

RESISTIVE SIGNAL PROCESSING DEVICE FROM SENSING SYSTEM FLEX

John Freddy Remolina López¹, Fabián Alfonso Lara Vargas², Juan Manuel Genes Díaz³, Luis Yanes Garcés⁴
Facultad de Ingeniería Electrónica. Universidad Pontificia Bolivariana, Montería, Colombia

Recibido abril 7 de 2014 – Aceptado abril 25 de 2014

<http://dx.doi.org/10.18566/puente.v9n1.a06>

Resumen— El lenguaje forma parte fundamental de la comunicación en cualquier sociedad, y existen personas que presentan dificultades para percibir y pronunciar los sonidos característicos del lenguaje común. Para estas personas se ha diseñado el lenguaje de señas, el cual se puede caracterizar, implementando los avances tecnológicos que se presentan actualmente. El objetivo del presente trabajo es diseñar un prototipo que permita procesar los cambios presentados en un sistema de sensores resistivos acoplados a un micro-controlador Arduino Lilypad. Para desarrollar este proyecto, en primera instancia se estudió el comportamiento de cada uno de los componentes aquí implementados, luego de esto se implementaron en el diseño del guante. Después de tener el diseño del guante se pudo proceder a desarrollar una interfaz gráfica en el programa Matlab, en la cual se puede caracterizar y visualizar los movimientos realizados por cada una de las articulaciones que poseen los dedos de la mano.

Palabras clave— Sensores de flexión, Lenguaje de señas, Sistema Arduino

Abstract— Language is a fundamental part of the communication in any society, there are people with difficulties to perceive and pronounce the characteristic sounds of the common language. The sign language was designed for these people, which can be characterized by implementing technological advances that are currently present. The objective of this work is to design a prototype that allows process changes introduced into a system of resistive sensors coupled to a Lilypad Arduino microcontroller. To develop this project, the first step was study the behavior of each implemented component, after that were implemented in the design of the glove. With the

glove design finished, we could proceed to develop a graphical interface in Matlab, which can characterize and visualize the movements made by each articulation of the fingers.

Keywords— flex sensors, signs language, Arduino system

I. INTRODUCCION

El lenguaje es algo muy necesario para la comunicación entre los seres humanos, pero cada vez es más abundante el número de personas que presentan alguna dificultad para pronunciar o percibir los sonidos característicos del lenguaje común, para esta población surge lo que se conoce como lenguaje de señas, el cual consiste en códigos gestuales realizados con manos y brazos. Debido al aumento de estas dificultades, la ciencia busca con nuevos avances desarrollar prototipos capaces de disminuir las deficiencias comunicativas en esta población. Este proyecto se basa en los avances de la ciencia y tecnología, al pretender caracterizar los movimientos propios del lenguaje de señas mediante sensores de flexión acoplados a un guante para luego ser proyectados en una interfaz gráfica. El objetivo del proyecto consiste en diseñar un prototipo microcontrolado con Arduino que permita recibir y procesar las señales provenientes de los cambios resistivos que se presenten en un sistema de sensores de flexión acoplados al guante, para luego proceder a desarrollar la interfaz gráfica que permita la caracterización y visualización de los movimientos provenientes del guante. Para alcanzar este objetivo se realizó una búsqueda de los avances tecnológicos presentes en todo lo relacionado con sensores de flexión, acelerómetros, Arduino y sus principales aplicaciones en la electrónica y robótica, y luego se procedió a implementarlo en un guante para posteriormente realizar la parte de software que consistió en la programación del Arduino y de la interfaz gráfica en Matlab.

¹ John Freddy Remolina López. Ingeniería Electrónica. Universidad Pontificia Bolivariana. Email: john.remolina@upb.edu.co

² Fabián Alfonso Lara Vargas. Ingeniería Electrónica. Universidad Pontificia Bolivariana. Email: fabian.lara@upb.edu.co

³ Juan Manuel Genes Díaz. Ingeniería Electrónica. Universidad Pontificia Bolivariana. Email: genes.pickup@gmail.com

⁴ Luis Yanes Garcés. Ingeniería Electrónica. Universidad Pontificia Bolivariana. Email: luis_yanes.08@hotmail.com



Fig. 1. Sensor de flexión Sparkfun 2.2" [1]

La siguiente etapa de este proyecto es realizar el aprendizaje automático del dispositivo, para que pueda reconocer los caracteres alfabéticos a través del lenguaje de señas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Sensores

Con respecto a los sensores de flexión se puede decir que éste se flexiona fácilmente permitiendo obtener una medida del ángulo de desplazamiento, con respecto a un punto específico fijado al momento del diseño, proporcionando una variación en la resistencia interna ya que es esencialmente una resistencia variable (ver Fig. 1). Es muy implementado en diferentes áreas de la electrónica como son la Biomédica y robótica entre otras aplicaciones [1].

