
Clasificación de señales electromiografías mediante la configuración de una Red Neurona Artificial

Daniel Tena Frutos¹, Néstor Ramírez Morales¹, Jennifer Garibaldi Rodriguez¹, Jeaneth Flores Zahira¹, Lazaro Rico Perez¹

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Resumen

En esta investigación se presenta un estudio basado en el diseño y construcción de un sistema capaz de hacer la adquisición de señales Electromiográficas (EMG), utilizadas para el control de desplazamiento de un manipulador robótico, las señales EMG no pueden ser utilizadas sin antes pasar por una serie de etapas, que van desde la captación de la señal, acondicionamiento, procesamiento y clasificación, en este trabajo se abordan estos temas haciendo uso de una Red Neurona Artificial (RNA) multiperceptron con un algoritmo de retropropagación al error, usando tres canales EMG del antebrazo para la configuración y entrenamiento de la RNA.

Palabras clave: señales electromiográficas, adquisición, procesamiento, clasificación, red neuronal artificial.

Introducción

La electromiografía es una metodología empleada para el registro y análisis de los potenciales eléctricos generados por los músculos durante el movimiento, su principal aplicación es orientada al diagnóstico de las enfermedades neuromusculares. Las posibilidades de aplicación y de rendimiento en el diagnóstico ha ido avanzando al transcurso de los años, principalmente por la evolución al conocimiento de las propiedades de la energía eléctrica y al desarrollo de la tecnología eléctrica y electrónica. A mediados del siglo XX se presentó el primer equipo al mercado, para uso exclusivo en la medicina, donde se empleaban circuitos electrónicos analógicos. Con el avance que

se ha generado en la tecnología digital se ha podido disponer de sistemas controlados por microprocesadores más robustos capaces de almacenar, analizar y clasificar las señales EMG. Se puede deducir que con un avance en las nuevas tecnologías pueda implementarse la aplicación de inteligencia artificial que clasifique las señales de manera automática (Gila, Malanda, Carreño, Falces, & Navallas, 2009).

Las señales EMG son muy susceptibles de perturbaciones por efecto de campos electromagnéticos cercanos, e incluso por cambios fisiológicos del paciente, la mejora de la precisión de los algoritmos para detectar la intención de movimiento también

ha sido un tema de investigación de interés hasta la fecha (Aaron & González, 2010).

El estudio que involucra al análisis de señales EMG centra su atención en tres principales temas de investigación; los aportes en cuanto al hardware de adquisición y procesamiento de señales, aportes en

cuanto a combinaciones de características extraídas de las señales EMG que proporcionen vectores de características que sean discriminantes y por último métodos de clasificación desde diversos enfoques, ejemplo de algunos de ellos, son las RNAs, Lógica Difusa y K vecinos Próximos entre otros.

Materiales

Para el sistema de adquisición de señal EMG se utilizó un amplificador el cual es capaz de lograr amplificar una señal en las terminales de entrada de hasta 20,700, haciendo uso de

una resistencia variable para ajustar la ganancia, en la figura 1 se muestra la configuración de los pines.

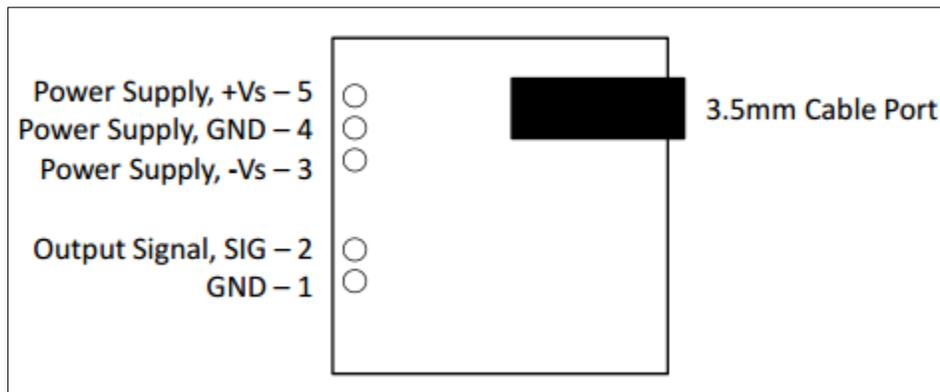


Figura 1. Configuración del amplificador.

