminuye el área de flujo del campo magnético causando así una disminución de la corriente inducida
Potencial de contacto : Cuando aparece una diferencia de potencial entre los electrodos y el paciente, este potencial variará si se mueve el electrodo	Variante en el tiempo	Mantener el estado de los electrodos lo más limpio posible y hacer uso de una sustancia conductora para que se reduzca la resistencia eléctrica entre la piel y el electrodo
Potencial Bioeléctrico: Consecuencia del movimiento del paciente generado interferencias	Variante en el tiempo	Para estas cuatro problemáticas basta con hacer una selección de componentes de calidad para el circuito, además de crear un buen diseño que logre disminuir en gran parte los efectos no deseados
Acoplamiento capacitivo interno entre diferentes componentes		
Ruido de componentes: Ruido térmico introducido por las resistencias del circuito e incluso ruido de componentes propios		
Ruido de cuantización: En caso de procesamiento digital de la señal, el cuantizador introduce un error al transformar la señal analógica a una muestra digital		

Tabla 1: Fuentes de ruido [2][3]

3. Describa ¿Cuál es la problemática asociada al acoplamiento piel-electrodo? ¿Cuáles estrategias se utilizan para mejorarla? Además, responda ¿Por qué el acoplamiento piel-electrodo constituye la etapa más crítica en el registro de señales de superficie (sEMG, EEG, ECG)?

En los procesos de medición de señales bioeléctricas, el ruido y las interferencias externas son problemas comunes que afectan la señal. Uno de los principales causantes de ruido es el acoplamiento entre el electrodo y la piel, debido a los potenciales electroquímicos generados por la interfaz entre la piel, el electrolito y el electrodo. El movimiento del paciente también puede afectar el acoplamiento y provocar ruido en la señal, pero se puede minimizar limpiando la piel y usando electrodos adhesivos. [4]

Las tensiones de offset del electrodo se producen en la interfaz electrodo-piel son otro problema, ya que pueden llegar a ser muy altas y afectar la señal de interés, ocasionando una saturación del mismo o limitarían en gran medida su ganancia [5]. Para resolver esto, se deben mantener los electrodos limpios y utilizar una sustancia conductora para reducir la resistencia eléctrica entre la piel y el electrodo.[3] Las señales de interferencia que se producen en el acoplamiento piel-electrodo superan en frecuencia y amplitud a las señales bioeléctricas ECG, EEG y EMG, ya que cuentan con un rango de frecuencias que puede ir de 100 a 10 KHz, y una más alta amplitud, pero se pueden reducir mediante filtros. Con un filtrado por encima de 20Hz pueden reducirse los potenciales eléctricos de la piel y las señales relacionadas con los movimientos del paciente [6].

La alta impedancia en la interfaz electrodo-electrolito-piel también puede provocar distorsión en la señal. Para resolver esto, se utilizan amplificadores de alta impedancia y gel conductor para reducir la impedancia de la interfaz. Sin embargo, pelar la piel puede mejorar la impedancia de contacto, pero puede generar irritación, infecciones y dolor.[6][7]

Finalmente el acoplamiento piel-electrodo es la etapa más crítica en el registro de señales de superficie, ya que las fuentes de interferencia pueden alterar la información que se quiere registrar, que luego puede generar un análisis erróneo en sus diferentes aplicaciones, ya que la señal se verá modificada por las diferencias de potencial que se presentan en el acoplamiento piel-electrodo. Por lo tanto, es importante eliminar la impedancia asociada a la piel y aplicar una etapa de filtrado para desprestigiar las frecuencias asociadas a las señales de interferencia en la interfaz

4. Consulte tres aplicaciones clínicas del uso de ECG y EMG (seis aplicaciones en total, tres por cada tipo de señal), el tipo de registro y procesamiento que se utiliza en cada una de ellas.