Un sensor acelerómetro es un dispositivo que permite medir en su modo dinámico los movimientos a los que es sometido una parte de él, y en su modo estático la inclinación con respecto a la gravedad. El LSM303DLH es un sensor que internamente cuenta con un acelerómetro lineal 3D digital y un sensor magnético 3D digital. La tecnología que se implementa para desarrollar la

interfaz de este circuito integrado (CI) es la CMOS (*Complementary metal – oxide semiconductor* o semiconductor complementario de óxido metálico), que permite un diseño eficiente adaptándose de una mejor forma a las características de detección de éste CI. El integrado cuenta tanto con un sensor de aceleración lineal como con un campo magnético a gran escala, estas características pueden ser seleccionadas por el usuario o programador.

Este dispositivo se puede configurar con el fin de generar una señal de interrupción por activación inercial o por caída libre durante eventos.

Entre sus características están: tensión de alimentación analógica 2.5 – 3.3 V, tensión de alimentación digital 1.8 V, cuenta con interruptores programables en sus dos modos, el de campo magnético y el de aceleración lineal, 16 bits de salida de datos, amplia escala de medición magnética, sensor de aceleración lineal de gran escala (ver Fig. 2 y Fig. 3) [2].

Un sistema Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar. Existen diversos tipos de Arduino que operan bajo el mismo principio, difiriendo la una de la otra en su tamaño, cantidad de pines y tipo de micro procesador [4]. Un Arduino permite un cálculo de alrededor de 300.000 líneas de código del programa por segundo, al igual que posee suficientes salidas y entradas que la hacen útil para muchas aplicaciones; así como son muy comercializadas una gran variedad de módulos adicionales llamados escudos para aplicaciones con Arduino, de los cuales uno de los más populares e implementado es el escudo de Ethernet, el cual permite al micro-controlador intercambiar información con ordenadores en una red local u otros dispositivos conectados a esta[5].

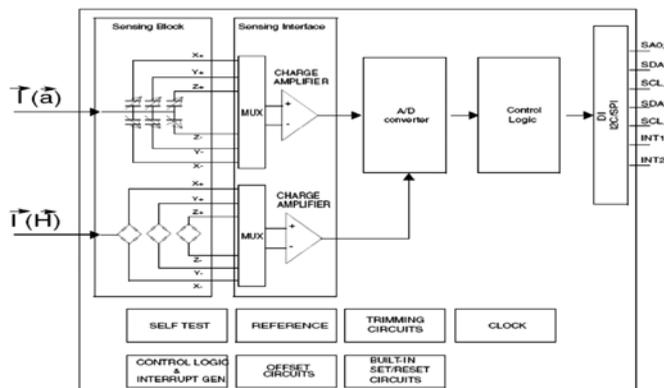


Fig. 2. Diagrama de bloque del integrado LSM 303[3].

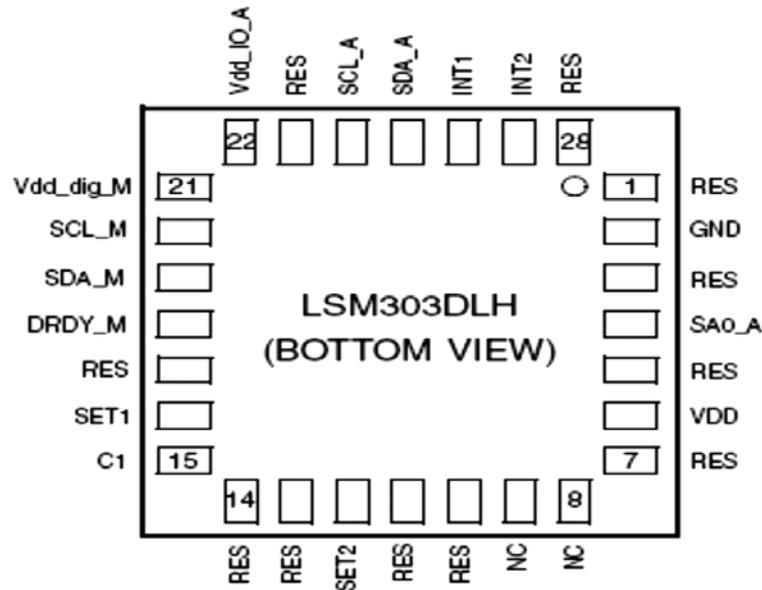


Fig. 3. Diagrama de pines del LSM 303[3]

