

INTRODUCCIÓN A LOS BIOPOTENCIALES Y ADQUISICIÓN DE SEÑALES ECG Y EMG

María P. Arias Castillo ^{1,*}, Andrea C. Espinosa Villadiego ^{1,*}

¹Facultad de ingeniería, Universidad de Antioquia UdeA, calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia

*mpaulina.arias@udea.edu.co, andrea.espinosa1@udea.edu.co

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 de las etapas del registro de biopotenciales [1].

Un equipo de adquisición se compone de:

- **Electrodos:** Miden la señal que se quiere estudiar, captan los cambios de potenciales eléctricos generados por los biopotenciales. Se colocan en la piel y pueden ser invasivos o no invasivos. Es necesario que la etapa de acoplamiento con la piel se haga de manera correcta para evitar captar mucho ruido en la señal [2].

- **Amplificador:** Como la señal obtenida suele tener amplitudes muy bajas se hace uso de un amplificador que aumente esta amplitud, pero no dañe la señal. Se usan amplificadores de instrumentación [2].
- **Filtro:** Es necesario la aplicación de filtros para optimizar la señal adquirida y poder hacer un análisis mejor de ella, eliminando el ruido presente en la señal. Según el ruido que se desea eliminar se pueden hacer uso de filtros paso-bajo, filtro paso-alto o un filtro de notch (que es eficaz para eliminar la interferencia de 60 Hz de la red eléctrica) [2].
- **Convertidor Analógico-Digital:** La señal se convierte de una señal analógica a una señal digital a través, de una convertidor analógico-digital, la frecuencia de muestreo con la cual se realice esta conversión es muy importante y debe seguir el criterio de Nyquist [2].
- **Procesador:** Recibe los datos digitalizados, los gestiona y a menudo realiza procedimientos en tiempo real. Puede aplicar filtros adicionales y hacer análisis de las señales, o cálculos de teoremas que permita una mejor interpretación de la señal [2].
- **Pantalla:** Se utiliza una pantalla para mostrar la señal en tiempo real (como la frecuencia cardiaca en un ECG) [2].
- **Software de adquisición y análisis:** Este software visualiza, analiza y almacena las señales, puede incluir herramientas que permitan analizar señales en específico (Para el caso del ECG podría contener herramientas que analicen la frecuencia cardiaca, permita la detección de arritmia o perciba patrones anormales en la señal) [2].

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 que estrategias se utilizan para controlar o eliminar dicha fuente de ruido.

Ruido	Característica del ruido	Estrategia de mejora	Tipo de ruido
Interferencias Capacitivas de red	Es ruido captado debido a la capacidad del cuerpo de ser conductor, lo que le permite captar las señales emitidas por la red eléctrica emitida por los conductores que recorren la estructura de un edificio o de diferentes aparatos electrónicos.	Usar electrodos de buena calidad y evitar que estén mal conectados [3].	Ruido estático.
	Esta señal la captan los electrodos y en ocasiones es de mayor amplitud que la señal que se desea estudiar, ocultándola y siendo muy difícil de adquirir y estudiar [3].		
	Estas interferencias son debidas a las corrientes variables de 50Hz en la red eléctrica que provocan la aparición de campos magnéticos	La mejor forma de anular el efecto de estas interferencias es	

Ruido del ambiente	variables con el tiempo, lo generan equipos como radios y cables eléctricos de potencia [3].	eliminando el área de bucle. Esto lo podemos hacer trenzando los cables de medida desde el equipo hasta las proximidades del paciente para aislar o el uso de filtros pasa-bajas [3].	Ruido estático
Artefactos de movimiento (Interfaz electrodo-piel)	Esta interferencia o ruido se debe a la mala ubicación de los electrodos en la piel o el movimiento de estos, lo que provoca la adquisición de señales que no son de interés o que la señal se capte de manera errónea [3].	Una estrategia de mejora es la correcta posición de los electrodos a la piel de forma que estos no se muevan. La utilización de electrodos de baja polarización, como los usados en los hospitales, atenúan significativamente esta fuente de interferencia [3]. También el uso de gel electrolítico y electrodos recubiertos de cloruro de plata y el uso de filtros pasa-altas.	Ruido variante
Otros sistemas fisiológicos	Las distintas señales fisiológicas no se encuentran aisladas en el cuerpo. Es común que se capte la señal de un sistema fisiológico diferente al de interés si estos se encuentran muy cerca entre sí [3].	Se recomienda el uso de filtros pasa-bajas o pasa-altas según la señal que se requiera eliminar o filtrar [3].	Ruido variante.
Ruido por movimiento	Las acciones musculares cuando el paciente se mueve durante la toma de la señal también son ruidos que se pueden captar al hacer la adquisición de la señal [3].	Para mejorar esto se le pide al paciente que este lo más quieto posible durante la adquisición de la señal. También se puede hacer uso de filtros pasa-bajas o pasa-bandas [3].	Ruido variante.
Ruido inherente a los componentes electrónicos	Los componentes electrónicos en los equipos de detección y registro de las señales generan ruido eléctrico con frecuencias entre 0 y 1000 Hz [4]	puede ser reducido mediante el uso de componentes electrónicos de alta calidad y buenos diseños de circuitos [4]	Ruido estático.

