

Sistema electrónico para interpretar y caracterizar el alfabeto del lenguaje de señas en una interfaz gráfica

Electronic system for interpreting and characterizing the signs language alphabet in a graphic interface

John Freddy Remolina López¹, Fabian Alonso Lara Vargas², Juan Manuel Genes Díaz³,
Freyrmar De Jesús Acosta Blanco⁴

¹Candidato a MSc en Ingeniería Biomédica de Universidad Favaloro, Buenos Aires Argentina, Coordinador de Investigación e Innovación y Director del Centro de Investigación para el Desarrollo y la Innovación - CIDI UPB seccional Montería, Córdoba, john.remolina@upb.edu.co

²Candidato a Magister en Gestión de proyectos Informáticos Universidad de Pamplona, Docente de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería, fabian.lara@upb.edu.co

³Estudiante de Ingeniería Electrónica en la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería, Miembro del Semillero de Investigación SINAC de la UPB, genes.pickup@gmail.com

⁴Estudiante de Ingeniería Electrónica en la Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Montería, Miembro del Semillero de Investigación SINAC de la UPB, freyrmar.acosta@gmail.com

Recibido: Septiembre 14 de 2015 - Aceptado: Agosto 1 de 2016

<http://dx.doi.org/10.18566/puente.v10n2.a01>

Resumen— El lenguaje es una parte fundamental para la comunicación en toda sociedad, en la actualidad son muchas las personas que presentan dificultades para percibir y pronunciar los sonidos característicos del lenguaje común. Para éstas se diseñó el lenguaje de señas, este puede caracterizarse aplicando los avances tecnológicos de la actualidad. Se presentan resultados del diseño de un prototipo que permite procesar los cambios resistivos que presentan un sistema de sensores, implementado en un microcontrolador Arduino Uno. Para desarrollar este proyecto, el primer paso fue estudiar el comportamiento de cada componente, después se realizó el diseño de un guante que soporta los componentes. Con el diseño del guante terminado, se diseñó una interfaz gráfica en Matlab, que puede caracterizar y visualizar los movimientos asociados a los caracteres alfabéticos del lenguaje de señas y finalmente se diseñó un sistema de transmisión WiFi y una aplicación por celular.

Palabras claves: interfaz gráfica, Lenguaje de señas, sensores de flexión.

Abstract— Language is an essential part of communication in every society, but nowadays, many people have difficulties for perceiving and pronouncing the characteristic sounds of common language. The sign language was designed for these people. This language can be characterized by applying technological advancements of today.

The objective of this work is to present the design of a prototype that allows processing the resistive changes that the sensor system submits when implemented in a microcontroller Arduino LilyPad. For developing this project, the first step was to study the behavior of each component and to design a glove that supports the components. Then a graphic interface in Matlab was designed. It will characterize and visualize the movements associated to the to the alphabetic characters of the sign language. Finally, a WiFi transmission system was designed along with a mobile phone application.

Key words: graphical interface, signs language, flexion sensors.

I. INTRODUCCIÓN

Cada vez son más las personas que por algún inconveniente natural o accidental presentan dificultad para pronunciar o percibir los sonidos característicos del lenguaje común verbal, ellos emplean el lenguaje de señas, que consiste en códigos gestuales realizados con manos y brazos, para comunicarse entre sí, pero aun así no se logra una comunicación con los hablantes. Con esta investigación se logró desarrollar un sistema electrónico capaz de interpretar los movimientos característicos del lenguaje de señas. Este lenguaje dactilológico fue creado con el fin de facilitar la comunicación entre las personas sordomudas.

Como producto de esta investigación se tiene un sistema que permite interpretar el lenguaje de señas colombiano mediante caracteres entendibles, con el cual se espera mejorar la interacción con personas oyentes, y así mejorar la calidad de vida de las personas que no poseen la facilidad de comunicarse mediante sonidos reconocibles.

