

Sistema de aprendizaje de Lengua de Señas Panameña (LSP) a través de un brazo robótico articulado con reconocimiento de gestos

Panamanian Sign Language (PSL) Learning System, using an articulated robotic arm with gesture recognition

Alexandra Flores^{1*}, Emilio González¹, Norman Valenzuela¹, José Zhang Pan¹, Vladimir Villarreal¹, Lilia Muñoz¹

¹ Grupo de Investigación en Tecnologías Computacionales Emergente, Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá

*Autor de correspondencia: alexandra.flores@utp.ac.pa

RESUMEN– Actualmente la comunidad de sordos en Panamá afronta dificultades en el contexto educativo y profesional, así como en la integración a la sociedad, principalmente por la carencia de herramientas y facilidades en el entorno. Estas dificultades se presentan principalmente debido a la falta de conocimiento del lenguaje de señas por parte de la población oyente. En este sentido, es muy común la discriminación y la falta de apoyo hacia los sordos. En este artículo se presentan los resultados parciales de un proyecto que busca llevar la enseñanza de este lenguaje a la mayoría de oyentes de una forma diferente, mediante el uso de una mano robótica, que permita al resto de la población entender este lenguaje para así poder comunicarse e incluir a los sordos en la sociedad.

Palabras clave– Lengua de señas panameñas, brazo robótico, inteligencia artificial, aprendizaje, reconocimiento de gestos.

ABSTRACT– Nowadays, the deaf community in Panama faces difficulties in the educational and professional environments, as well as in the integration to society, mainly due to the lack of tools and facilities in the environment. These difficulties are mainly due to the lack of knowledge of sign language by the population that can hear. In this sense, discrimination and lack of support for the deaf are very common. This article presents the partial results of a project that seeks to spread the teaching of this language to the majority of the hearing people in a different way, through the use of a robotic hand, which allows the rest of the population to understand this language in order to be able to communicate and include deaf people in society.

Keywords– Panamanian sign language, robotic arm, artificial intelligence, elementary education.

1. Introducción

La discapacidad auditiva se define como la dificultad que presentan algunas personas para participar en actividades propias de la vida cotidiana, que surge como consecuencia de una dificultad específica para percibir a través de la audición los sonidos del ambiente y, dependiendo del grado de pérdida auditiva, los sonidos del lenguaje oral, y las barreras presentes en el contexto en el que se desenvuelve la persona [1].

Según la Secretaria Nacional de Discapacidad (SENADIS), en 2006 habitaban en Panamá, 360, 329 personas discapacitadas, de las cuales el 12.7% (78,559) eran personas con discapacidad auditiva; en 2018, la Asociación de Sordos de Panamá (ANSPA), estimó que actualmente, esta cifra podría rondar entre 140,000 personas¹.

Para este grupo de personas, es indispensable aprender lenguaje de señas, un lenguaje natural de expresión gesto-espacial y de percepción visual, por la cual las personas sordas pueden establecer un canal de comunicación con su entorno social, con otros individuos sordos o por oyentes que conozcan la lengua de señas empleada.

En el caso de Panamá, La Lengua de Señas Panameña (LSP) fue reconocida oficialmente mediante la Ley No. 1 del 31 de enero de 1992 [2], como lenguaje natural de los sordos del país, aunque existen lenguas regionales, como la Lengua de Señas Chiricanas, practicada a lo largo de la provincia de Chiriquí [3]. A pesar del establecimiento de la LSP, en 2006, estimaba que solo cerca de 6000 usuarios que dominaban el lenguaje, sin incluir a los intérpretes y oyentes.

¹ <http://www.senadis.gob.pa/>

En la búsqueda de dar solución a esta problemática se plantea el desarrollo de este proyecto que consiste en el desarrollo de un sistema de aprendizaje de lengua de señas a través de un brazo robótico articulado por reconocimientos de gestos.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: en la segunda sección se describe el problema, así como algunos antecedentes. La tercera sección describe los métodos y materiales empleados para el desarrollo del proyecto. La sección cuatro describe los resultados obtenidos. Finalmente en la sección cinco se plantean algunas conclusiones obtenidas.

