



CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTROMIÓGRAFO PARA LA DETECCIÓN DE BIOSEÑALES APLICADAS AL ANÁLISIS DE UNA PRÓTESIS DE MIEMBRO INFERIOR

Ana L. López Orocio ^a, M. Gloria Sánchez Elías ^a, Paola Zaragoza Estrada ^a, Juan J. Arévalo Vidal ^a, Gabriel Daniel Ledesma Silva ^a

^a **Universidad Politécnica Bicentenario, Carr. Silao - Romita Km. 2 Col. San Juan de los Durán,**

alopez@upbicentenario.edu.mx, mariagloriasanchez@outlook.com, pao.zaragozaest@gmail.com.

RESUMEN

En este trabajo se realizó la adquisición, análisis y procesamiento de señales bioeléctricas mediante la elaboración de un electromiógrafo (EMG), el cual se diseñó con amplificadores de instrumentación AD620, las señales adquiridas son aplicadas en la primera fase de construcción de una prótesis mioeléctrica, además mediante el software Labview se procesaron muestras obteniendo datos los cuales permitieron conocer el funcionamiento de la rodilla, se acondicionaron las bioseñales mediante filtrado para obtener el movimiento y fase de apoyo de rodilla- pie para aplicarlos en la rehabilitación de una persona con discapacidad. La finalidad del trabajo consiste en plantear la primera etapa para la construcción de un sistema de prótesis mioeléctrica que pueda reconocer los potenciales de acción generados por los músculos, el presente trabajo dejó como pauta la orientación a la parte biomédica, y a los procesos de rehabilitación y diagnóstico, con lo cual se pueda realizar más investigación en este campo del diseño de prótesis, perfeccionando lo tenido partiendo desde ya algo fundamentado.

PALABRAS CLAVES: Bioseñales, Labview, Amplificación, Electromiografo, Filtrado.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la ciencia y la tecnología han crecido enormemente en la rama de la medicina, por ello este trabajo está dedicado a la adquisición, el análisis y el procesamiento de señales mioeléctricas en el software Labview que servirá como la primera fase de construcción de una prótesis mioeléctrica inferior, para reducir el número de personas con problemas de discapacidad y así puedan integrarse en sus actividades cotidianas. Para ello este trabajo busca tener un mayor acercamiento del funcionamiento del cuerpo humano gracias a las señales mioeléctricas emitidas por el hombre, con el propósito de mejorar el análisis para la adquisición de una prótesis, ya que es el apoyo para una persona con discapacidad y por lo tanto es una forma de mejorar su calidad de vida. El objetivo general del trabajo es el análisis de señales mioeléctricas de la rodilla a través del electromiógrafo y su procesamiento mediante el software Labview que servirá como la primera fase de construcción para una prótesis mioeléctrica.

2. MARCO TEÓRICO

En el cuerpo humano se generan diferentes señales bioeléctricas debido al funcionamiento de órganos tales como el cerebro, el corazón, los ojos, los músculos. Estas señales reciben nombres característicos dependiendo del órgano en el que se originan. Para los órganos mencionados, las señales reciben el nombre de electroencefalográficas, electrocardiográficas, electrooculográficas y



electromiográficas, respectivamente. Las señales bioeléctricas son utilizadas principalmente en diagnóstico médico para detectar patologías en los órganos que las producen, pero también pueden ser utilizadas, particularmente aquellas que son generadas de manera voluntaria, para controlar interfaces hombre – máquina. Las señales electromiográficas (EMG) o también conocidas como mioeléctricas son señales eléctricas que se producen en los músculos cuando estos se contraen o distorsionan. Estas señales, a pesar de presentar niveles de voltaje pequeños, pueden medirse con un equipo adecuado, y esta muestra ser empleada para diagnosticar patologías del sistema muscular. Otra aplicación que se le ha dado a estas señales está en el control de interfaces hombre – máquina, donde las señales EMG medidas en músculos activados voluntariamente por un usuario, se procesan y se utilizan como comandos para controlar dispositivos electromecánicos o interfaces de tipo software. Este campo en el que se conjugan la electrónica y la medicina tiene muchas áreas de aplicación en la industria y en la medicina. Con esta investigación se dejara una pauta e inicio en el campo de la robótica medica, y el control de interfaces hombre – máquina tales como como prótesis mioeléctricas o procesos de rehabilitación y de diagnóstico [1].