El Arduino Lilypad fue diseñado con el propósito de desarrollar la electrónica portátil, a fin de aplicarla en productos como ropa y otros tipos de prendas textiles, siendo también implementado en otro tipo de proyectos bastante interesante. Consiste en un ATmega328 que posee un gestor de arranque de Arduino así como un número mínimo de componentes externos para lograr un diseño más pequeño y simple. Funciona con un rango de voltaje comprendido entre los 2V y los 5V.

Una cualidad importante de este dispositivo es que brinda la posibilidad de ser lavado. Otras de sus características son: posee 14 pines digitales I/O 6 de los cuales proporcionan una salida PWM, cuenta con 6 pines de entrada analógica, memoria flash de 16 KB, de estos, 2 son implementados por el gestor de arranque, la velocidad del reloj es de 8 MHz, memoria EEPROM de 512 Bytes, SRAM de 1KB (ver Fig. 4) [3].

B. Estado del arte

En la actualidad el Arduino ha sido ampliamente implementado en diversas aplicaciones afines con el área de la biomédica, como lo mencionan Kornuta, Nipper y Dixon en su artículo “Low-cost microcontroller platform for studying lymphatic biomechanics in vitro” en el que se implementa el Arduino con el fin de recrear una forma de onda deseada mediante el procesamiento de cada uno de los valores provenientes de una maquina peristáltica, y poder

manejarlos en incrementos de tiempos específicos para la bomba, todo esto se logra con la ayuda de un intercambiador de nivel TTL, y el progreso es mostrado por el Arduino en un display de cristal líquido (LCD).

El Arduino lo que busca es evitar que a la bomba le sean enviados comandos demasiado rápidos. El Arduino está en la capacidad de refinar este tiempo automáticamente gracias a las características especificadas al momento de la programación [6].

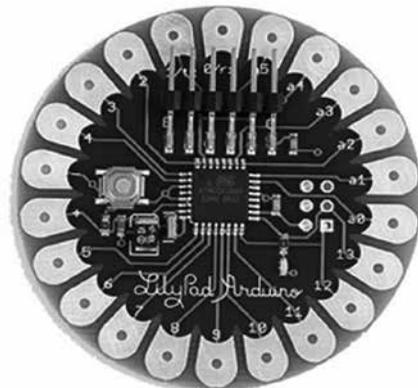


Fig. 4. Arduino Lilypad [4].

Durante el 2006 Wang y Leu diseñaron un guante para el reconocimiento del lenguaje de señas Americano (ASL), el guante consta de 18 sensores y posee una frecuencia de grabación de datos hasta de 150 Hz, el

sistema realiza un seguimiento de la posición y orientación de la mano en el espacio 3-D y es capaz de sintetizar los movimientos en voz. Para el reconocimiento de las señas se utilizó modelos ocultos de Markov o HMM que poseen la capacidad de segmentar los datos a sus signos constitutivos implícitamente y de forma continua.

Para lograr el continuo reconocimiento de las señas de ASL, se desarrolló un proceso estocástico basado en el algoritmo HMM, los parámetros de los HMM se definen con distribución gaussiana basadas en las muestras del entrenamiento. El sistema permite realizar el entrenamiento interactivo en línea y el reconocimiento de gestos de ASL en tiempo real y puede también de forma inteligente aprender nuevos gestos [7].

En los Estados Unidos por la falta de intérpretes del lenguaje de señas se han implementado aplicaciones de software que permiten incorporar elementos tecnológicos con el fin de facilitar la interacción de personas sordomudas por medio de un sistema de traducción integrada. Para lograr esto la persona debe llevar una tableta u otro elemento que incorpore el sistema de traducción. Este sistema de traducción es conocido como; LSESpeak: Un generador de lenguaje oral para personas sordas [8].