2. Planteamiento del problema

La legislación panameña, mediante los artículos 21 y 22 de la Ley No. 15 del 31 de mayo de 2016 [4] garantiza el acceso de los estudiantes con discapacidad a las escuelas y universidades panameñas, con adecuaciones curriculares, sin discriminación alguna. Sin embargo, en el caso de los estudiantes sordos, por ejemplo, no existe un servicio adecuado de interpretación en las aulas de clase. La carencia de intérpretes (tan solo 15 certificados) [5] es una de las causas de esta problemática, aunque actualmente están disponibles algunas clases de lenguajes de señas orientadas a oyentes, ofrecidas por organizaciones religiosas y algunas universidades; hay en menor cantidad, cursos dictados por las asociaciones de sordos. En contraste a esto, muchos seminarios de LSP, son dictados por oyentes e intérpretes no certificados[6].

Esta es una situación que causa controversia, pues muchos miembros de estas asociaciones no conciertan con clases de Lenguaje de Señas para oyentes; una problemática internacional, que se relaciona con “la identidad sorda” producto de una cultura cerrada, y que crea rechazo, falta de empatía y una población oyente que ignora las dificultades de los sordos en ciudades poco inclusivas.

En la figura 1 se presenta un árbol del problema generado a partir del escaso conocimiento de la Lengua de Señas Panameñas por parte de la comunidad oyente.

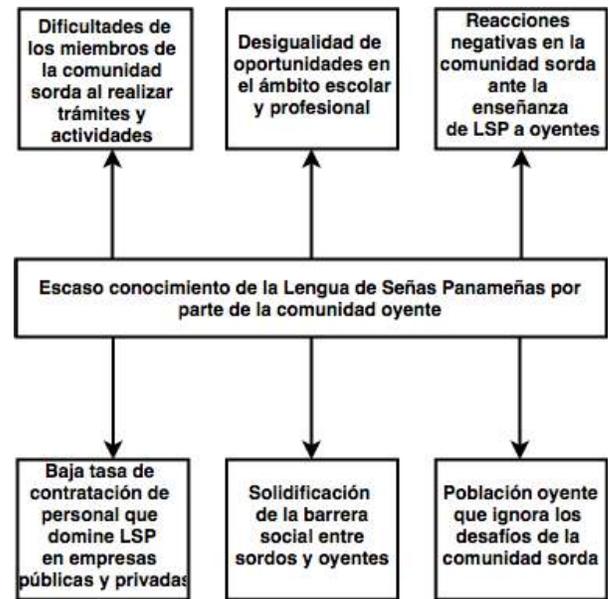


Figura 1. Árbol del problema. Fuente: Los Autores.

2.1 Antecedentes

A nivel internacional son diversas las investigaciones en el área de la inclusión para sordos. Entre los más relevantes se puede mencionar “Tecnología Interactiva para Apoyar la Educación de Niños con Problemas de Audición” [7]. En la misma, se presenta un modelo basado en “diseño y simulación” de gestos, para apoyar la educación de niños con problemas de audición. Este busca llamar la atención del niño sordo y controlar su aprendizaje de acuerdo a actividades individuales. A la vez, se propone un framework IGT (tecnología interactiva basada en gestos) para la interacción con una mano robótica humanoide, a manera de juego, con un sistema de recompensas por respuestas correctas. Este señalan la importancia de la introducción de deletreo de señas durante los primeros dos años de vida.

Otra de las investigaciones pertinentes es “Diseño y Realización de un Robot Humanoide Educador de Lenguaje de Señas” [8]. Este proyecto introduce a RASA (Robot Assistant for Social Aims), un robot humanoide de torso superior, diseñado principalmente para enseñar el Lenguaje de Signos Persa (PSL) a niños con discapacidades auditivas. RASA se caracteriza por tres características que son difíciles de encontrar al mismo tiempo en los robots ayudantes para el aprendizaje de lengua de señas en la actualidad [9]: sus diestros sistemas de brazo, torso y rostro que permiten una apta comunicación mediante lengua de señas; el bajo costo de desarrollo, y su fácil mantenimiento. Los

autores destacan que RASA aún debe probar su utilidad en un entorno de interacción niño-robot, debido a que a la fecha no se han realizado pruebas de efectividad de RASA como un tutor de lengua de señas en centros de aprendizaje para niños con discapacidad auditiva.