El potencial de acción de un músculo determinado (o fibra nerviosa) tiene una magnitud fija independientemente de la intensidad del estímulo que genera la respuesta así, en un músculo, la intensidad con que actúa no incrementa la altura neta del impulso del potencial de acción sino que incrementa el ritmo con que se dispara cada fibra muscular y el número de fibras que se activan en un instante determinado. La amplitud de la forma de onda EMG medida es la suma instantánea de todos los potenciales generados en un instante determinado. Dado que esos potenciales de acción se producen tanto con polaridades positivas como negativas en un par de electrodos determinado, a veces se adicionan y a veces se cancelan. Los dispositivos que convierten los potenciales iónicos en potenciales electrónicos se denominan electrodos. Los electrodos que se utilizaron en las pruebas fueron electrodos superficiales, que son utilizados para medir potenciales ECG, EEG y EMG en la superficie de la piel [1].

1. PARTE EXPERIMENTAL

La metodología seguida desarrollada en el proyecto se muestra en la Fig. 1, la cual consistió en una serie de pruebas a una persona, para revisar los impulsos eléctricos de los miembros inferiores, y comprobar que el sistema diseñado está funcionando correctamente y es apto para obtener bioseñales que se puedan procesar en una prótesis. Se comenzó por una etapa de sensores que se encargan de recibir la señal bioeléctrica, y enviarla como señal eléctrica a un módulo de acondicionamiento, una vez llegado a esta etapa la señal es filtrada y amplificada para una mejor adquisición, y por último un procesamiento de las señales para una buena visualización.

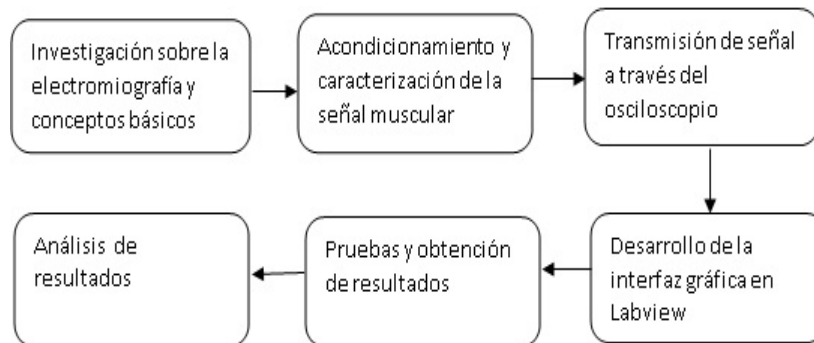


Fig 1. Metodología del dispositivo electromiográfico.



El sistema obtenido ayuda a una mejor comprensión de las relaciones fisiológicas permitiendo además una utilización más efectiva de las medidas indirectas como sustitutos de medidas inaccesibles y ayudaría al ingeniero o técnico en su labor de acoplar la instrumentación al sistema fisiológico. Para la implementación del electromiógrafo son necesarios tres bloques Fig. 2; un amplificador de instrumentación como lo es el AD620 que es el encargado de amplificar las pequeñas corrientes iónicas que produce el movimiento de los músculos, un filtro pasa banda que determina el rango de frecuencias con las cuales se ha de trabajar, y un filtro rechaza banda que es el encargado de atenuar las frecuencias generadas por la red eléctrica (en este caso 60Hz).