El cálculo para determinar la ganancia se obtiene a partir de la ecuación 1 propuesta por el fabricante;

$$Gain = 207 * \left(\frac{x}{1k\Omega}\right) \quad (1)$$

Donde x representa la resistencia variable con la que cuenta el sensor, para efectos de investigación se contempla el uso de un voltaje de entre 0 y 5v, conociendo la

amplitud de la señal EMG que va desde 0 a 10mv, se contempla el uso de una ganancia de 500.

$$500 = 207 * \left(\frac{x}{1k\Omega}\right) \quad (2)$$

Despejando se obtiene:

$$x = \left(\frac{500}{207}\right) * 1k\Omega \quad (3)$$

Resultando necesario utilizar una resistencia de 2.42 KΩ.

El amplificador utilizado está compuesto por tres etapas de procesamiento, las cuales son: amplificación de señal, rectificación y suavizado, en la figura 2 se muestra el diagrama del sensor.

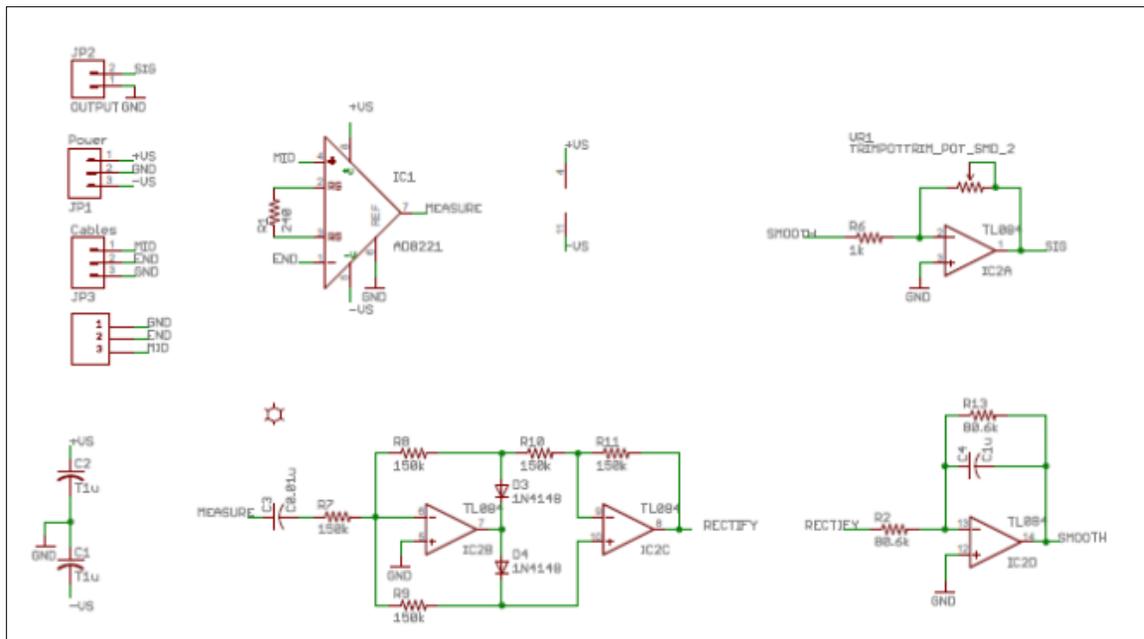


Figura 2. Esquema eléctrico del sensor EMG.

Para poder llevar a cabo la interfaz entre el software para el procesamiento y monitoreo de la señal es necesario hacer uso de una tarjeta de adquisición de datos, para lo cual y de acuerdo a las necesidades fue posible el uso de Arduino Mega, el cual cuenta con las especificaciones necesarias tanto de velocidad de muestreo como de resolución requeridas para la adecuación de la señal, la frecuencia de la señal EMG va desde 0 a 500Hz y haciendo referencia al Teorema de Nyquist que establece que para que no exista pérdida de información en el muestreo de una señal continua es necesario se realice el

muestreo al menos al doble de frecuencia de la señal a analizar (Avila, 2012).