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)?

La piel presenta una alta impedancia y un potencial inestable lo que la convierte en una mala conductora de electricidad. Por estas características, la piel genera muchos artefactos y problemas al momento de hacer la adquisición de la señal. Además, la epidermis presenta una capa que se conoce como estrato corneo, que es la capa más externa de la cual se compone la piel, esta capa presenta células muertas que aumentan la alta impedancia de la piel y a su vez funciona como un aislante, lo que dificulta aún más la adquisición de las señales. También se debe tener en cuenta que durante esta etapa los electrodos estén bien acoplados a la piel y no se genere movimientos entre el electrodo y la piel ya que esos movimientos generan cambios en la distribución de cargas que se forma en esa interfaz y generara fluctuaciones en la señal que son difíciles de filtrar. Por último, se debe evitar hacer movimientos bruscos durante la adquisición de la señal para evitar que estos generen artefactos en la señal [3][5].

Debido a estas razones, esta etapa (acoplamiento piel-electrodo) es la más crítica a la hora de registrar este tipo de señales, ya que trabaja de manera directa con la adquisición de estas y afectan la calidad y precisión con que la señal será captada. Por eso, se debe tener cuidado en esta fase, por que cualquier error afecta a la señal en todo momento [4].

La mejor estrategia para mejorar esta problemática es el uso de un gel de conducción que se aplicara en la zona de piel donde se pondrán los electrodos, esto aumenta la conducción de la piel y evita que esta se irrite durante el procedimiento, también es recomendable utilizar electrodos de calidad, en especial el electrodo de plata cloruro de plata (Ag/AgCl) ha demostrado tener los estándares adecuados para lograr que los electrodos no estén polarizados; además, la interfaz piel-plata o piel-Ag/AgCl tiene la mayor impedancia resistiva en el dominio de la frecuencia en EMG. Es importante hacer una buena limpieza de ese sector y lo ideal es colocar los electrodos en lugares donde no se presenta vello para evitar que esta genere más interferencia en la señal, y en caso tal se debe eliminar el vello [6].

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.

Aplicaciones clínicas.

ECG:

- **Monitor Holter:** la técnica de Holter consiste en un sistema capaz de registrar el ECG del individuo en movimiento y durante largos periodos de tiempo (por lo general 24 h), para su posterior visualización y análisis. Para ello se requiere disponer de un sistema de electrodos adecuados, los cuales deben ser colocados de forma correcta y después de efectuar una preparación apropiada de la piel (eliminación de vellos, limpieza del estrato corneo que se puede realizar frotando la piel con un borrador de goma y la posterior limpieza de la piel) [6].

Además, se hace uso de una grabadora en cinta magnética con un reloj acoplado y una fuente de energía que suele ser una pila normal y un electrocardioanalizador, el cual consiste en un

ordenador capaz de leer y reproducir los complejos QRS grabados en la cinta. En la actualidad, la mayoría de los electrocardioanalizadores disponen de un sistema de análisis automático capaz de clasificar mediante criterios morfológicos los complejos y ahorrar gran parte del trabajo del operador [6].

También es de gran importancia que el paciente tenga un diario donde anoten en forma detallada la aparición de cualquier síntoma (palpitaciones, mareo, disnea, dolor precordial), y las actividades que realicen durante el tiempo de grabación (dormir, pasear, leer, hacer ejercicio) y la hora en que esto sucede, esto con el fin de poder hacer comparaciones y relacionar cualquier alteración en el ECG. De esta forma se ha podido demostrar que a menudo los síntomas que refieren los pacientes en la consulta no se corresponden con arritmias y, a la inversa, que muchas arritmias, en ocasiones graves, son asintomáticas y permite detectar que actividades pueden desencadenar la aparición de arritmias [6].