Fig. 2. Diagrama de bloques del sistema a implementar

Se colocaron 3 electrodos para poder obtener las señales mioeléctricas, 2 de ellos en el músculo de estudio y uno más que representaría el punto de estática, debido a la necesidad de encontrar muy pocas fibras musculares en la región prevista. (Fig. 3)

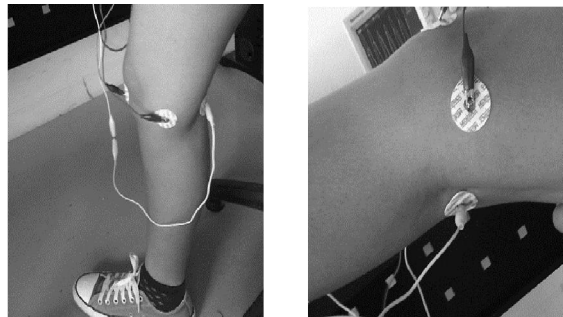


Fig. 3. Colocación de los electrodos en miembro inferior.

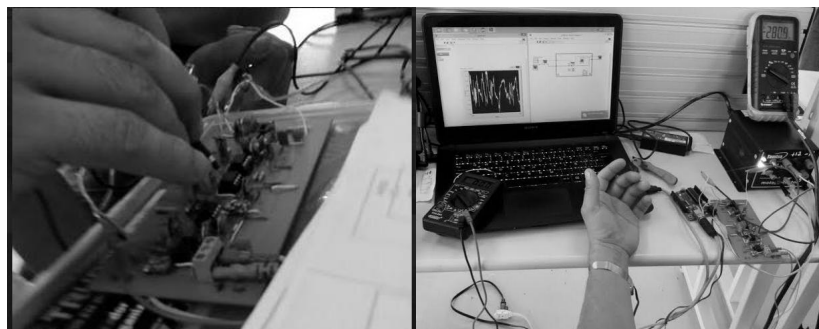


Fig. 4. Colocación de los electrodos en miembro inferior.



Se realizaron pruebas con cargas, para determinar los niveles de amplitud y frecuencia de las señales mioeléctricas, donde se observa por los datos obtenidos que varían muy cerca de los 60 Hz. sin dejar apreciar las frecuencias reales a las que trabajan los pulsos mioeléctrico en este músculo, sin embargo en cuestiones de amplitud su respuesta fue buena, permitía observar cambios esperados al momento de hacer una tensión con amplitudes de 129 mV. (Fig. 4)

2. DESARROLLO

Una vez que se han ubicado los electrodos en el musculo de interés y esta señal ha pasado por la etapa de amplificación, se realizaron pruebas de movimiento para analizar la marcha de una persona normal, para esto la señal debe ser capturada por el software, en este caso como se está utilizando Labview se hará uso de la interfaz Arduino Mega 2560-Labview [3].

A continuación se muestra en la Fig. 5 el diagrama del circuito utilizado.

