

MÓDULO DIDÁCTICO DE EVALUACIÓN Y REGISTRO DE LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA PRODUCIDA POR LOS MÚSCULOS MEDIANTE ELECTROMIOGRAFÍA, PARA EL LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

Javier Frias.

Departamento de Eléctrica y Electrónica de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga.

Resumen: En el presente proyecto se describe la construcción y el desarrollo de un módulo didáctico, electromiograma (EMG), cuya función es adquirir las señales eléctricas que generan las diferentes unidades motoras del músculo esquelético, luego procesarlas y mostrar las salidas de cada una de las etapas, como la de acondicionamiento de la señal, la etapa de la comunicación inalámbrica y la visualización en una interfaz generada en Labview. Para el desarrollo de este módulo; en la toma de adquisición de la señal se utilizó electrodos de superficie Ag/AgCl como ocurre con la adquisición de la mayor parte señales bioléctricas (EMG). Para el acondicionamiento de la señal se requirió de una serie de etapas que están conformadas por una de pre-amplificación de la señal con el amplificador de instrumentación AD620 obteniendo una ganancia variable de 10 y 50 ; luego se tiene un filtro paso bajo, cuya función consiste en limitar las señales de entrada de frecuencias mayores a 2.3 KHz, y un filtro pasa alto que tiene como función limitar las frecuencias menores a 79.56Hz; la siguiente etapa es el amplificador final cuya ganancia varía entre 1 y 100, después se rectifica la onda con un circuito rectificador de media onda, y finalmente se integra la señal resultante para ser enviada a un módulo Arduino Uno, que permite la trasmisión de los datos mediante la tecnología inalámbrica bluetooth hacia el computador, este contiene un HMI realizada en LabView 2010 para la visualización de la señal electromiográfica .

Palabras clave: Biomedicina, Módulo didáctica, Electromiogramas, Diseño y construcción

I. INTRODUCCIÓN.

La Electromiografía es una de las principales técnicas para la evaluación y registro de los potenciales eléctricos generados por los músculos esqueléticos, es decir; registra las variaciones de voltaje que generan las fibras musculares como resultado de la despolarización de las membranas celulares durante la contracción.

Con este proyecto se construyó un equipo biomédico , Electromiograma un módulo didáctico para la evaluación y registro de la actividad eléctrica producida por los músculos mediante, se utilizó herramientas de electrónica básica, conceptos de programación y un entorno gráfico realizado en el programa LabView 2010, que servirá para la visualización de la señal obtenida por el módulo mediante una comunicación inalámbrica basada en la tecnología Bluetooth.

En la Figura 1 se puede observar el diagrama de bloques del proyecto implementado.

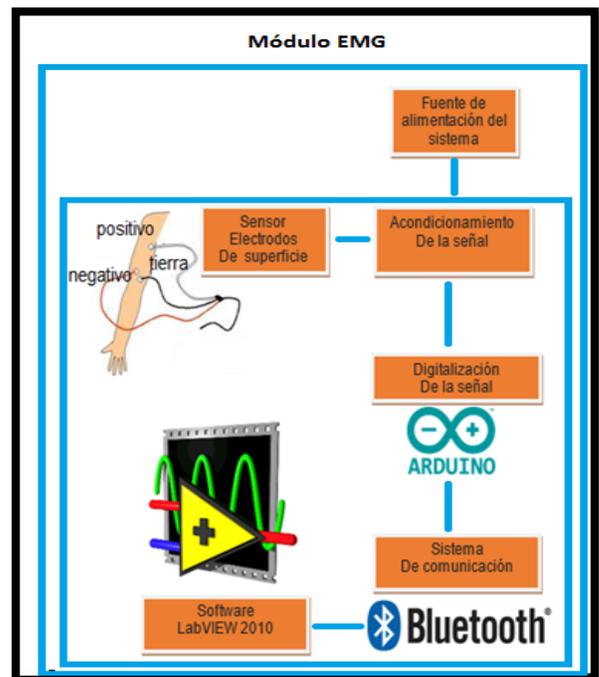


Figura1: Diagrama de bloques del Proyecto al ser implementado.

II. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO ELECTROMIOGRAMA.

2.1 DISEÑO DEL HARDWARE

El Hardware consiste en la etapa de Sensor Electrodo de superficie el Acondicionamiento de la señal, la Digitalización de la señal y del Sistema de comunicación. Figura 2

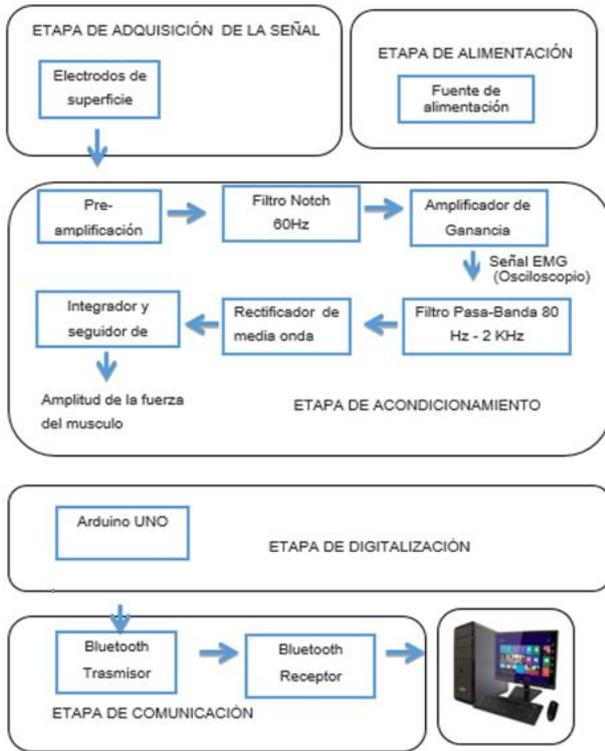


Figura 2: Diseño del Hardware y Software

2.1.1 Etapa de adquisición de la señal.

Para la etapa de acondicionamiento de la señal se utilizó electrodos de superficie, estos electrodos son de Ag/Ag Cl y se usan en contacto directo con el gel electrolítico sobre la piel, como se indica en la Figura 3.



Figura 3: Electrodos Ag/Ag Cl.

2.1.2 Etapa de acondicionamiento de la señal.

Para la etapa de acondicionamiento de la señal se realizaron las sub etapas de Pre-amplificación, Amplificador de ganancia, Filtro Pasa – Banda, Rectificador de media onda, Integrador y seguidor de voltaje; cada uno con sus características de diseño requeridos como se muestra en la figura 4.

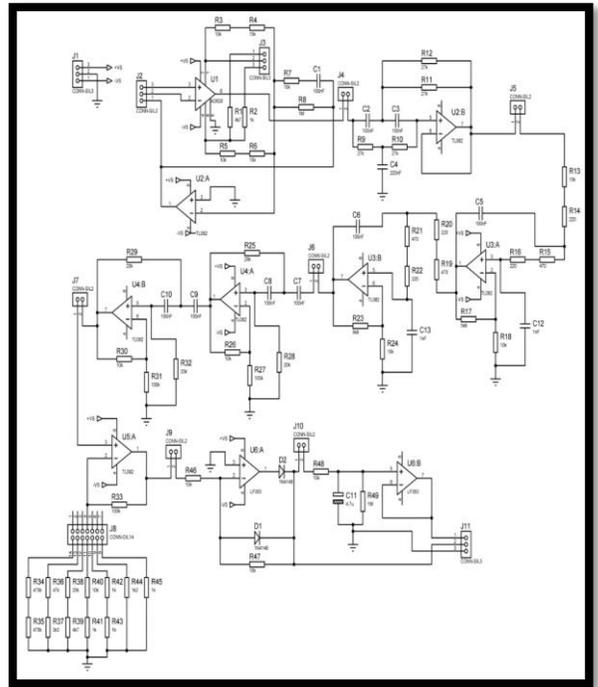


Figura 4: Diagrama de acondicionamiento de la señal EMG.