C. Desarrollo metodológico

Se utiliza el Arduino Lilypad para la adquisición de señales, mediante el diseño electrónico que se muestra en la figura 5. Las entradas analógicas del Arduino Lilypad son usadas para adquirir las señales provenientes de los diferentes sensores de flexión. Los pines de transmisión y recepción del Arduino Lilypad son configurados para comunicarse con el PC, teniendo en cuenta la velocidad de transmisión del microcontrolador (ver Fig. 5).

Teniendo en cuenta lo anterior se diseñó el siguiente código para el Arduino Lilypad que permite: - crear las variables empleadas para el programa que en este caso son los 5 sensores; - tomar los datos provenientes de los sensores en las entradas analógicas, almacenarlos temporalmente, hacer una comparación entre las lecturas para obtener el máximo valor y escalar el dato a través de la función *map* para convertir el valor de cuentas de la entrada analógica a un valor de 0 a 90 por referirse a ángulos, para hallar ese intervalo donde se movía el sensor de flexión fue necesario realizar pruebas de ensayo y error manipulando el guante; - establecer comunicación con un computador ya que el dato del sensor que oscila entre 0 y 90 se envía a manera de trama junto con los de los otros 4 sensores a una tasa de 9600 baudios a través del puerto serie.

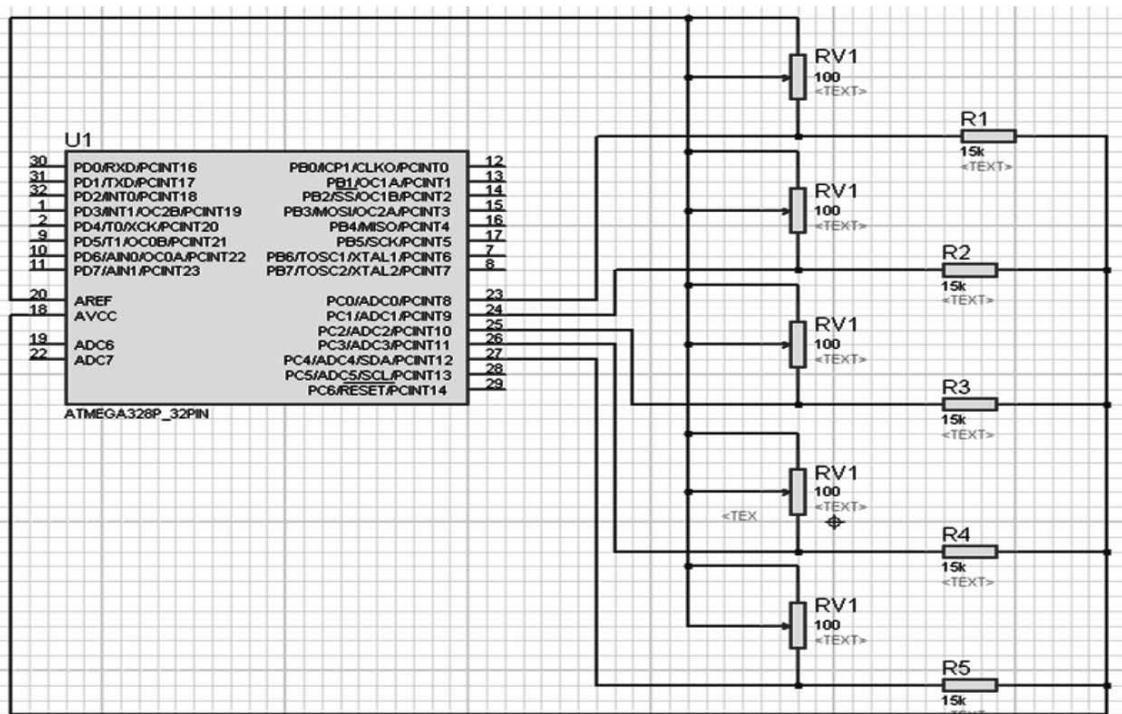


Fig. 5. Sistema de acondicionamiento y adquisición de señales

En la Fig. 6 se muestra el diagrama de flujo que ilustra el programa desarrollado para el dispositivo Arduino.