Este sistema se desarrolló a partir de sensores que permiten digitalizar los movimientos de la mano, logrando identificar aquellos que forman parte del abecedario del lenguaje de señas, esto se pudo realizar incorporando nuevas tecnologías, como sensores de flexión, que permiten conocer la posición de los dedos, un giroscopio con el cual se puede conocer la posición de la mano con respecto a los ejes x, y, z, y un microcontrolador que permite procesar la información proveniente de los sensores. Para visualizar toda esta información, se desarrolló una interfaz gráfica en Matlab® que permite la visualización y caracterización de los elementos alfabéticos del lenguaje de señas, y se diseñó una aplicación para dispositivos móviles. La comunicación de todos los dispositivos con el sistema de visualización se realizó mediante la tecnología de comunicación inalámbrica WiFi. Con este proyecto se espera contribuir al desarrollo tecnológico y a la apertura de nuevas investigaciones en este ámbito.

II. PROCEDIMIENTO

En este proyecto se emplearon diversos dispositivos tecnológicos para caracterizar los movimientos propios del lenguaje de señas, entre ellos están:

A. Materiales

- Sistema Arduino:

Es una plataforma electrónica abierta para la creación de prototipos. El microcontrolador incorporado en ésta se programa mediante el lenguaje de programación arduino (basado en *Wiring*) y el entorno de desarrollo arduino (basado en *Processing*). Los proyectos desarrollados con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un ordenador, estos tienen la posibilidad de comunicarse con diferentes tipos de software (p.ej. *Flash*, *Processing*, *MaxMSP*) [1].

Existen diversos tipos de Arduino que operan bajo el mismo principio, entre los cuales están Arduino uno, mega, Duemilanove, Mini, Nano, entre otros difiriendo uno de la otro por su tamaño, cantidad de pines y tipo de microprocesador.

- Sensores de flexión:

Los sensores de flexión mostrados en la *Fig.1* pueden detectar la flexión cuando este cambia su posición nominal, cambiando su resistencia mediante dos pines de salida que posee. Estos elementos se pueden adaptar a un guante donde el movimiento de los dedos puede ser detectado [2].



Fig. 1 Sensor de flexión Sparkfun. En línea, desde: <http://www.electan.com/sensor-flexion-sparkfun-p-3135.html>

- Sensor acelerómetro y giroscopio:

El Pololu Minimu-9 es una unidad de medición inercial (IMU), que viene equipado con un L3G4200D giroscopio de 3 ejes y un LSM303DLM acelerómetro de 3 ejes y magnetómetro de 3 ejes en un pequeño tablero de 0.9 "x 0.6" Este sensor opera en múltiples alimentaciones con tensión de 3.3V o 5 V. El Minimu-9 tiene incorporado componentes electrónicos adicionales, incluyendo dos reguladores de voltaje y un circuito de desplazamiento de nivel, mientras se mantiene el tamaño global lo más compacto posible como se ve en la *Fig 2*. [3].

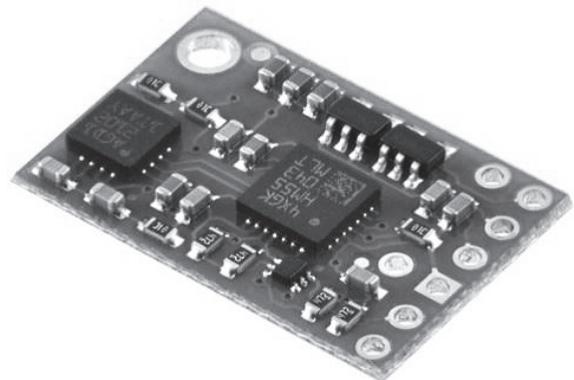


Fig. 2 Sensor acelerómetro y giroscopio. En línea, desde: <http://www.pololu.com/product/1265>

- *Módulo WIFI*

El ESP8266 es un módulo WIFI que opera bajo los protocolos TCP/IP, con el cual se puede dar acceso a microcontrolador a la red WIFI (Sparkfun). Cuenta con su propio procesador con gestión del stack TCP/IP, brindando envío y recepción por el puerto serial [4].