2.1.3 Etapa de Digitalización.

La señal de la etapa de acondicionamiento para ser procesada, debe ser primeramente digitalizada, es decir muestreada y cuantificada. En esta etapa se ha recurrido a la ayuda al módulo Arduino UNO que contiene un ADC de 10 bits. Figura 5

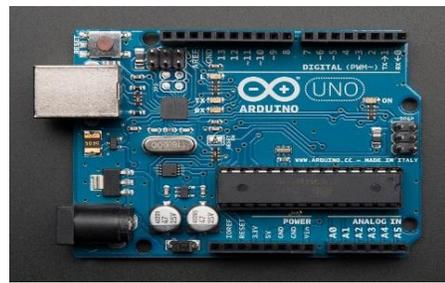


Figura 5 Arduino Uno.

2.1.4 Etapa de Comunicación.

Para la etapa de comunicación se utilizó una comunicación serial mediante el módulo Bluetooth HC 06. Figura 6.

Se seleccionó el módulo Bluetooth HC 06 ya que es utilizado para aplicaciones inalámbricas con dispositivos, en este caso con módulo Arduino Uno, utiliza el protocolo UART RS 232 y contiene cuatro pines (Vcc, GND, Rx, Tx).



Figura 6 Bluetooth HC 06.

2.1.5 Configuración módulo bluetooth.

Para la configuración del cambio de velocidad del módulo bluetooth HC 06 se realizó mediante otro módulo bluetooth (MAX232), el cual convierte la señal TTL en señal RS232 y la señal RS232 en en señal TTL. Figura 7.



Figura 7. Módulo MAX232.

Para el cambio de velocidad se conectó el pin Tx del módulo bluetooth con el pin Rx del módulo MAX232 y el pin Rx del módulo bluetooth con el pin Tx del MAX232 y su respectivos pines de alimentación como se muestra en la figura (Figura 8), de esta forma podemos comunicar nuestro módulo bluetooth HC06 con el computador poder cambiar la velocidad de 960 bps a 19200 bps para tener una mejor visualización en tiempo real.

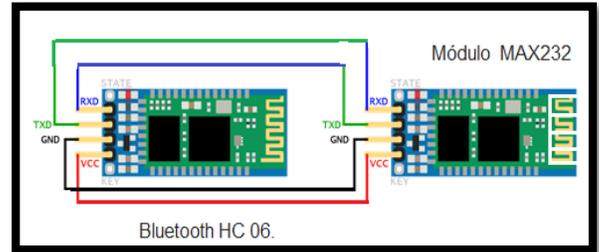


Figura 8 Conexión módulo bluetooth con el módulo MAX232.

2.2. DISEÑO DEL SOFTWARE.

El software, se encarga de visualizar las señales en el computador, para la adquisición de la señal se selecciona el entorno de desarrollo para Arduino Uno, entorno de programación que se utiliza para tarjetas Arduino y para la visualización de la señal EMG, se seleccionó la plataforma LabView 2010.

2.2.1 Entorno de desarrollo para Arduino Uno

Arduino trabaja con una tabla de texto para su escritura de software dada con el nombre sketch, este entorno de programación es muy similar a otros como un editor de texto, contiene en sus pestañas de trabajo Archivo, Editar, Sketch, Herramientas y Ayuda, similar a programas comunes de programación. En el área de mensajes se muestra información mientras se cargan los programas y también muestra errores. La consola muestra el texto de salida para el entorno de Arduino incluyendo los mensajes de error completos y otras informaciones. Figura 9.



Figura 9 Entorno de desarrollo de Arduino.

En la Figura 10 se puede observar la programación del Arduino UNO.