La electrocardiografía (ECG) es una herramienta valiosa para el diagnóstico, evaluación, seguimiento y pronóstico de pacientes con afecciones cardíacas, ya que registra de manera gráfica la actividad eléctrica del corazón en relación con el tiempo [8]. Algunas aplicaciones son:

- **Cardiopatía isquémica:** Es una enfermedad que causa obstrucción y endurecimiento de las arterias del corazón. Cuando se realiza un electrocardiograma en pacientes con esta enfermedad, la señal registrada en el ECG muestra una alteración debido a que las células del corazón afectadas no conducen la electricidad correctamente. Esto se refleja en la repolarización del corazón, que ocasiona un descenso en el segmento ST y una negativización de la onda T. Para realizar correctamente el electrocardiograma, se deben conectar electrodos al paciente, los cuales pueden ser de pinzas o desechables, y se debe desinfectar la zona donde se colocarán los electrodos y añadir gel conductor para minimizar el ruido en la señal [9].
 - **Tipo de registro:** Se realiza un ECG de 12 derivaciones, tanto en reposo como durante pruebas de esfuerzo, para evaluar la función cardíaca y la presencia de isquemia miocárdica. Los cambios en el ECG pueden observarse en el segmento ST y la onda T, que son sensibles a la falta de oxígeno en el músculo cardíaco. Además, en casos de sospecha de isquemia silenciosa, pueden utilizarse monitores Holter para un registro continuo durante 24 a 48 horas [9].
 - **Procesamiento:** El procesamiento se centra en la identificación de cambios en el segmento ST y la onda T durante el reposo o el ejercicio, que pueden indicar isquemia miocárdica. Se analizan variaciones en la morfología y duración de las ondas y segmentos para determinar si existen anomalías compatibles con cardiopatía isquémica, como elevación o depresión del segmento ST. También se observa la variabilidad de la frecuencia cardíaca, que puede estar alterada en casos de isquemia [9].

- **Fisiología del ejercicio:** Observar cómo se comporta el corazón de un deportista o de un paciente sometido a esfuerzo físico es importante para monitorear su evolución. Durante el ejercicio, el cuerpo necesita más oxígeno y nutrientes, lo que produce cambios en la presión arterial, el gasto cardíaco y la vasodilatación. Para obtener un electrocardiograma, se utiliza un dispositivo portátil y electrodos especiales que capturan la actividad eléctrica del corazón. Es importante realizar mediciones antes y después del ejercicio para evaluar cualquier cambio en las características del ECG [10].
 - **Tipo de registro:** El ECG se registra durante la realización de pruebas de esfuerzo o pruebas de tolerancia al ejercicio en un entorno controlado, como en una cinta de correr o bicicleta estática. Se utilizan típicamente registros de 12 derivaciones para monitorear el ritmo cardíaco y la función cardíaca durante el ejercicio [10].
 - **Procesamiento:** Se analiza la respuesta cardíaca al ejercicio, incluyendo la variabilidad de la frecuencia cardíaca, cambios en la morfología de las ondas, y la recuperación de la frecuencia cardíaca después del ejercicio. Se buscan anomalías como arritmias inducidas por el ejercicio, así como cambios en el segmento ST que puedan indicar isquemia durante el esfuerzo. También se evalúa la capacidad del corazón para adaptarse a diferentes niveles de actividad física [10].

- **Fármacos:** Los fármacos que toma una persona pueden afectar su ECG, lo que permite a los médicos determinar la dosis adecuada o cuándo es necesario dejar de administrar el medicamento para prevenir arritmias. Para evaluar la actividad del corazón, se utiliza un electrocardiógrafo no invasivo y electrodos superficiales, ya sean desechables o de pinzas. El ensanchamiento del QRS y la prolongación de los intervalos PR y QT son algunas de las variaciones que pueden ser observadas en el ECG después de la administración de un fármaco [11].
 - **Tipo de registro:** El ECG puede utilizarse para monitorear los efectos de ciertos fármacos que pueden influir en el ritmo y la función cardíaca, como los antiarrítmicos y algunos medicamentos antipsicóticos. Se pueden realizar registros de 12 derivaciones en reposo o durante el uso de monitores Holter para un seguimiento continuo.
 - **Procesamiento:** El procesamiento se centra en detectar posibles efectos adversos de los fármacos, como la prolongación del intervalo QT, que puede aumentar el riesgo de arritmias peligrosas como la torsade de pointes. Se buscan cambios en la morfología de las ondas y segmentos (especialmente el intervalo QT) antes y después del inicio de la medicación para determinar si el fármaco está afectando la función cardíaca. La detección temprana de efectos adversos permite ajustar las dosis o cambiar la medicación según sea necesario.