- **ECG de esfuerzo:** Es una de las técnicas no invasivas más utilizadas para evaluar a pacientes con padecimientos cardiovasculares sospechados o confirmados, esta prueba permite el diagnóstico de isquemia de miocardio. Para la realización de esta prueba se emplea el ejercicio físico como método fisiológico por excelencia para cumplir con el fundamento de las pruebas de esfuerzo (PE) el cual consistente en aumentar los requerimientos de oxígeno del miocardio para poner de manifiesto un flujo sanguíneo coronario reducido no evidente en reposo, para lo cual es necesario un estrechamiento $>50\%$ de la luz arterial, así como para determinar el estado de la función cardíaca. La isquemia del miocardio durante el ejercicio se evidencia usualmente mediante alteraciones del segmento ST, La señal se adquiere por medio de electrodos que se colocan en el pecho, los que serán conectados a un monitor de ECG. Luego, este registro será analizado por el cardiólogo encargado [7].

Para lograr una adecuada interpretación de la PE se hace necesario hacer más evaluaciones y no solo la del segmento ST, por esto, se debe realizar un cálculo individualizado de la capacidad funcional del paciente evaluado pues ésta refleja el estado de la función cardíaca. Además, se analizan otras variables electrocardiográficas, hemodinámicas y clínicas que nos ofrecerán información útil sobre la extensión y gravedad de la enfermedad coronaria, de la función del ventrículo izquierdo, así como aproximaciones al pronóstico y estratificación del riesgo a corto y largo plazo [7].

- **Diagnóstico de hipertrofia ventricular izquierda (HVI) de pacientes en hemodiálisis:** Este estudio se dio con el interés de evaluar la utilidad del ECG en la identificación de la HVI, para esto se diseñó un estudio descriptivo de evaluación de medios diagnósticos que permitiera estimar por igual la sensibilidad, la especificidad y los valores predictivos positivo y negativo. Con esta finalidad, a toda la población seleccionada se le realizó, con independencia, un ECG (prueba a evaluar) y un ecocardiograma (prueba de referencia) [8].

El instrumento que se empleó en la realización del ECG fue el Cardiocid IIB, un sistema electrocardiográfico de 12 derivaciones fabricado en el Instituto Central de Investigación Digital (ICID) y comercializado por Combiomed. Para la realización de los ECG la velocidad del registro fue de 25mm/s y la calibración se ajustó a 1 mV/cm. Los ECG fueron analizados por dos observadores, especialistas en Medicina Interna. Ninguno de ellos conocía los resultados del ecocardiograma (prueba de oro) de los sujetos investigados. Los datos

obtenidos mediante la electrocardiografía fueron: eje del QRS; voltaje y duración de P en D_{II} y V_1 ; voltajes de R y S en derivaciones de miembros y precordiales; duración del QRS; desplazamiento del ST y de la T; y la presencia de bloqueos de rama. Las mediciones fueron hechas manualmente. El análisis de los datos obtenidos mediante la electrocardiografía se centró en el valor diagnóstico de este medio y de los diferentes criterios electrocardiográficos en la identificación de la hipertrofia ventricular acorde a las recomendaciones de la *American Heart Association* [8].

EMG:

- **Diagnóstico de enfermedades neuromusculares:** La EMG es una técnica de diagnóstico clínico que permite evaluar la salud de los músculos y las neuronas que los controlan (motoneuronas). Las motoneuronas transmiten señales eléctricas que hacen que los músculos se contraigan. Las señales electromiográficas son una indicación eléctrica de la activación neuromuscular conectada con un músculo contraído. Es una señal que está influenciada por las propiedades anatómicas y fisiológicas de los músculos, el control del sistema sensorial marginal y también las características de la instrumentación que se utiliza para identificar y observar la señal. Una EMG convierte estas señales en gráficos, sonidos o valores numéricos para ser analizados, las cuales son conocidas como señales electromiográficas (EMGs). En la técnica EMG se hace uso de electrodos, que permiten la transmisión y detección de las señales eléctricas. Tales electrodos pueden ser insertados en el músculo (electrodos de aguja) o pueden superponerse superficialmente (electrodos de superficie), permitiendo obtener la señal eléctrica del movimiento, la velocidad y/o la intensidad de la señal recibida debido a la contracción muscular [9].