La tarjeta de Arduino mega tiene un tiempo de conversión de entre 13 μs y 260 μs según la hoja de especificaciones Atmega 2560, para determinar la velocidad de muestreo máximo de un ADC, se utiliza el inversor de tiempo de conversión:

$$F \text{ de muestreo} = \frac{1}{\text{Tiempo de conversión}} \quad (4)$$

Sustituyendo los valores de entre 13 μs y 260 μs, se tiene:

$$F \text{ de muestreo} = \frac{1}{13 \mu\text{s}} \quad (5)$$

$$F \text{ de muestreo} = \frac{1}{260 \mu\text{s}} \quad (6)$$

Para lo cual se llegan a obtener frecuencias de muestreo que van desde 3.84 KHz y 76.93 KHz, cumpliendo con la frecuencia mínima de muestreo necesario de 1 KHz.

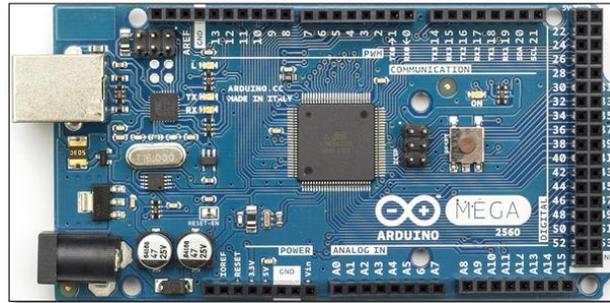


Figura 3. Arduino Mega.

Para obtener la señal EMG se utilizaron electrodos de tipo superficiales, el material del cual están construidos los electrodos es

de cloruro de plata (AgCl) el cual es adherido a la piel con un gel conductor, de tipo no invasivo.



Figura 5. Electrodo Superficial (AgCl).

Método

El método consistió primero en realizar la adquisición de la señal, esto con el uso de los electrodos, el amplificador y la tarjeta de Arduino mega, la posición de los electrodos es en base al músculo que presenta actividad al movimiento a controlar, haciendo uso de tres músculos del antebrazo, una vez obtenida la señal se procedió a realizar una

interfaz gráfica en la plataforma de Matlab Simulink, para realizar la interfaz fue necesario implementar un protocolo de comunicación como se muestra en la figura 6, donde es necesario especificar velocidad de transmisión de datos, puerto de comunicación y tipo de tarjeta.

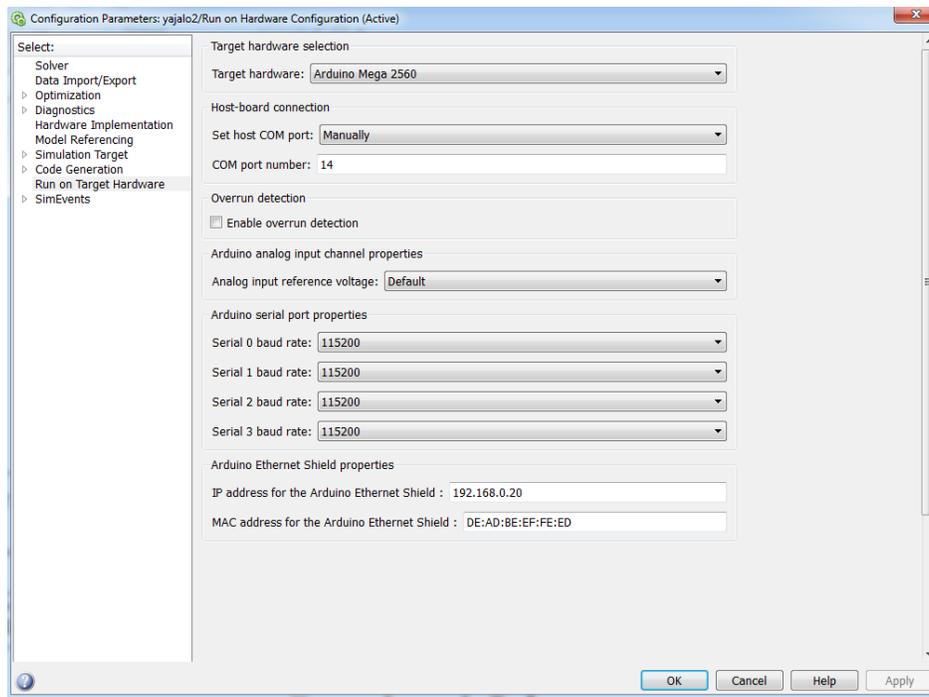


Figura 6. Configuración del Protocolo de comunicación.

El diagrama desarrollado en simulink para la lectura de la entrada analógica del Arduino se muestra en la Figura 7.