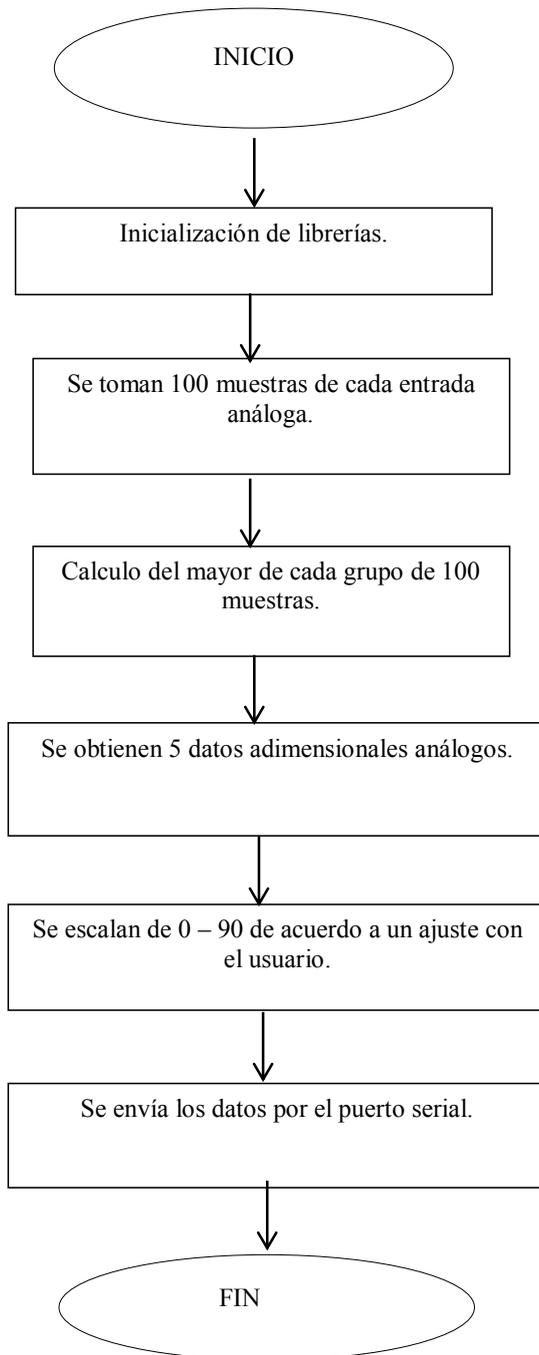


Fig. 6. Diagrama de flujo del programa para el Arduino

Se realizaron pruebas de funcionamiento de los sensores y del dispositivo Arduino en la adquisición y tratamiento de las señales

provenientes del cambio de resistencia de los sensores, este cambio de resistencia se conecta en un divisor de voltaje a las entradas análogas del microcontrolador, lo anterior con el fin de determinar la forma en que el Arduino realizaba la adquisición de valores a través de sus entradas análogas. Después de realizar varias pruebas de funcionamiento a la captura de señales por parte del Arduino empleando para ello un osciloscopio portable FLUKE F123 de 20Mhz, se procede a soldar los diferentes elementos del sistema de medición de flexión y el sistema microcontrolado del Arduino Lilypad con una estación especial de soldadura para garantizar una buena unión de los elementos sin afectar su desempeño. La implementación del sistema en el guante se muestra en la figura 7 sin soldar, en ella se puede apreciar que fue necesario crear algo parecido a bolsillos flexibles adheridos al guante que permitieran, un buen acople de los sensores al sistema de adquisición de datos (ver Fig. 7).

Para el procesamiento de datos y la caracterización de los movimientos, se hace necesario, contar con un software que permita la conexión con el Arduino Lilypad, teniendo en cuenta este requerimiento se realizó una programación en Matlab, que nos permite esta conexión mediante el uso del puerto USB. A medida que se iban realizando pruebas se iba depurando el código ya que en primera instancia se visualizaba el movimiento de los dedos como una recta que solo subía y bajaba, ante esto fue necesario asumir que este movimiento era el resultado una sumatoria de vectores. En las pruebas finales se pudo visualizar el movimiento de las tres partes de cada dedo observando un movimiento más similar al de la mano. Como en la interfaz de Matlab se visualiza una recta, se hace un análisis asumiendo que esta es una suma vectorial, para así obtener el movimiento de las tres partes del dedo.