En el trabajo investigado la metodología usada consistió en utilizar una base de datos pública de señales EMG de sujetos sanos, con miopatía y con Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA), capturadas mediante electrodos de aguja. Las señales fueron preprocesadas para eliminar ruido mediante filtros digitales como el notch y la transformada wavelet. Luego, se aplicó la descomposición empírica de modos por conjuntos (EEMD) para descomponer las señales en funciones de modo intrínseco, permitiendo analizar su naturaleza no estacionaria. Se extrajeron características de tiempo-frecuencia usando métricas como la raíz media cuadrática y el valor absoluto medio, y se seleccionaron las más relevantes mediante la prueba Kruskal-Wallis, reduciendo la dimensionalidad con Análisis Discriminante Lineal no Correlacionado (ULDA). Finalmente, se emplearon clasificadores como K-NN, LDA y árboles de decisión, validados mediante la validación cruzada 3-folds, logrando una alta precisión en la clasificación de los desórdenes neuromusculares [9].

- **Obtención de señales para el movimiento de prótesis:** Las señales EMG se han usado para lograr el movimiento de prótesis mioeléctricas. En la aplicación investigada usan sensores de EMG superficiales para detectar los biopotenciales mediante el uso de electrodos de Ag/AgCl colocados en el bíceps del brazo derecho y realizando una secuencia de contracción-relajación-contracción. El ruido obtenido es neutralizado haciendo uso de un amplificador diferencial. Los potenciales obtenidos son amplificados y filtrados, hicieron uso de un amplificador INA128, al que le añadieron un filtro paso bajo en el lazo de realimentación. La señal obtenida después del proceso de amplificación y filtrado es rectificada a través de un rectificador de precisión con el fin de cuantificar la intensidad de la señal proveniente del musculo. Esta tensión será leída por un conversor análogo-digital de un Arduino. Ya

procesada la información, el controlador genera una señal PWM destinada a cada servomecanismo para proporcionar el desplazamiento angular necesario [10].

- **Cambios de la actividad electromiográfica durante las diferentes fases del tratamiento de ortodoncia:** El uso de la electromiografía puede representar un método más objetivo para evaluar el comportamiento de la actividad muscular al momento del diagnóstico, posterior al uso de férulas oclusales previas al tratamiento ortodóncico y al comportamiento de la actividad electromiográfica a través de las diferentes fases del tratamiento ortodóncico. En el estudio realizado se midió la actividad electromiográfica bilateral (EMG) durante 30 segundos en máxima intercuspidad (Esta aparece cuando hay el máximo de contactos dentarios al ocluir o cuando cierras con tus dientes). Se realizaron 15 mediciones mensuales de la EMG durante cuatro fases en el tratamiento ortodóncico: basal (P0); uso de la férula (P1); nivelación y alineación (P2); cierre de espacios (P3); y la etapa de finalización (P4). Se usó un EMG digital para determinar μV cada 0.002 segundos y el valor medio cuadrático (RMS), el cual fue estimado como un valor medio de EMG. Se realizó un análisis descriptivo, un modelo de regresión lineal de efectos aleatorios para medidas repetidas ajustadas univariado y otro multivariado ajustado por variables confusoras (lado de medición, lado donde se realizó la evaluación del masetero, ya sea el izquierdo o el derecho, los tratamientos que necesitaran de extracciones dentales, uso de elásticos, etc.). De este estudio se obtuvo que los cambios EMG disminuyeron durante las fases ortodóncicas aleatoriamente durante las etapas de tratamiento no de manera constante como generalmente se asume, lo que podría dar paso a diferentes maneras de abordar los tratamientos durante el proceso de ortodoncia, pero para determinar eso es necesario realizar más investigaciones al respecto [11].

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.

Se utilizaron dos códigos dados por el docente, uno era un código de Python que permitía ver la señal en un intervalo de tiempo determinado y otro era un código que se usaba en la aplicación de Arduino que permitía ver la señal en tiempo real. Para la obtención de la señal se usaron electrodos y un Arduino, para la señal ECG los electrodos se pusieron en el segundo espacio intercostal tanto del lado derecho como el izquierdo y la tierra se puso en la protuberancia de la ulna, para la señal EMG los electrodos se ubicaron dos en el bíceps y la tierra en la misma ubicación mencionada anteriormente.