A la vez, en la investigación “Desarrollo de manos robóticas de señas, para ejecución de lenguaje de señas malayo (LSM) avanzado” [10], los autores presentan el desarrollo de una mano robótica humanoide impresa en 3D, que puede realizar el Lenguaje de Signos Malayo (MSL). El estudio se considera uno de los primeros intentos de facilitar los medios de comunicación entre la comunidad general y las personas con discapacidad auditiva en Malasia. Este robot puede ejecutar señas con dos manos.

3. Métodos y materiales

3.1 Objetivo de la investigación

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de un sistema de mano robótica, que pueda reconocer las señas de la LSP para evaluar el desempeño de la persona que los ejecuta, como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Diagrama de funcionamiento de la mano. Fuente: Los Autores.

La mano robótica puede reconocer comandos de voz para la ejecución de las señas de LSP e instar a la persona a imitarla. La persona, imita entonces la seña del alfabeto que está siendo representada. La cámara del sistema, ubicada directamente frente a las manos del sujeto, capta la seña, que es enviada al Raspberri Pi para ser analizada.

Si la seña fue realizada de manera errónea, una luz roja se encenderá, a la vez que esta es demostrada por la mano nuevamente. La seña deberá ser repetida. En caso de que la seña fuese ejecutada correctamente, la luz que se mostrará será verde, y la persona podrá pedir que la mano continúe con el resto del alfabeto de señas.

3.2 Materiales

Los materiales utilizados para este proyeco se detallan a continuación:

- Raspberry Pi 3
- Adafruit Servo Hat
- 5 servomotores MG996R
- Raspberry Pi Camera V2
- Cables extensión servos
- Impresión 3D de mano robótica
- Ligas de caucho
- Hilo de nylon
- Software (desarrollado en el lenguaje de programación Python, utilizando la librería OpenCV)

Por su parte, en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, se muestran las especificaciones referentes al Raspberry Pi 3 Modelo B, el Servo Hat, los servomotores la cámara del Raspberry Pi y el software a utilizar.

Tabla 1. Especificaciones referentes al Raspberry Pi 3 Modelo B.

Raspberry Pi 3 Modelo B	
Características	Descripción
SoC	Broadcom BCM2837
CPU	4× Cortex-A53 1.2 GHz
RAM	1GB LPDDR2 (900 MHz)
Puertos	HDMI, 3.5mm análogo audio-video jack, 4× USB 2.0, Ethernet, Camera Serial Interface (CSI), Display Serial Interface
Redes	10/100 Ethernet, 2.4GHz 802.11n inalámbrico

Tabla 2. Especificaciones referentes al Adafruit 16-Channel PWM / Servo HAT para Raspberry Pi.

Adafruit 16-Channel PWM / Servo HAT para Raspberry Pi	
Características	Descripción
Peso	14g
Dimensiones	65mm x 56mm x 13mm
Fuente de alimentación	VCC, conector DC 2.1mm, bloque de terminales
Voltaje de funcionamiento	3.3V a 6V
Corriente de ejecución	500mA - 100 mA (5V)

Tabla 3. Especificaciones referentes a los Servomotores MG996R.

Servomotor MG996R	
Características	Descripción
Peso	55g
Dimensiones	40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
Velocidad de operación	0.17 s / 60° (4.8 V), 0.14 s / 60° (6 V)
Voltaje de funcionamiento	4.8 V a 7.2 V
Corriente de ejecución	500mA - 900 mA (6V)

Tabla 4. Especificaciones referentes al Módulo de Cámara V2 para Raspberry Pi 3.

Módulo de Cámara V2 para Raspberry Pi 3	
Características	Descripción
Sensor	Sony IMX219
Resolución	8 megapíxeles
Modos de video	1080p30, 720p60 y 640 × 480p60/90
Resolución del sensor	3280 × 2464 píxeles
Área de imagen del sensor	3.68 x 2.76 mm (4.6 mm diagonal)

Tabla 5. Especificaciones referentes al software a utilizar.

Características	Descripción
OpenCV	Es una biblioteca libre de visión artificial que contiene más de 500 funciones, como reconocimiento de objetos, calibración de cámaras y visión robótica.
Raspbian Stretch	Es una distribución del sistema operativo GNU/Linux basado en Debian para Raspberry Pi, siendo la versión Stretch la más reciente.
Python	Es lenguaje de programación orientado a objetos. Es un lenguaje interpretado, usa tipado dinámico y es multiplataforma.