En términos generales, el análisis de la señal captada por los electrodos en un ECG es necesario procesarla en dos etapas: la primera para mejorar su calidad y la segunda para detectar los diferentes complejos y ondas que conforman la señal, como el complejo QRS, la onda P y la onda T. Para mejorar la señal se utiliza un amplificador de instrumentación, y para la detección de los complejos se promedian temporalmente para mejorar la relación señal a ruido y se eliminan los complejos prematuros o ruidosos. Finalmente, la señal es procesada con un filtro digital pasa banda para dejar pasar solo las componentes de frecuencia de interés y así obtener la señal final [12].

Por otro lado, la electromiografía (EMG) es una técnica de diagnóstico médico que se utiliza para estudiar la actividad eléctrica de los músculos. Permite registrar la actividad muscular a través de la colocación de electrodos en la piel o por medio de electrodos de aguja que se insertan en el músculo. Algunas aplicaciones son:

- **Deporte:** La electromiografía se usa para medir la variación del impulso eléctrico durante un ejercicio específico y compararlo con el gesto motor, lo que ayuda a determinar si el estímulo sigue siendo adecuado o si necesita ajustes. Esto da al entrenador una base científica para ajustar la intensidad de los estímulos según sea necesario. Se utiliza la electromiografía de superficie, una técnica no invasiva que usa electrodos adheridos a la piel en el músculo que se va a estudiar [13].

- **Tipo de registro:** El EMG de superficie es el tipo más común de registro en aplicaciones deportivas, ya que es no invasivo y permite registrar la actividad muscular durante movimientos específicos y tareas deportivas. Los sensores de superficie se colocan en los músculos de interés para medir la actividad eléctrica durante el ejercicio, el entrenamiento o la competición [13].
 - **Procesamiento:** El procesamiento se centra en evaluar la activación muscular y la sincronización de los músculos durante las tareas deportivas. Se analiza la amplitud, frecuencia y secuencia de activación de los músculos durante diferentes movimientos para determinar la eficiencia muscular y la coordinación. Los datos se pueden utilizar para optimizar las técnicas deportivas, identificar desequilibrios musculares y prevenir lesiones [13].
- **Fuente de información para el control de Prótesis:** La electromiografía es una herramienta valiosa para obtener datos sobre el rendimiento muscular de un individuo que necesita una prótesis, lo que permite determinar la ejecución y el movimiento adecuados de la misma. Para este propósito, se utiliza la electromiografía de superficie, que es una técnica no invasiva que recopila las señales a través de electrodos bipolares que se colocan en la piel del paciente [16].
 - **Tipo de registro:** El EMG de superficie se utiliza para registrar la actividad eléctrica de los músculos residuales en individuos con amputaciones. Los sensores se colocan en los músculos relevantes cercanos al sitio de la amputación para medir la actividad durante las contracciones musculares [16].
 - **Procesamiento:** Los datos EMG se procesan utilizando técnicas de reconocimiento de patrones o machine learning para identificar la intención de movimiento del usuario. El procesamiento incluye la identificación de patrones de activación específicos que se correlacionan con los movimientos deseados. Los datos procesados se utilizan como señales de control para mover las prótesis, permitiendo al usuario manipular los dispositivos de manera más natural y precisa [16].
- **Diagnóstico de las enfermedades neuromusculares:** En condiciones normales, la actividad eléctrica de las fibras musculares tiene ciertas dimensiones estándar en cuanto a amplitud y duración, 0,5 mV y 8 - 14 ms respectivamente. Sin embargo, en caso de enfermedades neurológicas o musculares, estas dimensiones pueden verse alteradas. Para estudiar estas alteraciones se utiliza la técnica invasiva de electromiografía de aguja, que consiste en la inserción de electrodos de aguja en el músculo para captar la actividad de las fibras musculares presentes en una pequeña zona alrededor de la punta de los electrodos.
 - **Tipo de registro:** El EMG de aguja es el tipo de registro más común para el diagnóstico de enfermedades neuromusculares, ya que permite una evaluación detallada de la

actividad eléctrica dentro del músculo. El EMG de superficie también se puede usar para evaluar la función muscular general y los potenciales de acción en ciertos casos [17].