- *Matlab®*

Matlab® es un entorno de programación para el desarrollo de algoritmos, análisis de datos, visualización y cálculo numérico, éste puede resolver problemas técnicos de computación más rápido que con los lenguajes de programación tradicionales, tales como C, C++ y Fortran. Matlab® tiene una amplia gama de aplicaciones para el análisis de señales y el procesamiento de imágenes, comunicaciones, diseño de control, prueba y medición, modelado y análisis financiero y biología computacional [5]

B. *Estado del arte*

En el proyecto de investigación titulado “Sistema mecatrónico para la interpretación de la lengua de señas colombiana”, desarrollado en la Universidad San Buenaventura de Medellín, se hace el reconocimiento de tres palabras contenidas en el lenguaje de señas de Colombia, este proyecto se desarrolló con el fin de caracterizar la frase “Hola soy ingeniero”. Para interpretar estas palabras, es necesario reconocer magnitudes físicas que se representan tras el movimiento de la mano, para lograr el objetivo fueron implementados diferentes sensores y circuitos de adquisición de datos, incorporados en un guante [6].

El ingeniero de sistemas Jorge Enrique Leal, con el apoyo de la fundación para el desarrollo de Herramientas Tecnológicas para Ayuda Humanitaria (Hetah), desarrolló un traductor de español al lenguaje de señas, el cual es una plataforma que aún se encuentra en una versión Beta, la cual fue premiada por el Banco Interamericano de Desarrollo. La aplicación realiza una búsqueda de señas analizando la frase en su estructura gramatical, haciendo énfasis en el país de origen y realizando el deletreo de las palabras en caso de no encontrar equivalencia. El sistema es unidireccional, del oyente al sordo, implementando componentes de inteligencia artificial para encontrar una secuencia de imágenes en el lenguaje de señas [7].

Por otro lado, las extensas utilidades que posee el software Matlab® ha hecho que éste sea utilizado en proyectos de reconocimiento del lenguaje de señas mediante la adquisición y procesamiento de imágenes, pero esto en tiempo real, es decir mediante una cámara se toma video y en tiempo real, se reconoce las señas que se realizan con la mano, esto se muestra en un artículo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en Ecuador que lleva por nombre

“Sistema de reconocimiento de imágenes como intérprete del lenguaje de señas” [8].

En el artículo “*American Sign Language Recognition Using Multi-dimensional Hidden Markov Models*” [9] se presenta la creación de 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 utilizaron modelos ocultos de Markov o HMM (del inglés, *Hidden Markov Model*), estos 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 [9].

C. *Desarrollo metodológico*

La primera etapa de este proyecto consistió en realizar un estudio y análisis del comportamiento de los sensores de flexión, del acelerómetro y giroscopio que son los dispositivos que proporcionan las entradas al sistema. Para entender el comportamiento de los sensores de flexión, la primera instancia fue estudiar la forma en que varía su resistencia nominal, de esta forma se pudo realizar una primera prueba a éste utilizándolo como potenciómetro para variar la intensidad luminosa de un led, (*ver Fig.3*) esto se desarrolló implementando un microcontrolador Arduino, utilizando uno de sus puertos análogos para realizar la lectura del sensor.

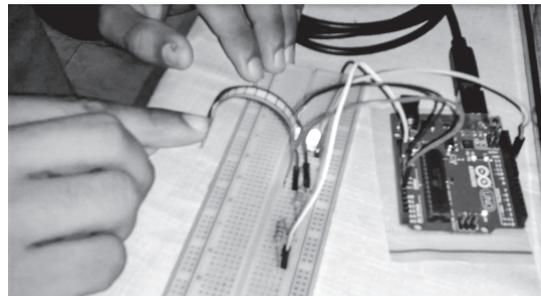


Fig. 3 Análisis de los sensores de flexión.

Fuente: Elaboración propia

Con relación al análisis del acelerómetro se implementó un programa que se encuentra en la librería del microcontrolador Arduino, este es un programa con el que se puede conocer la lectura realizada por el sensor para las variables X, Y, Z.

Una segunda etapa fue realizar el acople de los sensores con el guante de tal forma que proporcionaran al diseño, un sistema ergonómico, así posteriormente se diseñó el circuito que cumple la función de una tarjeta de adquisición para los valores provenientes de los sensores y así realizar el procesamiento de los cambios resistivos de estos, dichos cambios están representados en cambios de voltaje. A éstas variables físicas se les realizó un análisis matemático para hacerlas muy precisas en magnitud para poder caracterizar los movimientos. Para la adquisición y procesamiento de los datos en esta etapa se utilizó un sistema microcontrolador Arduino, específicamente el Arduino Uno cuyas características de peso, forma y funcionalidad mantendrán la ergonomía del guante.