3.3 Propuesta de Desarrollo

El desarrollo de este proyecto puede ser fragmentado en dos partes:

1. Diseño y desarrollo de mano robótica.
2. Implementación de algoritmos de Visión Artificial para el reconocimiento de señas.

3.3.1 Diseño y desarrollo de mano robótica

Durante la primera fase, es necesario considerar un diseño del brazo, los materiales de los que estará compuesto, y cómo actuará. Con base en estas premisas, se propone la utilización de materiales livianos, como plástico, para no intervenir con el uso de los 5 servomotores, que fueron escogidos por su bajo costo, modularidad, así como por la sencillez de su programación; dado este escenario, la mejor alternativa es la impresión 3D de una mano robótica. La misma deberá ser articulada.

3.3.2 Implementación de algoritmos de Visión Artificial para el reconocimiento de señas

La segunda fase requiere considerar cómo se implementará el reconocimiento de las señas. Esto implica el uso de un dataset de Lenguaje de Señas Panameño. Dado que el modelo de Lengua de Señas Americana (EU), es similar al de LSP, se utilizará uno disponible y se adaptará a las necesidades. A partir de

un modelo pre-entrenado de Red Neuronal Convolutiva, es posible predecir si una seña fue realizada correctamente.

Se toma en cuenta un modelo de Red Neuronal Convolutiva por su versatilidad y capacidad de predicción a partir de amplios datasets. Combinado con imágenes procesadas en tiempo real, resulta conveniente implementar un modelo de este tipo, a pesar de que es efectivo sobre señas fijas o estáticas.

3.4 Diseño

Una de las principales características con las que debe contar el modelo escogido, son las articulaciones de los dedos. Estas permitirán la ejecución de señas, y concentrarán la tensión del hilo de nylon en un punto para cada dedo.

Teniendo esto presente, dos modelos fueron considerados como se muestra en las figuras 3 y 4 respectivamente:

- a) HandBot



Figura 3. Modelo 1: Mano articulada de nylon y acrílico. Fuente: Deeplocal.

- b) FlexyHand



Figura 4. Modelo 2: Mano articulada en 3D. Fuente: Gyrobot UK.

A partir de estos modelos, se propone el siguiente modelo, como se aprecia en la figura 5:

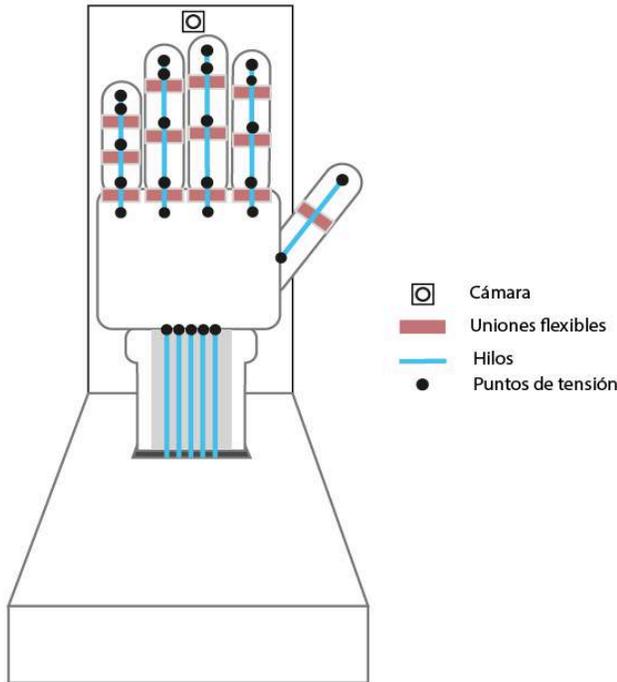


Figura 5. Modelo para el desarrollo del proyecto. Fuente: Los Autores.

En el modelo planteado, se presenta una mano empotrada en una base que contiene el Raspberry Pi y los cinco servos (para cada punto de tensión), mientras que la mano articulada se encuentra unida mediante un antebrazo a la base. Los puntos rojos representan las uniones flexibles, y en azul se aprecian los hilos, que se pasan a través de los puntos de tensión.

Cabe destacar que este diseño combina características de ambas manos mencionadas anteriormente, pero incorpora una cámara a sobre el nivel de la mano para mejorar la captación de las señas; además, su estructura de plástico PLA es durable y de bajo costo.