- **Procesamiento:** El procesamiento se centra en la evaluación de los potenciales de acción muscular, incluyendo su amplitud, duración, frecuencia y patrón. Se buscan características anormales, como fibrilaciones, fasciculaciones, potenciales miopáticos o neurogénicos, que pueden indicar la presencia de enfermedades neuromusculares. El procesamiento puede incluir también la comparación con valores normales para identificar desviaciones que sugieran la existencia de trastornos como la distrofia muscular, miastenia gravis, esclerosis lateral amiotrófica, entre otros [17].

En términos generales, para la electromiografía de superficie se necesita el siguiente procesamiento:

- **Amplificación:** La amplitud normal de las señales EMGS es de 06 mV por lo que es necesario pasarlas por un amplificador diferencial de alta ganancia (unas 5000 veces), tratando de evitar distorsiones de la información contenida en la señal.
- **Eliminación de ruido:** Es necesario eliminar las componentes de ruido de alta frecuencia y las provenientes de fuentes del entorno, como la ocasionada por la red de distribución eléctrica de 60 Hz [14].

De igual manera para la técnica invasiva es necesario realizar un procesamiento básico de la señal, el cual consta de amplificar la señal y eliminar el ruido, como se mencionó anteriormente. Posteriormente se debe de realizar un filtrado, el cual tiene como función eliminar frecuencias superiores o inferiores a las propias de la señal fisiológica a estudiar, por ejemplo frecuencias inferiores a 2-5 Hz que corresponde a cambios lentos por el movimiento de la aguja, las superiores a 10 KHz debido a oscilaciones de origen técnico y la causada por la red eléctrica que corresponde a la frecuencia de 60 Hz [15].

5. Presente la realización de las tareas descritas en la Aplicación y adjunte los archivos de código Arduino y Python implementados; además adjunte un ejemplo de cada una de las señales registradas.

A continuación, se presentan en el informe las señales de ECG y EMG obtenidas. El procedimiento se llevó a cabo de manera sencilla, consistiendo en la carga del archivo en Python. Luego, se procedió a la representación gráfica de ambas señales, asegurándose de seleccionar ventanas apropiadas que permitieran la observación detallada de los ciclos cardíacos en el caso del ECG, así como una óptima visualización de la electromiografía del antebrazo en el caso de la EMG.

En el proceso de adquisición de la señal EMG, se inició por la preparación de la zona de colocación para los electrodos, la cual se limpió con alcohol para luego proceder a la ubicación de tres electrodos en el Bicep. El primer electrodo se situó en la clavícula (Tierra), el segundo se posicionó cerca de la articulación del codo, y el tercer electrodo se ubicó por encima del segundo, como se observa en la

Figura 2. La señal EMG fue registrada durante la ejecución de 4 repeticiones donde el paciente tenía un rango de movimiento de entre 45° grados a 180° con un intervalo de relajación de 3 segundos entre cada repetición, en la señal obtenida cada pico corresponde a una flexión y al incremento de fuerza traducido a voltaje presente en las unidades motoras.

En lo que respecta a la señal ECG, se llevó a cabo un proceso de preparación que incluyó la limpieza de la zona donde se ubican los electrodos con alcohol. Luego, se procedió a colocar dos electrodos debajo de la zona clavicular, uno en el lado derecho y otro en el lado izquierdo, identificando la posición mediante la sensación del músculo correspondiente. En este proceso, se prestó una atención meticulosa a la polaridad de los electrodos, asegurando su ubicación precisa en consonancia con las letras "L" para el lado izquierdo y "R" para el lado derecho. Asimismo, se situó el electrodo de referencia de color negro (tierra) en proximidad a la cresta iliaca, ubicado diagonalmente justo como se ve en la figura 3.