Fig. 7. Guante sin proceso de conexión [Autor]

En consecuencia se diseñó el código en Matlab sin prescindir de los requerimientos que exige el proceso en cuanto a velocidad de procesamiento y conexión. El código consiste básicamente en utilizar el puerto USB para establecer la comunicación con el guante, para lo cual se inicializó el puerto serie, se creó el objeto serie y se abrió el puerto para recibir los paquetes de datos enviados de manera serial (USB), se procesó dicha trama para separar los valores correspondientes a cada sensor, convirtiéndolos en un vector e interpretando sus valores de acuerdo al formato entero con signo en base 10 lo que representa el valor resistivo actual del sensor de flexión de cada uno de los dedos. En este momento se dispone en Matlab de los datos de las 5 variables, y se realizó una serie de operaciones trigonométricas y trabajo con vectores, para realizar la representación gráfica del movimiento del guante. Para cada uno de los dedos, el ángulo obtenido se convirtió primero a radianes y luego de coordenadas polares a coordenadas xy o plano cartesiano bidimensional.

Para la visualización de dicho movimiento se asumió cada falange como un vector de diferente tamaño, esto para darle más similitud con el tamaño de un dedo, con el valor del ángulo inicial se calcularon dos ángulos más que son la apertura entre un vector y otro; analizando el movimiento de la mano se establecieron límites para dichos ángulos con el objetivo de no hacer movimientos no permitidos en humanos. Con esto se tiene por cada dedo tres ángulos en tres dimensiones (ver figura 8); y con dichos valores a través de funciones con vectores se calcularon las componentes en "x" y "y" de cada vector (teniendo en cuenta que el dedo pulgar se mueve en otro par de ejes para dar más realismo), se tuvo en cuenta que cada vector debe empezar donde el otro termina, de esta manera se realizó la gráfica tridimensional de la mano.

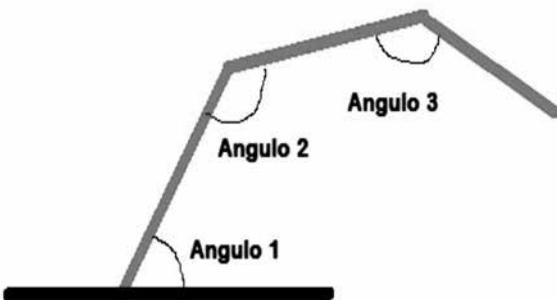


Fig. 8. Representación angular de un dedo

En la Fig. 9 se muestra el diagrama de flujo de la secuencia del programa desarrollado en Matlab.

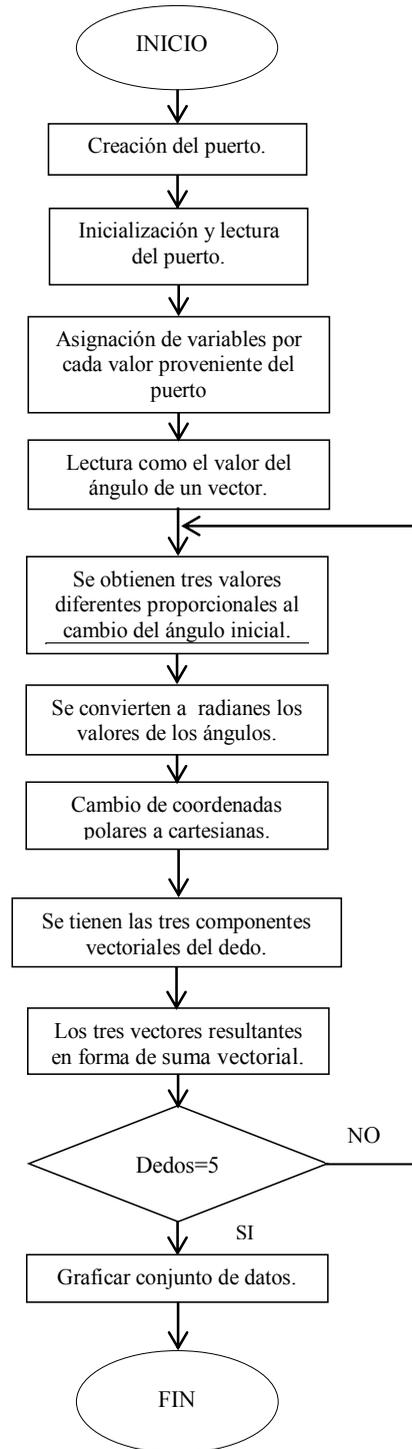


Fig. 9. Diagrama de flujo del programa desarrollado en Matlab

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se obtuvo un dispositivo que permite caracterizar los movimientos de los dedos de la mano y a partir de allí deducir los ángulos de posición de cada uno. El dispositivo Arduino y la electrónica asociada funcionan correctamente ya que fue posible realizar la adquisición y tratamiento de las señales resistivas generadas por el sensor y convertirlas en niveles de voltaje apropiados para el microcontrolador.