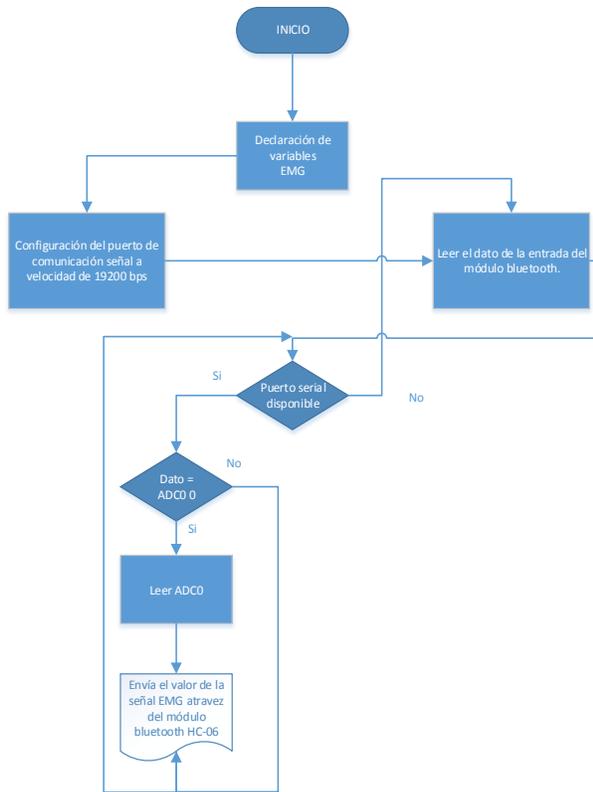


Figura 10: Diagrama de flujo de la programación Arduino UNO.

La señal del EMG es asignada a un dato para que pueda adquirir la tarjeta Arduino UNO, se configura el puerto de comunicación a una velocidad de transmisión de 19200 bps, velocidad a la cual esta seleccionada en el módulo bluetooth, lee el dato en la entrada del módulo bluetooth, luego verifica si el puerto serial está disponible, si no está disponible vuelve a leer el dato hasta que esté disponible. Cuando ya esté el puerto serial listo (Arduino Uno) procesa el dato con sus respectivos cálculos y los envía por el módulo Bluetooth al computador donde la variable será visualizada.

2.2.2 Plataforma para la visualización del HMI.

Para el diseño del software del HMI (Interfaz Humano – Maquina) del módulo didáctico se decidió utilizar la Plataforma LabView (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench), y de sus múltiples versiones se ha elegido la versión 2010. La elección de esta Plataforma para el desarrollo del mismo se fundamenta en el hecho de que es simple para utilizarse en instrumentación virtual debido a su lenguaje gráfico de programación conocido como lenguaje G, que permite la interacción entre la máquina y el usuario.

El objetivo de la interfaz HMI desarrollada es la visualización de la señal captada por el módulo didáctico, y de esta forma comprobar el correcto funcionamiento. Figura 11 y Figura 12.

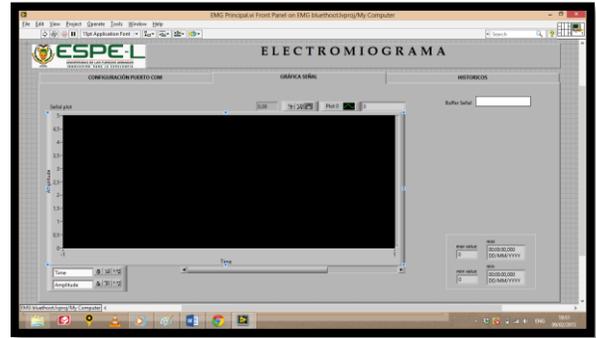


Figura 11 Panel frontal interfaz HMI desarrollada en LabView (gráfica de la señal).