Debido al comportamiento del sensor acelerómetro se procedió a instalarlo en la región dorsal de la mano (*ver Fig. 4*), con el propósito de obtener una mejor lectura, ya que en este lugar se puede conocer de mejor forma la posición de la mano cada vez que se realice un giro o algún otro movimiento realizado por la misma.



Fig. 4 Región dorsal de la mano, en línea desde <http://www.fegal.com/imgproductos/mano-iv-stand.jpg>

Una vez diseñado el sistema electrónico que permite adquirir y procesar los cambios resistivos provenientes de los sensores de flexión acoplados al guante, se procedió a desarrollar la comunicación inalámbrica, entre el guante y el software, mediante tecnología WiFi, esta consiste en una red punto a multipunto, en la que se configuró un módulo WiFi acoplado al guante como router, el cual se encarga de establecer la comunicación entre el guante y los demás dispositivos.

Posteriormente se realizó el diseño de la interfaz gráfica que realiza el procesamiento de las señales obtenidas en la etapa de adquisición desarrollada con el Arduino. Una vez todos los datos son procesados, se procede a realizar la representación gráfica correspondiente a los caracteres del alfabeto dactilológico del lenguaje de señas. La digitalización y representación de los movimientos se realiza de forma escrita, y de forma audible, de tal forma que brinde una mayor cobertura a la interpretación que será ejecutada por el sistema, esta interfaz gráfica se desarrolló implementando el software Matlab®. De la misma forma se desarrolló una aplicación para dispositivos móviles, a partir de la cual también se pueden interpretar los caracteres alfabéticos del lenguaje de señas.

Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos en las etapas anteriores, después de hacer su respectivo análisis, se realizaron mejoras en el sistema y en la programación con el fin de optimizar la eficiencia del sistema para poder garantizar una interpretación lo más precisa posible.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Con este proyecto de investigación se logró diseñar un sistema microcontrolado adaptado a un guante, el cual permite tener una información precisa de la posición de los dedos y de la mano, lo cual brinda la posibilidad de realizar un procesamiento completo de esta información. Para llegar a este resultado fue necesario realizar diversas pruebas con los sensores, utilizando dos diferentes tipos de guantes, lo cual llevó a concluir que el diseño se debería realizar con un guante de lana ya que este se moldea mejor a la mano, lo que permite que los sensores tengan una mejor lectura, por lo tanto el análisis es más preciso.

En una primera instancia del proyecto se propuso la comunicación del sistema mediante el protocolo de comunicación Zigbee, pero durante el desarrollo se presentaron dificultades para configurar los módulos, ya que al realizar la configuración, en muchos casos no se guardaba correctamente la configuración, mientras en otros casos no eran reconocidos por la aplicación implementada para realizar dicha configuración. Esto hizo necesario optar por establecer la comunicación mediante WiFi, lo que permite incorporar más de un equipo al momento de realizar la comunicación, debido a la topología de red que se utilizó para este diseño, los módulos WiFi funcionan adecuadamente, al momento de la configuración también presentaron ciertos inconvenientes pero fueron solucionados variando los valores en la velocidad de comunicación entre los módulos y el Arduino. Esto se pudo comprobar realizando las respectivas pruebas y verificaciones de funcionamiento. De igual manera para la PC se utilizó el receptor WiFi del equipo, de esta forma se incorpora el computador a la red creada para el guante.

Con relación a la interfaz gráfica desarrollada en Matlab®, esta se realizó teniendo en cuenta las necesidades planteadas para el diseño, el código se realizó de tal forma que al identificar cada carácter sea interpretado tanto de forma escrita como de forma sonora, lo que hace que el prototipo tenga un mejor rendimiento y mayor eficiencia al momento de realizar una interpretación. Este programa no presentó muchas dificultades al diseño ya que la programación que se implementó funcionó adecuadamente para los resultados esperados, y para los requerimientos planteados en la propuesta del proyecto. Esta interfaz gráfica funciona correctamente y es capaz de interpretar cada uno de los caracteres del alfabeto del lenguaje de señas (*ver Fig.5*)