Para el diseño de la HMI (Human Machine Interface o Interfaz hombre maquina) en Matlab, se implementó una interfaz que fuese de fácil comprensión y en lo posible que aparentara ser una mano, esto se aprecia en las Fig. 10 y Fig. 11.



Fig. 10. HMI en Matlab [Autor].

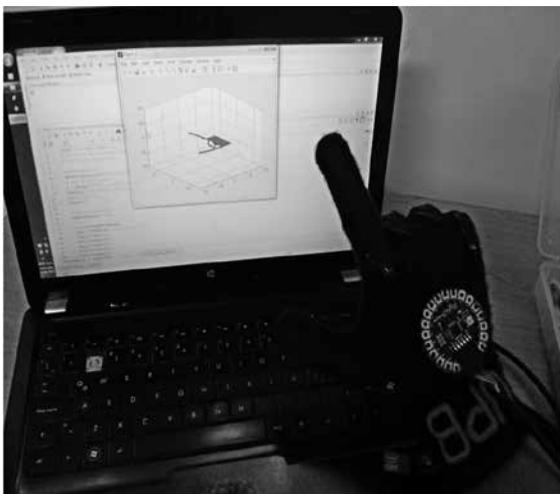


Fig. 11. HMI en Matlab utilizando los dedos [Autor].

El uso de una interfaz muy parecida a la de la mano, facilita la comprensión de los movimientos que realiza el guante en el plano tridimensional ya que se puede observar en cada eje los desplazamientos y rotaciones que realiza, y a la vez sirve como referente para comprobar el funcionamiento del mismo. En la Fig. 12. se aprecia con más detalle la forma de la HMI y su similitud a una mano humana.

Las diferentes pruebas de funcionamiento y ajustes al código en Arduino y Matlab permitieron, lograr una interface de hardware y software que reproduce de una forma muy similar los movimientos realizados por los dedos de la mano en un plano determinado como se muestra en la Fig. 13.

De las mismas pruebas realizadas se ha ajustado que el *refresh* para la toma de datos se realice cada dos milésimas de segundos, y para el envío de datos es de dos segundos. Los ajustes se realizan con el usuario, teniendo en cuenta los valores que toman los sensores cuando tiene los dedos flexionados o extendidos.

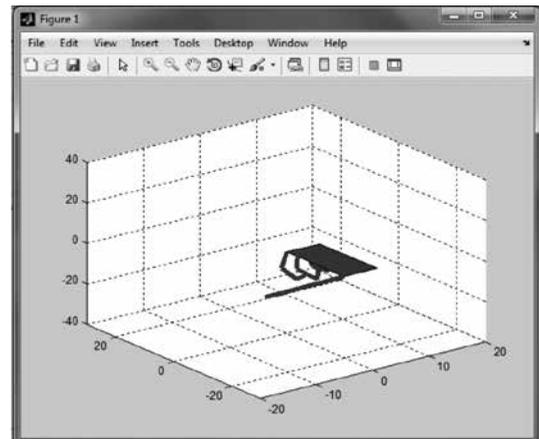


Fig. 12. HMI en Matlab con vectores [Autor].

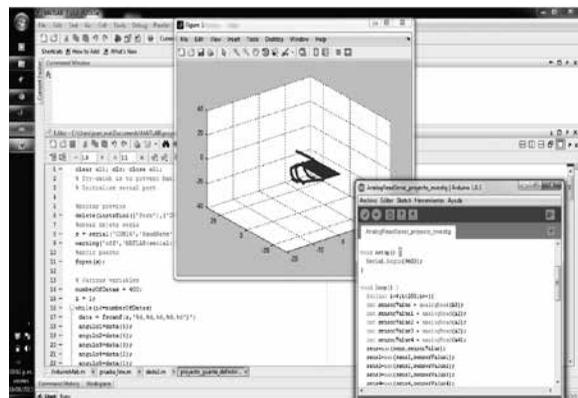


Fig. 13. Códigos en Arduino, Matlab y HMI [Autor].