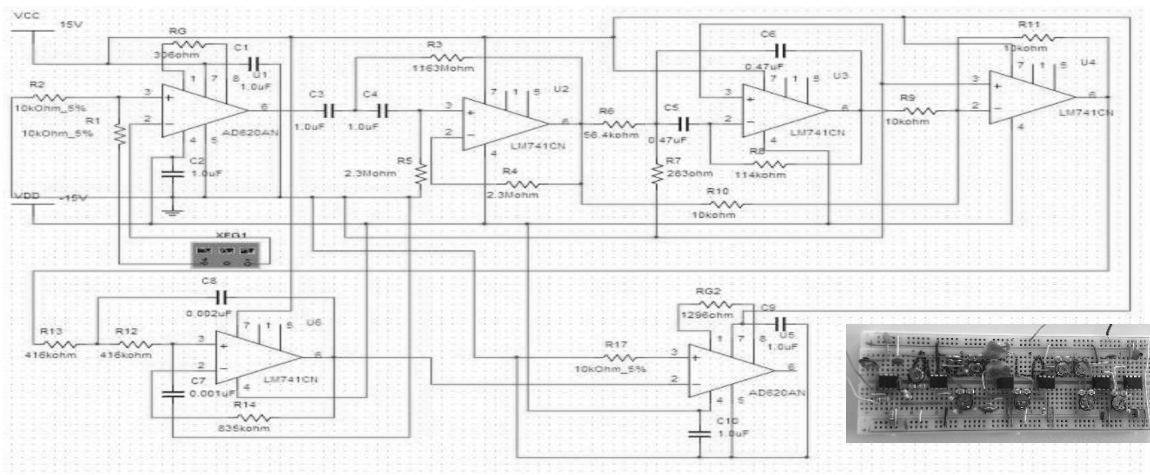


Fig. 5. Circuito electrónico, para el diseño de un sistema mioeléctrico.

Por otro lado se ajusta la señal de entrada amplificándola para poderla visualizar mejor, esto se hace multiplicando la señal, una vez obtenida la señal se pasa al diseño de los filtros, que es el bloque "filter" que es lo que nos ayuda a tener una mejor señal de entrada como se muestra en la Fig.6, además en esta imagen también se muestra el programa para la adquisición de las señales en Labview.

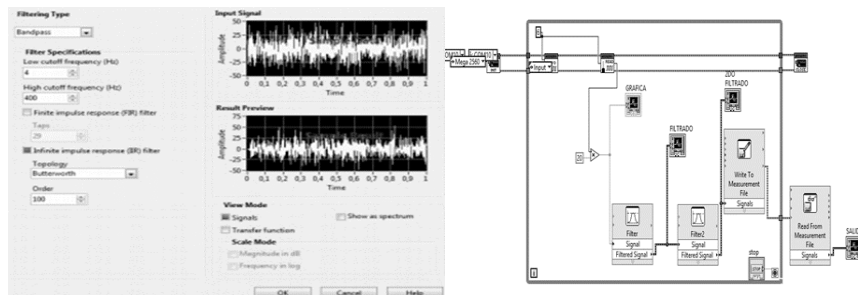


Fig. 6. Diseño del filtro en Labview haciendo uso del bloque "filter", diagrama de conexiones de la aplicación.



Además el programa es capaz de almacenar, guardar y visualizar la señal obtenida en tiempo cuasi-real [3].

3. RESULTADOS

Al realizar las pruebas de movimiento con en el osciloscopio se obtuvieron los siguientes datos y la siguiente señal como se muestra en las tablas 1 y 2, en las Fig. 6. Se percibe que las frecuencias se hacen menores a medida que el la amplitud aumenta y se hacen mayores, cuando la persona reduce su esfuerzo. En la señales mioeléctricas se nota la importancia del filtro rechaza banda y además se comprobó que el sistema se encuentra funcionando esto es en principio por la integral temporal de la señal EMG. Con esta técnica, se mide y registra o dibuja el valor del EMG integrado en un intervalo de tiempo determinado, 0,1 s, esta integral temporal tiene una relación lineal con la tensión de un músculo bajo ciertas condiciones de contracción isométrica, así como una relación con la actividad de un músculo bajo contracción isotónica. Igual que en la medida de la amplitud, el valor integrado del EMG viene muy afectado por la colocación de los electrodos, pero con una situación de los electrodos determinada, estos valores dan una buena indicación de la actividad muscular. En la siguiente etapa de la investigación se utilizaran métodos estadísticos para estimar las relaciones entre variables.

PRUEBA EN MOVIMIENTO		PRUEBA EN MOVIMIENTO	
VOLTAJE DE ENTRADA	VOLTAJE DE SALIDA	VOLTAJE	FRECUENCIA
200 mv	39.00 mv	39.0 mv	33.09 Hz
200 mv	67.20 mv	67.2 mv	26.63 Hz
200 mv	73.20 mv	73.2 mv	47.02 Hz
200 mv	129.00 mv	129.0 mv	32.02 Hz
200 mv	24.90 mv	24.9 mv	23.68 Hz
200 mv	49.90 mv	49.9 mv	36.07 Hz
200 mv	23.90 mv	23.9 mv	51.02 Hz
200 mv	47.00 mv	47.0 mv	13.26 Hz
200 mv	42.00 mv	42.0 mv	59.85 Hz
200 mv	25.40 mv	25.4 mv	19.80 Hz

Tabla 1 y 2. Se muestra los resultados obtenidos tanto los voltajes de entrada y salida, así como la frecuencia.