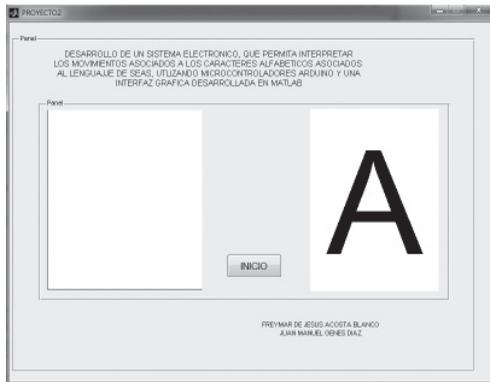


Fig. 5 Interfaz gráfica desarrollada en Matlab®.

Fuente: Elaboración propia

Uno de los propósitos de este proyecto consistió en aprovechar los adelantos tecnológicos, como valor agregado se le incorpora el diseño de una aplicación para dispositivos móviles, con el fin de aprovechar los recursos que se tienen hoy en día con los celulares y Tablet, con el fin de que el prototipo sea lo más portable posible.

Para realizar esta interfaz, en primera instancia se crearon cada una de las variables necesarias en el programa, luego de esto se crearon los eventos y se asignó la ruta que se tomó para ejecutar las instrucciones a seguir, al igual que se declararon los tamaños a las variables para así definir la apariencia de la aplicación, luego se configuró como cliente en la red diseñada para la comunicación entre los dispositivos. En última instancia se creó la clase en la que se definen los posibles casos que se presentaron, se realizó por medio de ciclos "if", haciendo así una comparación con el dato proveniente del guante, que será el condicional que indica a la aplicación que letra y que sonido reproducir. Esto permite buscar mejoras que faciliten alcanzar grandes avances en este ámbito. Esta aplicación funciona adecuadamente, interpreta los valores provenientes de los sensores, y los caracteriza tanto de forma escrita como de forma audible. En la interfaz de la aplicación se observa el escudo de la UPB, la letra interpretada, como se muestra a continuación en la Fig. 6.



Fig. 6 Aplicación para dispositivos móviles.

Fuente: Elaboración propia

En una primera instancia este proyecto se formuló con la necesidad de incorporar un método de inteligencia artificial, en ese momento se optó por las redes neuronales artificiales, método que permitiría al microcontrolador reducir el error en la lectura de los sensores, de esta forma se podría tener una mejor información e interpretación de los movimientos realizados por los dedos y la mano. Se analizaron los datos en dos diferentes topologías de redes neuronales, monocapa y multicapa, se realizaron los cálculos de los pesos asociados a cada una de las dendritas que comunican a una neurona con otra, al igual que los cálculos de la constante de aprendizaje que sería la encargada de asignarle una capacidad de aprendizaje al sistema. Pero no se obtuvieron los resultados adecuados, debido a que al momento de implementar las ecuaciones correspondientes a las ganancias de los umbrales, factor de aprendizaje y cada uno de los parámetros de la red, ésta no convergía, por lo tanto los resultados obtenidos eran erróneos, además los errores eran amplios y no proporcionaban un margen de error confiable. Por otro lado este es un método de aprendizaje que requiere de un tratamiento estadístico, con relación al tipo de análisis que se debe realizar, de igual manera se requiere de un computador con capacidad de procesamiento, para el tipo de cálculos que se deben hacer.

IV. CONCLUSIÓN

Se logró diseñar un sistema electrónico que permite caracterizar el abecedario del lenguaje de señas. Esto se pudo lograr implementando microcontroladores Arduino, sensores de flexión, sensores acelerómetros, y módulos WiFi, los objetivos se pudieron lograr a cabalidad, ya que se encuentra funcionando de la forma esperada, se pudo establecer la comunicación entre el guante, la PC y los dispositivos móviles que cuentan con la aplicación que se diseñó para este propósito, se observó que en ciertos momentos los valores leídos por el guante no se relacionaban con ninguno de los valores establecidos en la programación, esto se presentó debido a la alta sensibilidad que presentan los sensores, lo cual se pudo reducir en gran medida con el análisis estadístico que se realiza en el microcontrolador al momento de procesar la señal, para lograr optimizar este resultado sería conveniente la incorporación de un método de inteligencia artificial al sistema, como se mencionó anteriormente con el fin de aminorar el rango de error en la medida realizada por los sensores.