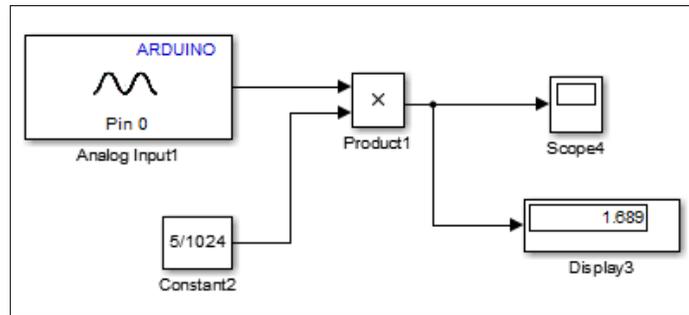


Figura 7. Esquema desarrollado en simulink para obtener la gráfica de la señal.

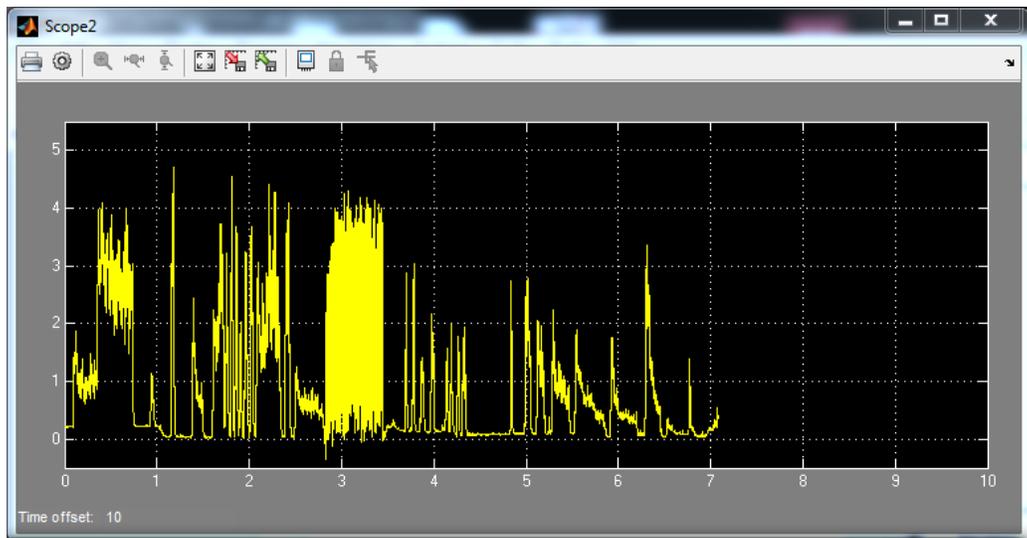


Figura 8. Gráfica de la señal EMG.

Desarrollado la anterior se procedió a la implementación del procesamiento de la señal esto desarrollado en la plataforma de simulink, lo que se llevó a cabo es el uso de un filtro Muesca el cual permite solo el paso de frecuencias bajas, después de filtrada la señal se obtuvo el valor cuadrático medio (RMS), con el fin de obtener una señal

suavizada, además de agregar un retardo a la entrada del valor RMS y un reset para monitorear solo los pulsos y no la señal completa, en la figura 9 se muestra el diagrama desarrollado para el acondicionamiento de la señal, así como también en la figura 10 la gráfica de la señal obtenida.