En la Fig. 7 se puede observar la intensidad del estímulo que genera la respuesta al movimiento, la altura neta del impulso del potencial de acción, con el que la fibra muscular se activa en un instante de tiempo determinado. La señal obtenida tiende a ser un ruido aleatorio, siendo una energía de la señal función de la cantidad de actividad muscular y de la situación de los electrodos. Las señales obtenidas varían desde 50 μ v hasta alrededor de un milivoltio, dependiendo de la actividad del musculo, Para una reproducción fiel se requiere una respuesta frecuencial desde alrededor de 10 Hz hasta unos 3000 Hz. Las frecuencias no se podían determinar al principio del estudio, puesto que se encontraban perturbadas por el ruido de la red eléctrica, pero pudieron ser encontradas posteriormente y a su vez llevadas al análisis pertinente.

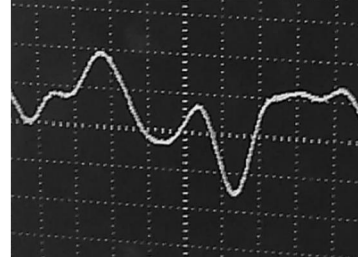
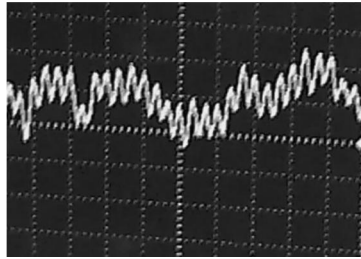


Fig. 7. Obtención de la señal del electromiografo en el osciloscopio.

El cambio percibido en las señales se debe a los errores de instrumentación electrónica: ruido de la fuente, la presencia del transductor de medida, aislamiento de los electrodos, dependiendo de las condiciones de la piel y la temperatura. Se seguirá mejorando el sistema, con un control adecuado para que el error de medida sea mínimo. Este tipo de señales son de muy baja amplitud y frecuencia, como se muestra en las Fig. 8-9 por lo cual se tener sumo cuidado al momento de trabajar con ellas.

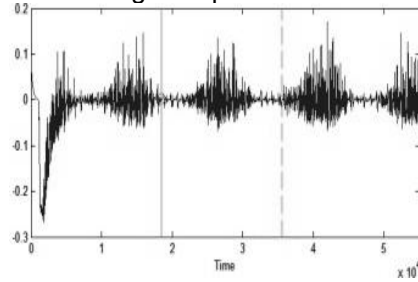


Fig. 8. La señal obtenida durante la prueba de movimiento.

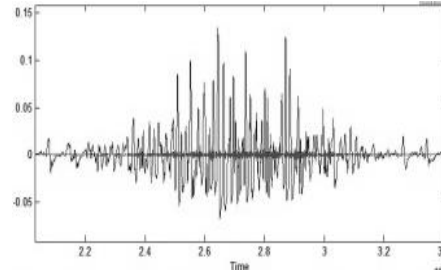


Fig. 9. Se muestra la señal al inicio amplificada.

Haciendo uso de los filtros en Labview se obtuvo la señal como se observa Fig. 9, en donde se ve antes y después del proceso de filtrado y permite observar el esfuerzo del musculo a un potencial de acción mayor.