IV. CONCLUSIONES

El sensor de flexión es un dispositivo que mide los cambios en la longitud de un objeto, los cuales causan un cambio en la resistencia del sensor, esta flexión es detectada usando un sensor de carga [9, 10].

Los códigos diseñados tanto para el Arduino como en Matlab para el PC han funcionado correctamente ya que han permitido capturar los datos provenientes de los sensores, procesarlos, convertirlos a grados y enviarlos via puerto USB, emplearlos para visualizar los movimientos de los dedos. Los resultados obtenidos hasta el momento permiten visualizar el movimiento de las falanges que forman parte de los dedos, esto será útil al momento de caracterizar el lenguaje de señas ya que se podrá tener una mejor información de la posición de los dedos.

Este proyecto es la etapa inicial de un dispositivo más completo, se espera añadirle captura de otros datos o variables como aceleración en los ejes X, Y y Z, inclinación y darle funcionalidades inalámbricas, que se han visto limitadas por el tipo de Arduino seleccionado, pero que a su vez fue escogido por tamaño y hacer el equipo lo más portable posible. El dispositivo final se espera que permita convertir los movimientos de los caracteres del lenguaje de señas en caracteres alfabéticos y lograr su reproducción audible para facilitar la comunicación entre las personas que sufren de discapacidad auditiva y los que no la sufren.

REFERENCIAS

- [1] SparkFun Electronics. Datasheet Products. <http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Flex/flex22.pdf> consultada marzo 2013.
- [2] ST Microelectronics. Datasheet Products <http://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/317747/ST/MICROELECTRONICS/LSM303DLH.html>. Consultada Marzo 2013
- [3] Pololu Robotics & Electronics. <http://www.pololu.com/file/0J433/LSM303DLH.pdf> Consultada Agosto 2012.
- [4] Arduino Home page <http://www.arduino.cc/es/>. Consultada el 10 de febrero de 2012
- [5] H. Faugel, V. Bobkov, "Open source hard- and software: Using Arduino boards to keep old hardware running". *Fusion Engineering and Design*, vol 88, pp 1276– 1279, October 2013.
- [6] J.A.Kornuta, M. E. Nipper, J. B. Dixon, "Low-cost microcontroller platform for studying lymphatic biomechanics in vitro". *Journal of Biomechanics*, vol 46, pp 183–186, January 2013.
- [7] H. Wang, M.C. Leu, C Oz, "American Sign Language Recognition Using Multi-dimensional Hidden Markov Models", *Journal Of Information Science And Engineering*, Vol. 22, N°5, pp 1109-1123, 2006.

- [8] V. López-Ludeña, R. Barra-Chicote, S. Lutfi, J.M. Montero, R. San-Segundo, "LSESpeak: A spoken language generator for Deaf people", *Expert Systems with Applications*, vol 40, pp 1283–1295, 2013.
- [9] Richard Aston, *Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement*, Editorial Macmillan, 2011, pp. 113-115.
- [10] Joseph Bronzino, *Medical Devices and Systems*, 3rd ed, Editorial Taylor & Francis Group, pp. 46-49.

BIOGRAFÍA



John Freddy Remolina López. Ingeniero Electrónico de la Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga. Especialista en Gerencia para Ingenieros. Candidato a MSc. en Ingeniería Biomédica de Universidad Favaloro, Buenos Aires-Argentina. Docente investigador de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Coordinador de Investigación e Innovación de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería.



Fabián Alfonso Lara Vargas. Ingeniero Electrónico de la Universidad Pontificia Bolivariana. Especialista en Instrumentación y Control Industrial. Candidato a Magister en Gestión de proyectos Informáticos Universidad de Pamplona. Docente Tiempo completo de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería



Juan Manuel Genes Díaz. Estudiante de Ingeniería Electrónica en la Universidad Pontificia Bolivariana - Montería, miembro del semillero de investigación SINAC de la UPB. Interesado en automatización y Control, Sistemas de audio profesional.



Luis Alexander Yanes Garcés. Ingeniero Electrónico de la Universidad Pontificia Bolivariana – Montería, miembro activo del semillero de investigación en automatización y control "SINAC" de la Universidad Pontificia Bolivariana Montería. Actualmente se desempeña como Ingeniero de Proyectos en ISI S.A.S. en el área de automatización industrial e instrumentación. Maker apasionado por Arduino.