El Arduino Uno es una tarjeta que posee una resolución de 10 bits en sus entradas analógicas. Este parámetro es el que determina la resolución de la lectura de dichas entradas, lo cual generó que la lectura de los sensores para este trabajo no fuera tan precisa como se esperaba, por lo tanto se recomienda reemplazar esta tarjeta ya sea por una con mayor resolución, por ejemplo Arduino Due que posee una resolución de 12 bits [1] o bien cambiar de tecnología por una que brinde mejores características como puede ser la tecnología PSoC como es el caso del CY8C29466, ya que

esta cuenta hasta con 14 bit de resolución, aparte de contar con 12 bloques configurables en una matriz de 3x4, cada uno de los cuales cuenta con un amplificador operacional para mejorar la lectura de los puertos [10]. Con una mejora de este tipo se podrá garantizar una mejor lectura y poder de esta forma, obtener una mejor interpretación por parte del microcontrolador.

Con respecto a la comunicación WiFi, el sistema cuenta con una capacidad de 10 equipos móviles conectados a la vez, esto con el fin de no hacer lento el sistema y poder enviar la información en un tiempo relativamente corto entre los equipos conectados.

Con los productos arrojados por esta investigación se evidenció la gran importancia que tienen este tipo de investigaciones en la sociedad debido al gran impacto que causan en el medio, sería de gran importancia que se sigan incentivando este tipo de investigaciones en la comunidad bolivariana, en busca de contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas sordomudas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería y al CIDI por el apoyo financiero brindado para el desarrollo del proyecto “Sistema Microcontrolado que Permite la Caracterización de los Movimientos Utilizados en el Lenguaje de Señas para el Reconocimiento del Alfabeto”, código 150-05/12-G019 del cual se origina este artículo.

REFERENCIAS

- [1] *Que es Arduino*. Recuperado el 10 de septiembre de 2015, de <http://www.arduino.cc/es/>.
- [2] *Scribd sensores*. Recuperado el 10 de septiembre de 2015, de http://es.scribd.com/irvingg_2/d/52039119
- [3] *Robotics and electronics*. Recuperado el 7 de septiembre de 2015, de <http://www.pololu.com/product/1265>
- [4] *Modulo WiFi ESP8266*. Recuperado el 15 de septiembre de 2015, de <http://www.prometec.net/modulo-wifi-esp8266>
- [5] Mathworks. (s.f.). *The language of technical computing*. Recuperado el 10 de septiembre de 2015, de <http://www.mathworks.com/products/matlab/>
- [6] Andres Mauricio, C. T. (2011). *Sistema mecatrónico para la interpretación de la lengua de señas colombiana*. Universidad de San Buenaventura Medellín. Recuperado el 10 de septiembre de 2015, de http://ingeverdes.usbmed.edu.co/documentos/Libro_Join_2011.pdf

- [7] Jorge Enrique, L. (2014). *Desarrollo de herramientas tecnológicas para la ayuda humanitaria Colombia Digital*. Recuperado el 10 de septiembre de 2015, de <http://m.colombiadigital.net/actualidad/nacional/item/5452-colombiano-desarrolla-primer-traductor-online-de-lenguas-a-senas.html>.
- [8] Ortiz, E. O. (2006). *Sistema de reconocimiento de imágenes como intérprete del lenguaje de señas*. Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- [9] Honggang, W. M. (2006). American Sign Language Recognition Using Multi-dimensional Hidden Markov Models. *Journal of Information Science And Engineering*, 22 (5), 1109-1123.
- [10] *Product M PsoC* Recuperado el 5 de mayo de 2016 de <http://www.cypress.com/products/32-bit-arm-cortex-m-psoc>,

BIOGRAFÍA

John Freddy Remolina López.



Es Ingeniero Electrónico de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, Especialista en Gerencia para Ingenieros de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería, Candidato a MSc en Ingeniería Biomédica de Universidad Favaloro Buenos Aires Argentina. Es Coordinador de Investigación e Innovación y Director del Centro de Investigación para el Desarrollo y la Innovación - CIDI de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Montería.

Fabian 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.



Freymar de Acosta Blanco.
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.