Una vez que los electrodos se encontraban correctamente posicionados, se procedió a la adquisición de las señales. Para la obtención de las señales EMG se realizaron movimientos de flexión y extensión del brazo. El número de datos a adquirir de la señal ECG fueron 200 y para la señal EMG fueron 3000, debido a que los picos de voltaje de las señales ECG se repiten en un periodo de tiempo más corto que las señales EMG, es decir con una frecuencia mayor debido a que se generan por los latidos del corazón.

Es por esto que, se necesita una mayor cantidad de datos para obtener una buena apreciación de la señal EMG, debido a que los movimientos musculares voluntarios pueden durar más tiempo que los latidos cardíacos, especialmente si se trata de contracciones sostenidas o movimientos repetitivos. Esto significa que se necesita capturar un período de tiempo más largo para obtener una imagen completa de la actividad muscular. La señal EMG puede variar considerablemente en amplitud y forma, ya que refleja la actividad de múltiples unidades motoras y depende del tipo de contracción, la fuerza aplicada y otros factores. Capturar más datos ayuda a tener una mejor comprensión de esta variabilidad. Se obtuvieron las señales representadas en la Figura 3 y 5 para EMG y ECG respectivamente, en donde la amplitud de la señal representa en voltaje la fuerza de las unidades musculares.