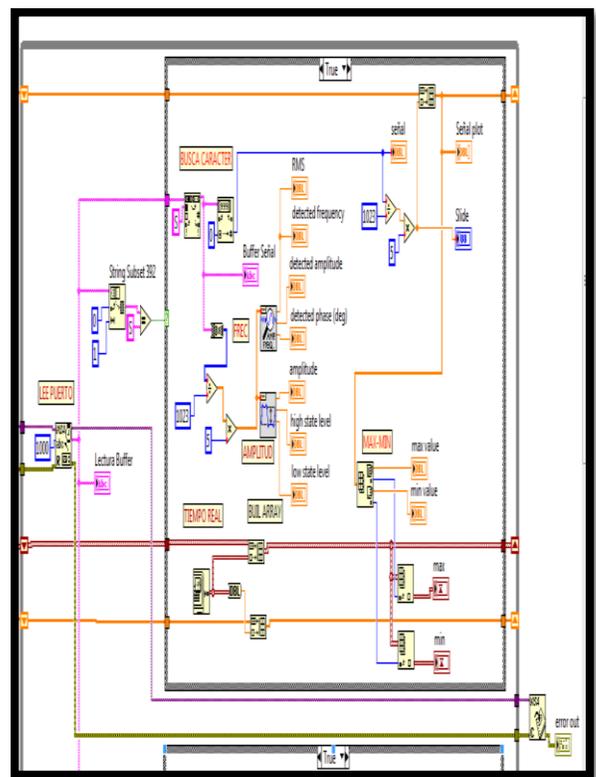


Figura 12 Panel de programación interfaz HMI desarrollada en LabView (lectura de la señal).

En la siguiente figura se observa el diagrama de flujo para la adquisición y visualización de los datos, bajo la plataforma LabView. Figura 13.

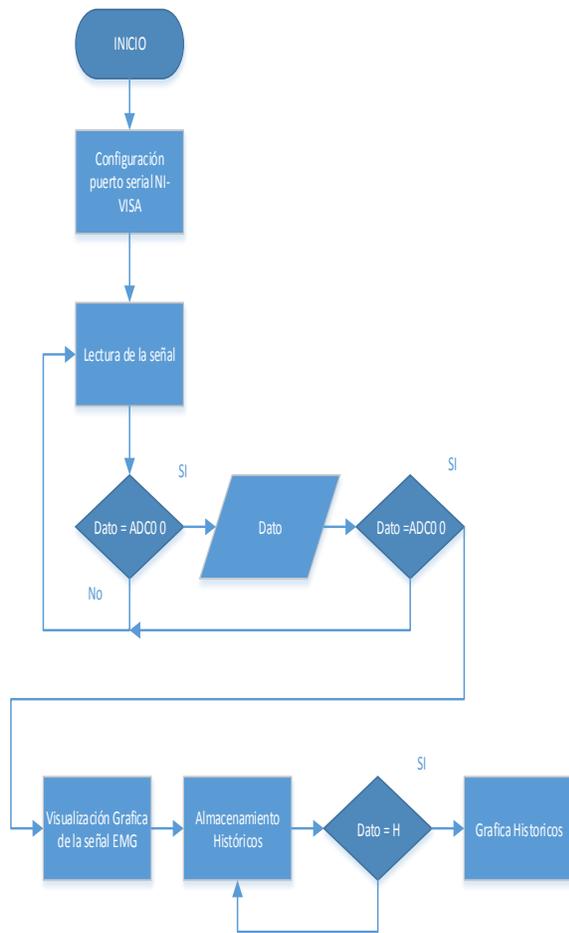


Figura 13 Diagrama de flujo del módulo bajo la plataforma LabView.

El diagrama de flujo de la programación del módulo para la obtención y visualización de los datos, muestra la entrada de datos de la etapa de configuración del puerto para la comunicación (Bluetooth) y luego lee el dato de la variable obtenida, asignada en la tarjeta Arduino Uno con su valor correspondiente para luego ser visualizada en el computador, tanto la señal del EMG como también un Histórico de dichas señales tomadas en la medición.

III PRUEBAS Y RESULTADOS

Mediante la realización de pruebas se presentan datos satisfactorios, en el Hardware al igual que con el software que fue desarrollado, se comprobó un nivel alto de fidelidad de los datos y una correcta visualización de las señales.

3.1 Prueba realizada en la etapa de Pre-Amplificación.

En la siguiente figura, se observa la primera señal obtenida en el módulo didáctico, contiene ruido, debido

a que es su primera etapa de acondicionamiento de la señal. Figura 14

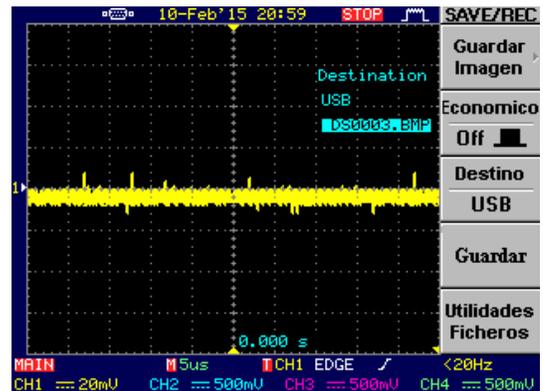


Figura 14 Gráfica de la etapa de pre amplificación, mostrada en un osciloscopio.