Al código de Python se añadieron unas líneas que permitieran guardar en archivos .txt las señales ECG y EMG adquiridas mediante los electrodos.

La figura 2 muestra la señal EMG del bíceps derecho de una compañera al realizar un movimiento de contracción y relajación del musculo. Se observa que las zonas de la señal donde hay menos actividad (aquellas donde la amplitud es cercana a la línea base) corresponden a la fase de relajación, mientras que las zonas con la amplitud más grande representan la fase de contracción, los picos indican la mayor cantidad de potenciales de acción que se dan en las fibras musculares, la intensidad de estos picos se relaciona con la tensión muscular, tal que una mayor amplitud indica una mayor contracción muscular.

La señal evidencia un ciclo repetitivo lo que es coherente con el ejercicio realizado en clase, ya que se realizaron ciclo de relajación y contracción regulares a la hora de hacer la toma de la señal. Esta

señal no fue filtrada por lo que presenta ruido que pudo ser generado por artefactos del equipo de adquisición.

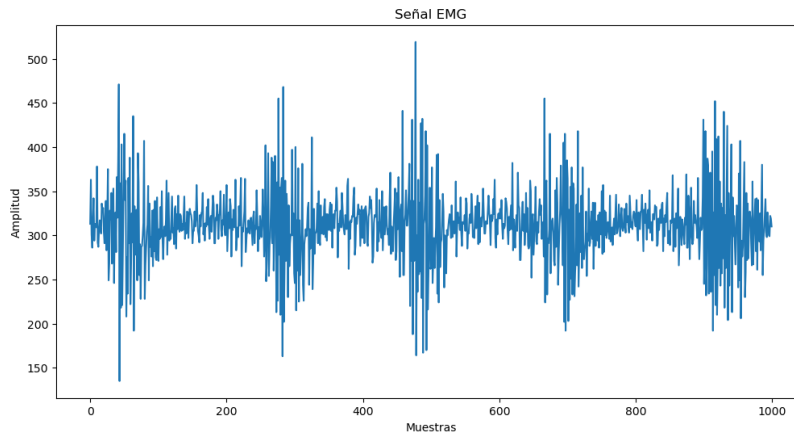


Figura 2. Gráfico de la señal EMG del bíceps derecho al hacer movimiento de contracción y relajación del musculo.

La figura 3 muestra la señal ECG de una compañera, se observa que los picos se dan de manera regular y consistente, estos picos grandes representan el complejo QRS y corresponde a la despolarización de los ventrículos, este complejo es el más pronunciado en un ECG. La periodicidad indica un ritmo sinusal normal, lo que significa que el corazón no late de forma irregular. No hay indicios visibles de arritmias, ya que el complejo QRS se encuentra espaciados de manera uniforme.

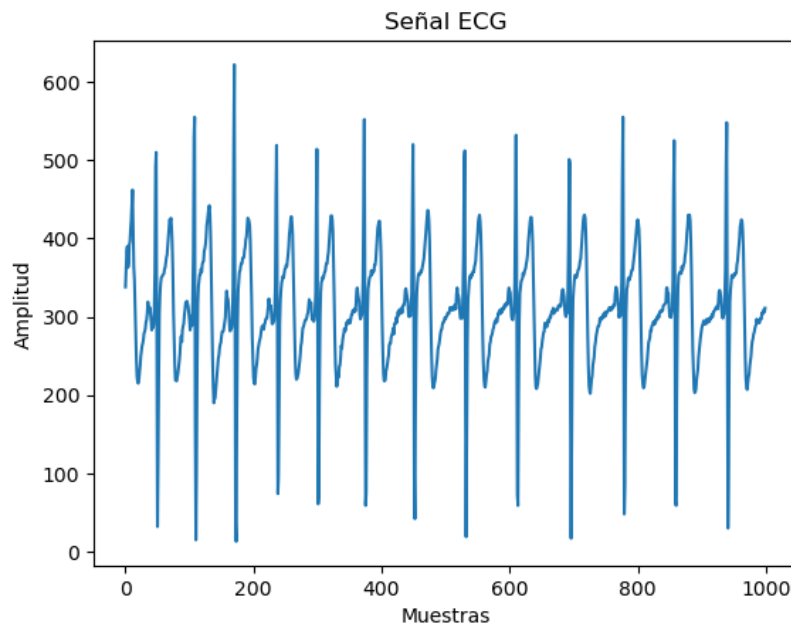


Figura 3. Gráfico de la señal ECG.