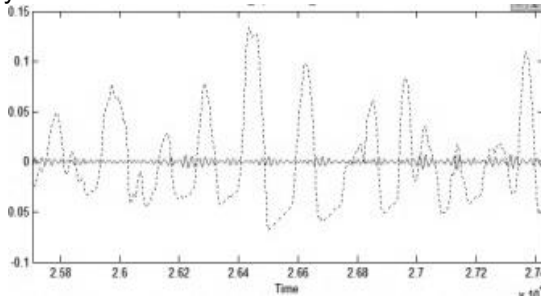


Fig. 10. Se muestra la señal ya filtrada.

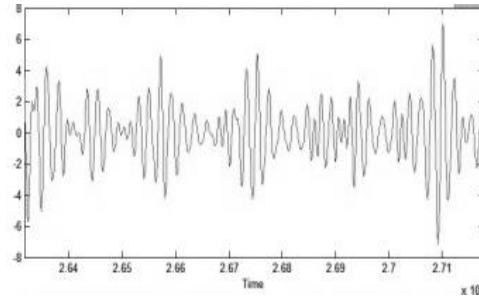


Figura 11. Se muestra la señal la limpia de ruido.

Finalmente en la Fig. 10, se puede observar con claridad únicamente la señal resultante (ampliada en el eje de tiempo), con la se deduce que una persona representa sensibilidad en la rodilla si su señal muestra picos (tétanos fusionados) constantes y casi del mismo tamaño. Mediante el estudio realizado, se contempla la posibilidad de controlar la velocidad de un motor de acuerdo a la amplitud que desarrollen estas señales.



4. CONCLUSIONES

El análisis digital mediante el software Labview permitió un mejor análisis de las bioseñales adquiridas, lo cual es la primera fase para la construcción de una prótesis mioeléctrica. El circuito implementado favorece el análisis de las señales mioeléctricas después de constantes pruebas, considerando un buen uso de los componentes, se debieron considerar resistencias de precisión y capacitores de tantalio para un mejor funcionamiento. Mediante el estudio realizado, se contempla la posibilidad de controlar la velocidad de un motor de acuerdo a la amplitud que desarrollen estas señales, para la implementación en una rodilla electrónica. Las señales mioeléctricas tratan de mantenerse, mientras no estén bajo tensión en un rango de amplitudes y frecuencias muy corto, con esto se da a entender que permanecen estables, pero cuando se genera una tensión cualquiera, están amplitudes y frecuencias tienden a variar muy rápidamente y no permanecen estables. Se pueden generar picos en las amplitudes que fácilmente son 5 veces la señal mioeléctrica sin carga alguna, pero igualmente estos picos se dan en lapsos de tiempo muy cortos. Lógicamente esto dependo de la resistencia que tenga el musculo en cada persona. Es importante aclarar que los instrumentos deben tener una adecuada calibración a la hora de su diseño, debido a los resultados al trabajar con señales mioeléctricas la exactitud es un punto clave a la hora de su análisis, ya que este tipo de señales son de muy baja amplitud y frecuencia, lo cual lleva a tener sumo cuidado al momento de trabajar con ellas.

5. BIBLIOGRAFIA

1. N. Godoy and M. Montoya, Ingeniería Biomédica, EIA, Sistema Básico de Registro de Electromiografía. [En línea]. Disponible: <http://bioinstrumentacion.eia.edu.co/docs/bio/EMG.pdf>.
2. CROMWELL, Leslie. Instrumentación y medidas biomédicas. Primera edición. Barcelona: Marcombo, Boixareu Editores, 1980, 427 p. (Biblioteca Luis Angel Arango; no. 610.28 C76i 19 ed.)
3. National Instruments, Manuals, LabVIEW 2009 Digital Filter Design Toolkit [Online], Disponible en la página de internet [Citado 22 de octubre del 2012].
4. CARR, J y Brown J. Introduction to biomedical equipment technology. Cuarta edición. New York: Prentice Hall, 2001. 743 p. (Biblioteca Universidad de La Salle; no. 0-13-010492-2)
5. COUGHLIN, Robert F. Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. Quinta edición. México: Prentice Hall, 1999, 518 p. (Biblioteca Universidad de La Salle; no. 970-17-0267-0)