3.2 Prueba realizada en la etapa de filtro Pasa-Bajo (LPF), y en la etapa de filtrado Pasa-Alto (HPF).

En la figura mostrada se observa la disminución de ruido, ya que para esta etapa se diseñó un filtro pasa bajo y un filtro pasa alto que nos ayuda a eliminar señales de entrada de frecuencia mayor a 2.3 KHz y menores a 79.56Hz, rango en las que se encuentran las señales eléctricas producidas por los músculos esqueléticos. Figura 15

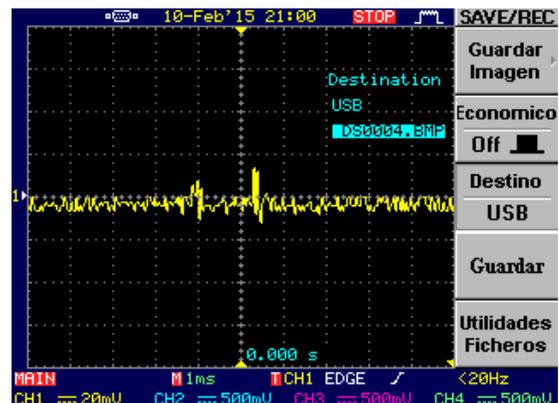


Figura 15 Gráfica de la etapa del Filtro Pasa-Bajo y Filtro Pasa-Alto mostrada en un osciloscopio.

3.3 Prueba realizada en la etapa de amplificador de ganancia.

En la etapa de amplificación de ganancia se verificó la amplificación que tiene esta etapa, señal que se le puede amplificar hasta 100 veces. Figura 16.

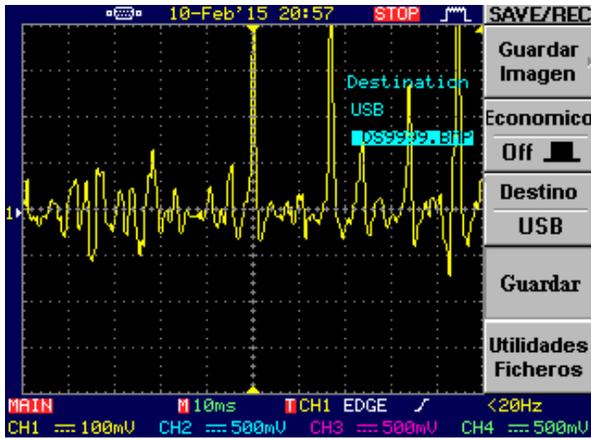


Figura 16 Gráfica de la etapa del Amplificador de Ganancia, mostrada en un osciloscopio.

3.4 Prueba realizada en la etapa del rectificadora de media onda.

A continuación se muestra la señal en la etapa de rectificador de media onda, como se nota se eliminó su parte negativa, debido a que para la medición de la fuerza muscular, la señal que pasa a través de la etapa de amplificador de ganancia debe ser también rectificada. Figura 17

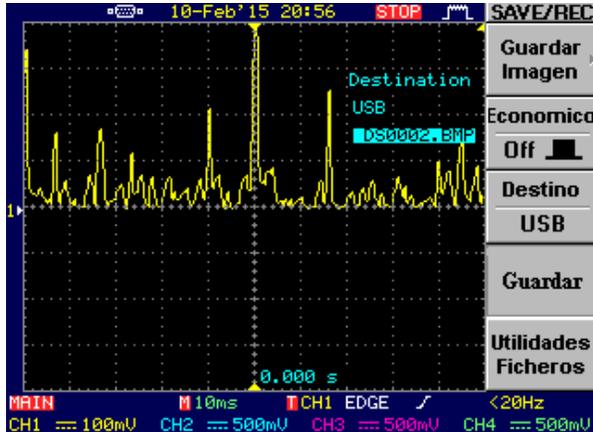


Figura 17 Gráfica de la etapa del Rectificador de media Onda, mostrada en un osciloscopio

3.5 Prueba realizada en la etapa del integrador y seguidor de voltaje.

En esta etapa muestra la señal ya integrada como podemos observar en la siguiente figura (Figura 18), las señales que pasan por las etapas anteriores deben ser integrada, es decir para poder obtener una señal más limpia en la cual se observe con claridad la amplitud de la fuerza muscular.