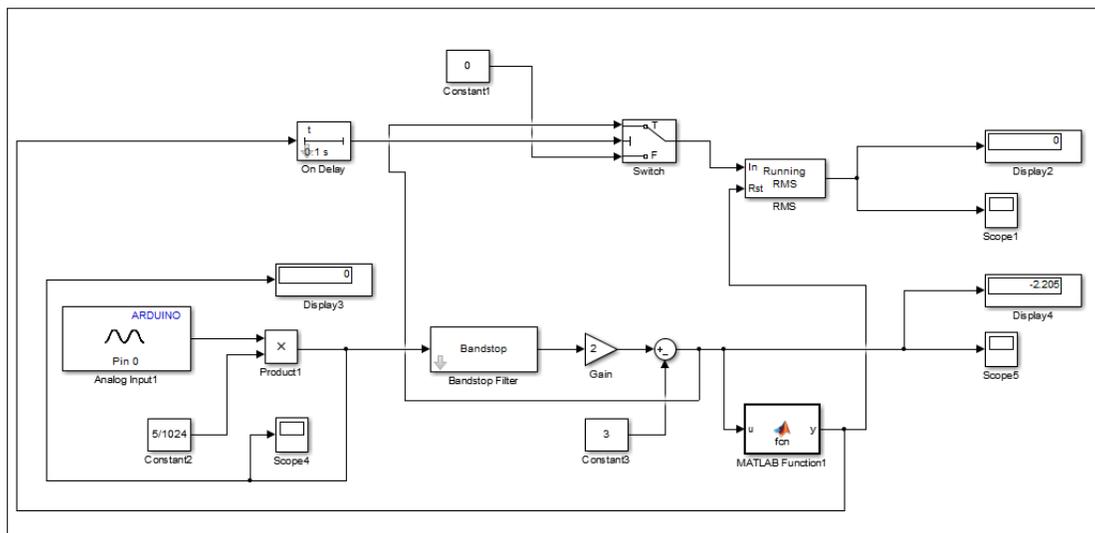


Figura 9. Esquema de acondicionamiento de señal EMG.

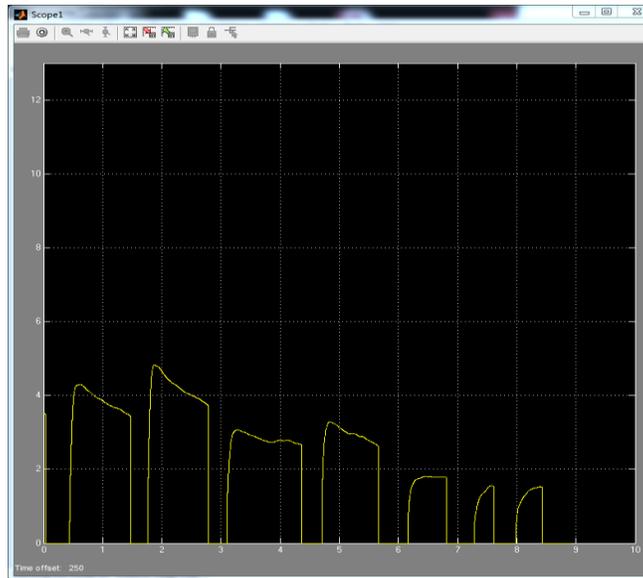


Figura 10. Gráfica del valor RMS de la señal EMG.

Acondicionada la señal EMG se procedió al diseño y configuración de una RNA utilizando tres canales del antebrazo para realizar el entrenamiento, obteniendo valores

para tres desplazamientos del manipulador, en la tabla 1 se muestran los valores en volts y en la Tabla 2 los valores normalizados para lo cual se utilizó la ecuación 7.

Tabla 1. Valores de Voltaje RMS y desplazamiento de manipulador.

Canal 1 (Volts)	Canal 2 (Volts)	Canal 3 (Volts)	Desplazamiento (Cm)
1,13	2,2	0,3	3
1,9	1,3	1	8
3,2	1	1,6	10

Tabla 2. Valores normalizados para utilizados en el entrenamiento de la RNA.

X1	X2	X3	Y4
0	1	0	0
0,3719807	0,25	0,5384615	0,714285714
1	0	1	1

$$X_{normalizada} = \frac{X_{original} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (7)$$

Una vez obtenido los valores para el entrenamiento de la RNA, se utilizó una Red MultiPerceptron con un algoritmo de

Retropropagación al error utilizando la función logsig a la salida de cada neurona el diseño de la RNA se presenta en la figura 11, la programación del algoritmo se

desarrolló en matlab y el diseño del modelo obtenido de la RNA se desarrolló en la plataforma de simulink como se muestra en la figura 12.

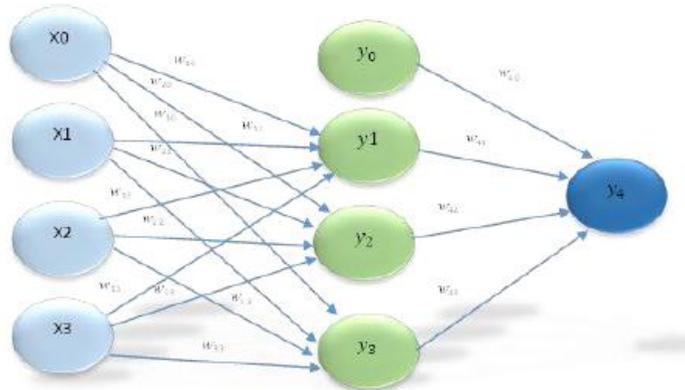


Figura 11. Diseño de la RNA.