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).

La precisión de las señales adquiridas depende en gran medida de contar con un equipo de medición correctamente calibrado y de alta calidad. Un equipo mal ajustado, de baja calidad o con una ubicación incorrecta, puede generar datos imprecisos, lo que afectaría tanto la interpretación como el análisis posterior. Esto es especialmente crítico en estudios que requieren un análisis detallado de la actividad muscular y cardíaca, como en los casos de la señal EMG y ECG, donde incluso pequeñas imprecisiones pueden distorsionar las conclusiones sobre el estado fisiológico del sujeto.

El filtrado adecuado de las señales adquiridas es esencial para reducir los artefactos y el ruido que pueden interferir en un análisis preciso. En este caso, el objetivo era identificar patrones generales de las señales, por lo que no fue necesaria la aplicación de filtros. Sin embargo, la ausencia de filtrado dificulta la identificación de patrones claros, ya que el ruido presente puede enmascarar detalles importantes y afectar la exactitud al requerir análisis más profundo y detallado.

La calidad del contacto electrodo-piel es un factor crucial en la adquisición de señales fisiológicas como el EMG y el ECG. Un buen contacto asegura una menor resistencia y, por lo tanto, una mejor conductividad eléctrica entre la piel y el electrodo, lo que mejora la fiabilidad de la señal registrada. En este caso, el contacto que se tuvo durante el proceso de adquisición no pudo ser el mejor por razones como una piel no adecuadamente limpia, lo que también pudo influir en la generación de artefactos, ruido y pérdidas de señal que afectan negativamente al análisis.

Referencias

- [1] “Sistema multicanal para adquisición de biopotenciales”. SciELO Colombia- Scientific Electronic Library Online. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-97622014000100003&script=sci_arttext
- [2] G. V Bhat. “ECG Acquisition S ystem”. IJERT – International Journal of Engineering Research & Technology. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ijert.org/research/ecg-acquisition-system-IJERTV3IS030289.pdf>
- [3] D. Gallego Navarrete. “Desarrollo de un sistema de adquisición y procesado de señales electrooculográficas para el diagnóstico de la ataxia”. Página inicial de UPCommons. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4607/Memòria.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- [4] F. Córdova Ricapa. “Desarrollo de un sistema para la evaluación de la actividad muscular mediante electrodos de superficie”. Tesis PUCP > Inicio. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4768/CORDOVA_FERNANDO_ACTIVIDAD_MUSCULAR_ELECTRODOS.pdf?sequence=3&isAllowed=y

- [5] “Why electrodes matter: Electrode-electrolyte interface — pulseai”. PulseAI. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.pulseai.io/blog/why-electrodes-matter-electrode-electrolyte-interface>
- [6] J. L. Palma Gámiz y A. Arribas Jiménez. “Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en la monitorización ambulatoria del electrocardiograma y presión arterial”. sciencedirect. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300893200750664?via=ihub>
- [7] E. Rivas Estany y J. D. Barrera Sarduy. “Prueba de esfuerzo bajo control electrocardiográfico. revisión de guías internacionales y normas cubanas”. Medigraphic - Literatura Biomédica. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=100336>
- [8] A. M. Suárez Conejero. “Valor del electrocardiograma en el diagnóstico de hipertrofia ventricular izquierda de pacientes en hemodiálisis”. Scielo. Accedido el 7 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2078-71702018000100004&script=sci_arttext
- [9] J. R. Torres Castillo. “Clasificación De Señales EMG Empleando Características Tiempo-Frecuencia Para El Diagnostico De Desordenes Neuromusculares”. UNIVERSIDAD NACIONAL. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000775553/3/0775553.pdf>
- [10] J. Artal-Sevil. “Diseño de un brazo robótico de bajo coste controlado por sensores EMG superficiales”. Dialnet. Accedido el 8 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6828075>
- [11] C. I. Claudia Ivonne Rodríguez Castañeda. “Cambios de la actividad electromiográfica durante las diferentes fases del tratamiento de ortodoncia: Resultados de una prueba piloto”. Medigraphic - Literatura Biomédica. Accedido el 7 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.medigraphic.com/pdfs/ortodoncia/mo-2017/mo174f.pdf>