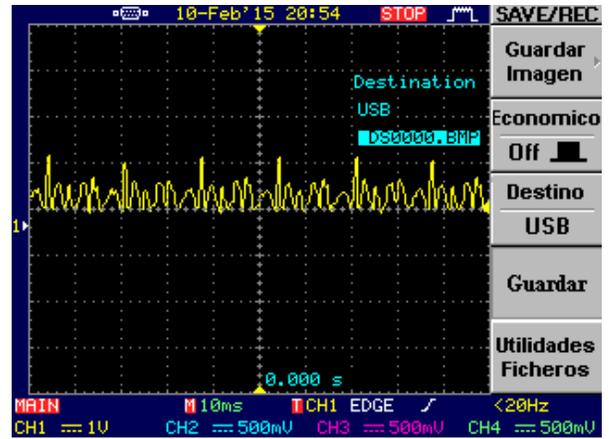


Figura 18 Gráfica de la etapa integrador y Seguidor de Voltaje, mostrada en un osciloscopio

3.6 Prueba realizada en la interface HMI.

En la figura se muestra la señal EMG, ya procesada por todas sus etapas analógicas la cual se visualiza con el software realizado en LabView, donde la forma de la señal EMG se obtiene en el computador vía la comunicación inalámbrica Bluetooth desde el módulo didáctico. Figura 19

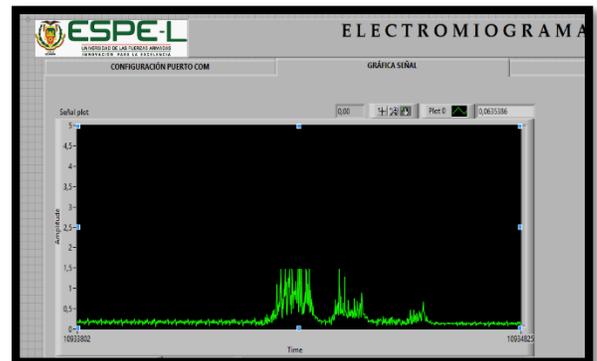


Figura 19 Tabla de la gráfica de la señal, mostrada en el computador HMI

IV. CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó el módulo didáctico EMG, bajo las condiciones establecidas en el proyecto aprobado por la carrera.
- El uso de electrodos de tipo desechables de superficie de Ag/AgCl, permitió un registro adecuado de las señales eléctricas provenientes del musculo esquelético debido a su alta capacidad de captar la señal EMG con un nivel de ruido mínimo..

- Los amplificadores y preamplificadores del módulo fueron ajustados a ganancias de 10 a 100 para obtener la visualización de la señal adquirida, por motivo que las señales de amplitud de la electromiografía son muy bajas
- El desarrollo de la programación para la digitalización de la señal se lo realizó en la plataforma de programación para Arduino, con la ayuda del software que Arduino brinda en su sitio web y sin costo, debido a que el módulo Arduino Uno trabaja solo con estas plataformas de programación propios de su casa.
- El uso de rectificador de media onda, permitió anular la parte negativa de la señal adquirida, sin disminuir su amplitud, por lo que no hubo la necesidad de emplear otro amplificador antes de la integración.
- La tarjeta Arduino permitió la digitalización de la señal, acondicionada a un rango de 0 a 5 voltios para que esta sea mostrada en el HMI.
- Se configuró el módulo bluetooth HC 06, cambiando su nombre y su velocidad de transmisión de 9600 bps a 19200 bps, debido a que la velocidad de transmisión viene por defecto y es necesario cambiar a 19200 bps para que la visualización en el HMI sea en tiempo real, obteniendo así una comunicación inalámbrica deseada para la transmisión de la señal con esta tecnología Bluetooth.
- La comunicación inalámbrica entre el módulo EMG y el computador tiene una efectividad de 6 metros de alcance para la transmisión de datos, luego esta comunicación tiende a ser interrumpida.
- Este módulo puede transmitir la señal tanto inalámbricamente o con el cable de conexión USB.
- LabView conformó una parte importante en la visualización de la señal, tanto como el puerto VISA, ya que gracias a este software se pudo visualizar en una interfaz amigable con los requerimientos establecidos.