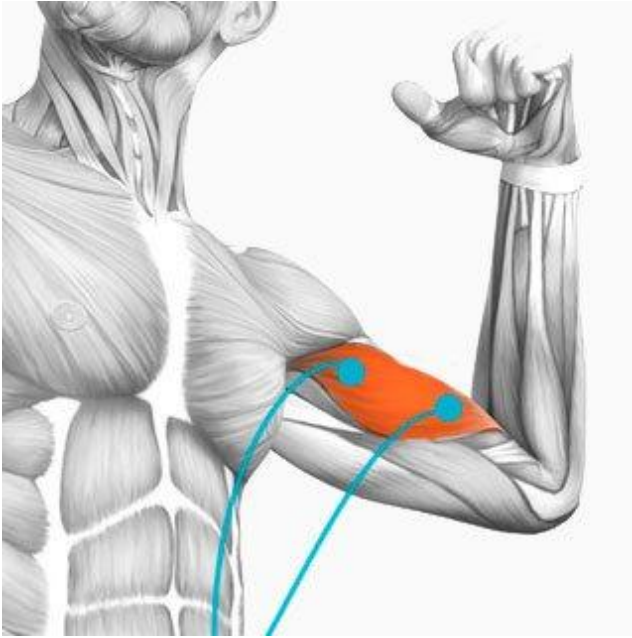


Figura 2. Distribución de los electrodos para la extracción de la señal EMG

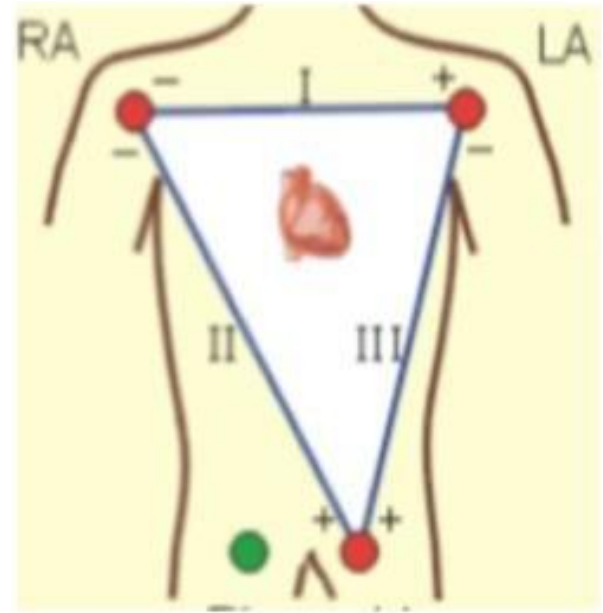


Figura 4. Distribución de los electrodos para la toma del ECG

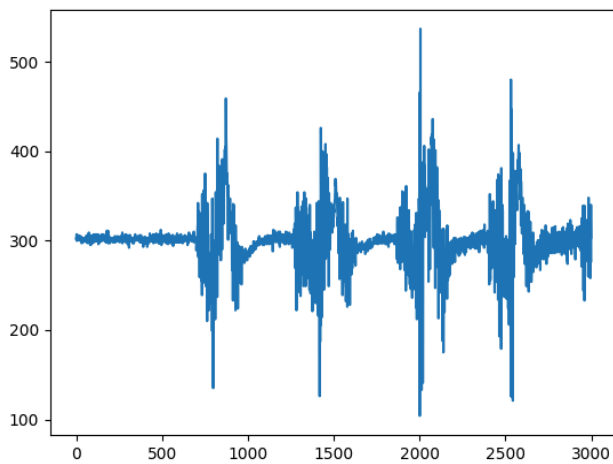


Figura 3. Señal EMG obtenida.

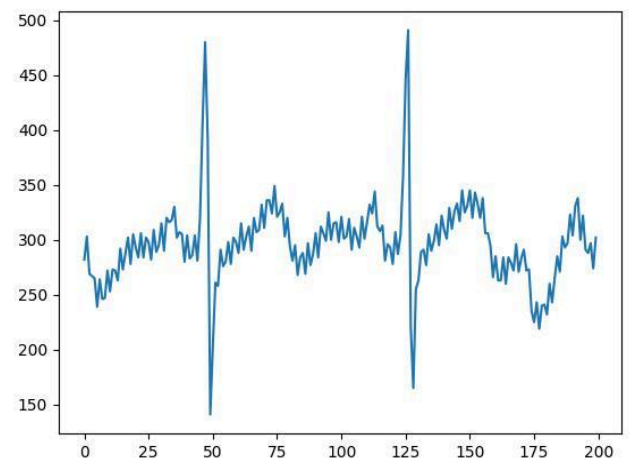


Figura 5. Señal ECG Obtenida.

6. Adjunte al menos tres conclusiones, y referencias bibliográficas apropiadas y suficientes (evitar el uso de páginas web y preferir el uso de artículos académicos)

- Es de suma importancia que se tomen en cuenta las potenciales fuentes de interferencia al registrar señales biológicas, dado que estas pueden dar lugar a errores y a la aparición de datos

inesperados en la señal. Para mitigar dicha interferencia, resulta esencial garantizar un adecuado contacto del electrodo con la piel, y, en situaciones donde se requiera, se debe procurar que el paciente mantenga la menor movilidad posible durante el proceso de registro

- Es fundamental comprender el tipo de interferencia presente en la señal con la que se está trabajando, de modo que sea posible aplicar la técnica idónea para su eliminación sin que ello repercuta negativamente en otros parámetros de la señal. Esto asegura que la señal procesada sea representativa de los procesos biológicos subyacentes y pueda ser utilizada de forma confiable para diagnóstico, investigación y otras aplicaciones clínicas.
- En la práctica se empleó un diseño sencillo pero eficaz para capturar datos de señales biomédicas (EMG o ECG) y transmitirlos a través de un puerto serial. La transmisión de datos es eficiente gracias a la simplicidad de los códigos, en donde el código Python puede realizar una adquisición continua de datos desde el puerto serial, permitiendo capturar señales durante periodos prolongados. Esto es útil para monitorear señales biológicas en tiempo real.
- Es de vital importancia tener pleno conocimiento de la amplia gama de aplicaciones que ofrecen este tipo de señales EMG y ECG, ya que su información resulta invaluable para fines diagnósticos, monitoreo, investigación y seguimiento en el ámbito clínico de diversas patologías. Por tanto, destaca la importancia de llevar a cabo procesos de filtrado y eliminación de ruido de alta calidad, que permitan una correcta manipulación de la información sin distorsionarla, garantizando así su utilidad y fiabilidad en contextos clínicos.

Referencias

[1] J. Montoya, "Sistema de adquisición de biopotenciales para entornos académicos", Escuela de ingeniería de Antioquia, Universidad CES, 2013 [En línea]. Disponible en:

https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/304/7/Montoya_Juan_2013_SistemaAdquisicion_Biopotenciales.pdf

[2] P. Turmero, "Sistemas de acondicionamiento y adquisición de señales bioeléctricas", [En línea].

Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos105/sistemas-acondicionamiento-y-adquisicion-senales-bioelectricas/sistemas-acondicionamiento-y-adquisicion-senales-bioelectricas.shtml>.

[3] B. Martín, "Elementos de diseño de circuitos de Amplificación del ECG", Universidad de la República, Montevideo-Uruguay, 2004 [En línea]. Disponible en: <http://www.nib.fmed.edu.uy/Oliveri.pdf>.

[4] M. A. Mañanas, "Análisis de la actividad muscular respiratoria mediante técnicas temporales, frecuenciales y estadísticas", Universitat politècnica de Catalunya, 1999 [En línea]. Disponible en: https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6201/04_mananaVillanueva_capitol_3.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

[5] E. Spinelli y M. Mayosky, "Acoplamiento en AC de Amplificadores para Biopotenciales", Universidad Nacional de la Plata, Sin Fecha.

[6] L. Álvarez, "Acondicionamiento de Señales Bioeléctricas", Universidad Tecnológica de Pereira, 2007 [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/71394319.pdf>.

[7] S. Mújica, "Adquisición de señales EEG con bioelectrodos no invasivos de alta sensibilidad", Instituto Politécnico Nacional, 2011 [En línea]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/17791/Adquisicion%20de%20senales%20EEG%20con%20bioelectrodos%20no-invasivos%20de%20alta%20sensibilidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[8] C. Arboleda, J. Ochoa, "Introducción a los biopotenciales y adquisición de señales ECG y EMG", Universidad de Antioquia, 2020.

[9] M. Sabaté, "Pruebas y diagnóstico de la Cardiopatía Isquémica", Clínic de Barcelona Hospital Universitario, 2018 [En línea]. Disponible en: <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/enfermedades/cardiopatia-isquemica/pruebas-y-diagnostico>

[10] N. Fernández, "Manual de laboratorio de fisiología", Universidad Autónoma de Nuevo León, 2011 [En

línea]. Disponible en:

<https://www.yumpu.com/es/document/read/62704200/manua-l-de-laboratorio-de-fisiologia>

[11] M. Castro, M. Inthamoussu, “Efecto de los fármacos en el ECG”, Universidad de la República de Uruguay, 2013 [En línea]. Disponible en:

http://farmacologia.hc.edu.uy/images/Efectos_de_los_f%C3%A1rmacos_en_el_electrocardiograma.pdf

[12] N. Dugarte, R. Medina, “Adquisición y procesamiento de la señal Electrocardiográfica, basada en la extracción de potenciales intra-QRS e índices de variabilidad del intervalo QT”, Universidad de los Andes, 2007 [En línea]. Disponible en:

https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-74471-9_46

[13] D. García, L. Quitze, “Aplicaciones de la electromiografía en el deporte”, EFDeportes.com, Revista Digital, 2012 [En línea]. Disponible en:

<https://www.efdeportes.com/efd169/la-electromiografia-en-el-deporte.htm>

[14] H. A. Romo, J.C. Realpe, P.E. Jojoa, “Análisis de Señales EMG Superficiales y su Aplicación en Control de Prótesis de Mano”, Universidad del Cauca, 2007.

[15] L. Gila, A. Malanda, I. Rodríguez Carreño, J. Rodríguez Falces, J. Navallas, “Métodos de procesamiento y análisis de señales electromiográficas”, España, 2009 [En línea]. Disponible en:

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272009000600003.

[16] Proaño, D. (2019). Sistema de adquisición de señales EMG de superficie multicanal para prótesis de miembro superior. En Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado 11 de abril de 2024, de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17636/1/UPS-CT008386.pdf>

[17] Gutiérrez-Gutiérrez, G., López, C. B., Navacerrada, F., & Martínez, A. M. (2012). Utilidad del electromiograma en el diagnóstico de las miopatías inflamatorias. *Reumatología Clínica* (Barcelona), 8(4), 195-200. <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2011.10.012>