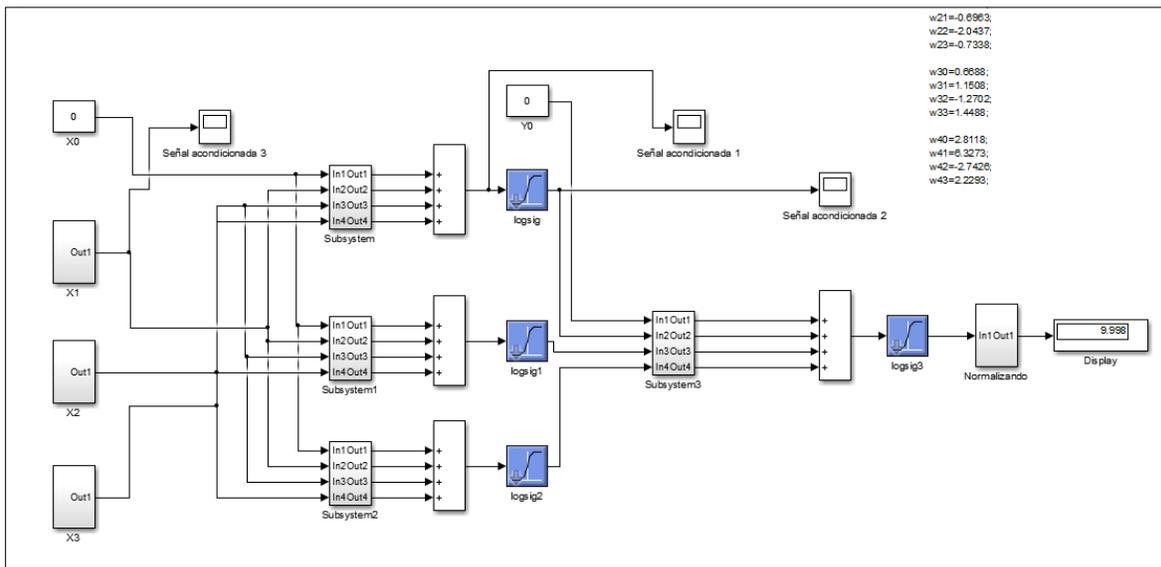


Figura 12. Diagrama utilizado en simulink para la clasificación de señales EMG.

Resultados

Se desarrolló un sistema capaz de captar la señal EMG, procesarla y clasificarla con una RNA utilizando valores RMS para un

entrenamiento supervisado con retropropagación al error, la RNA consiguió clasificar las señales con un error del 1.09%.

La señal EMG es resultado de la actividad muscular de tres canales del antebrazo, se implementaron filtros digitales en la plataforma de simulink, la señal presentaba picos de amplitud al inicio de la señal EMG, ocasionando variaciones en las lecturas, para lo cual se desarrolló un bloque de función para generar un retardo al inicio de la señal, obteniendo con ello una señal suavizada.

Para la comprobación de este sistema se desarrolló un programa en Matlab con los pesos obtenidos de la RNA. Los valores utilizados para el entrenamiento de la RNA fueron normalizados, siendo necesario desarrollar un bloque en Simulink para la normalización de valores a la entrada y la salida.

Conclusiones

El uso de Redes Neuronales Artificiales presenta ser una herramienta viable en el reconocimiento y clasificación de patrones, en el estudio realizado se consiguió desarrollar un sistema capaz de clasificar la señal electromiográfica de tres canales del

antebrazo con el propósito de hacer el control de un manipulador robótico de un grado de libertad determinando en base a la amplitud de la señal el desplazamiento del movimiento.

Referencias

Aaron, I., & González, C. (2010). Diseño Y Construcción De Un Sistema Para La Detección De Señales Electromiográficas, 110.

Avila, E. V. C. (2012). Obtención y análisis de señales electromiográficas de las articulaciones tibiofemoral y femororotuliana aplicada a la detección y

rehabilitación de problemas musculares en el movimiento de la rodilla.

Gila, L., Malanda, a., Carreño, I. R., Falces, J. R., & Navallas, J. (2009). Métodos de procesamiento y análisis de señales electromiográficas. *Anales Del Sistema Sanitario de Navarra*, 32 Suppl 3, 27-43.