V. REFERENCIAS

M. R. F. M. a. J. C. M. A. Mananas, Evaluation of muscle activity and fatigue in extensor forearm, E.E.U.U, 2005.

R. Burke., Motor units: anatomy, physiology, and functional organization, E.E.U.U: Bethesda, MD, 1991.

L. B. N. E. W. G. Feinstein B, Morphologic studies of motor units in normal human muscles., 2004.

«neurofisiologiagranada.com,» 2005. [En línea]. Available: <http://neurofisiologiagranada.com/emg/emg-interpretacion.htm>. [Último acceso: 14 7 2014].

«slideplayer,» Julio 2009. [En línea]. Available: <http://slideplayer.es/slide/2261857/>. [Último acceso: 14 7 2014].

L. K&H MFG CO., E.E.U.U: UKS Quality Management, 2000.

L. N. Robert L. Boylestad, Fundamentos Electricos, Mexico: Rex Davidsom, 1997.

C. T. -. T. a. d. XBee, «trobotica.co,» [En línea]. Available: <http://trobotica.co/tutoriales/arduino/327-comunicaciones-t01com-teoria-acerca-de-xbee>. [Último acceso: 4 8 20014].

«www.adafruit.com,» 18 8 2012. [En línea]. Available: <http://www.adafruit.com/blog/2012/07/18/xbec-internet-gateway-released-for-macintosh-windows-and-linux/>. [Último acceso: 8 8 2014].

«www.nighthard.com,» 18 4 2011. [En línea]. Available: <http://www.nighthard.com/2011/04/wi-fi-direct-tecnologia-permite.html>. [Último acceso: 10 8 2014].

L. Blackberry, «Lab Blackberry,» Blackberry, 23 julio 2013. [En línea]. Available: <http://lablackberry.com/2013/07/blackberry-soporta-bluetooth-listo-listo-para-desarrollo-de-aplicaciones-de-m2m.html>. [Último acceso: 12 Enero 2014].

J. A. G. Mejía, «ingenio solido,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.ingeniosolido.com/blog/2010/06/zigbee-vs-bluetooth-vs-wi-fi-parte-1/>. [Último acceso: 4 12 2014].

www.copadata.com, «www.copadata.com,» 8 5 2008. [En línea]. Available: <http://www.copadata.com/es/productos/product-features/interfaz-hombre-maquina-hmi.html>. [Último acceso: 15 1 2015].

«www.analog.com/,» 21 julio 2014. [En línea]. Available: <http://www.analog.com/en/specialty-amplifiers/instrumentation-amplifiers/ad620/products/product.html>. [Último acceso: 11 septiembre 2014].

«texas instruments,» 2 mayo 1995. [En línea]. Available: <http://www.ti.com/product/tl084>. [Último acceso: 8 septiembre 2014].

www.motoresyautomatizacion.com, «www.motoresyautomatizacion.com,» 8 4 2012. [En línea]. Available: <http://www.motoresyautomatizacion.com/2012/08/rectificador-de-onda-completa-en-puente.html>. [Último acceso: 8 11 2014].



Javier Frias. Nació en Pelileo provincia de Tungurahua en Ecuador. Sus estudios primarios lo realizó en la escuela fiscal Domingo Faustino Sarmiento, sus estudios secundarios los realizó en el Colegio Nacional Mariano Benítez en donde obtuvo su título de bachiller en Ciencias Especialización Física-Matemática 2001.

Actualmente se encuentra finalizando sus estudios de Ingeniería en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga – Ecuador.