3.5 Visión artificial, Redes Neuronales Convolucionales y la robótica

Algunos conceptos a tener en cuenta para el desarrollo de este proyecto:

La visión artificial es un campo de la ciencia que busca adquirir modelos computacionales y construir sistemas autónomos capaces de realizar tareas similares a la visión humana. En esta investigación se plantea el

uso de la visión artificial para capturar gestos en tiempo real.

Una red neuronal convolucional (ConvNet / CNN) es un algoritmo de aprendizaje profundo que puede tomar una imagen de entrada, asignar su importancia (mediante pesos y tendencias) a varios aspectos y objetos en la imagen para luego poder diferenciarlos unos de otros. Al utilizar un modelo entrenado de red neuronal convolucional, se puede predecir si una seña ha sido ejecutada correctamente.

La robótica es una rama interdisciplinaria de la ciencia e ingeniería que se enfoca en el diseño, elaboración y operación de robots, así como los sistemas computarizados para su control, captura sensorial y el procesamiento de la información. El sistema físico que se ha de utilizar para este proyecto es una sistema robótico.

4. Resultados y Discusión

En la primera parte del desarrollo del proyecto, se encontraron ciertas dificultades, específicamente, durante la etapa de ensamblado de la mano 3D.

Inicialmente, se imprimieron un total de 15 piezas rígidas y 14 piezas flexibles (uniones de las piezas rígidas, impresas en material Filaflex). A pesar de que las piezas impresas en Filaflex probaron ser flexibles, las mismas tenían a su vez bastante resistencia a ser dobladas; para cada dedo, un servomotor podría haber logrado doblar una de las uniones, pero no las tres necesarias para lograr el rango de movilidad deseado.

A partir de esta problemática, se decide cambiar las uniones, por un material aún más flexible y elástico. Una de las opciones era crear un molde para silicón, con las uniones actuales, aunque esta opción hubiese consumido más tiempo y recursos (por el proceso de creación del molde, para posteriormente, utilizar silicón para crear las uniones).

De aquí, se optó por utilizar ligas de silicón, para simular estas uniones, aunque al final, se ensambló la mano con ligas de caucho, de aproximadamente 1 cm de ancho y 0.25 cm de espesor.

En la figura 6 se muestra parte del proceso de ensamblado de la mano, primero se armaron los dedos, luego se unieron los dedos a la mano, y al final se pasó el hilo de nylon por los puntos de flexión.



Figura 6. Ensamblado de la mano. Fuente: Los Autores

El cambio del material de las uniones permitió obtener una mano flexible, que volviera a su posición original, como la que se muestra en la figura 7.



Figura 7. Mano ensamblada. Fuente: Los Autores

Es importante mencionar algunas limitantes de este modelo 3D: es necesario notar que señas como la de la letra M, N y P, no pueden ser realizadas con este modelo, debido a la morfología del pulgar. Para estas señas, el pulgar no solo se dobla entre las falanges próximas y distal, sino que actúa como un pivote. Para corregir esto, es necesario adicionar dicho pivote.

Una mejora significativa de esta investigación radica en el perfeccionamiento del diseño de la mano.

5. Conclusiones y trabajo futuro

En esta investigación en proceso, se ha podido ensamblar una mano robótica articulada, con alto grado de flexibilidad, a partir de un modelo 3D, es importante mencionar que es un dispositivo de bajo costo.

No hay duda de que el desarrollo e implementación de este sistema puede generar resultados positivos en la población.

Como trabajo futuro se realizarán las pruebas que permitan el reconocimiento de señas.

REFERENCIAS

- [1] P. Godoy. Guías de apoyo técnico-pedagógico: necesidades educativas especiales en el nivel de Educación Parvularia. Recuperado de <http://especial.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/31/2016/08/GuiaAuditiva.pdf>
- [2] ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ, *Por la cual se protege a las personas discapacitadas auditivas, se modifican los artículos 19 y 20 de la ley no° 53 de 30 de noviembre de 1951 y se adoptan otras medidas.* Panamá: Asamblea Legislativa, 1992, p. 7.
- [3] A. Oviedo, "Panamá, atlas sordo," Deaf-Atlas, 2015.
- [4] Gobierno de la República de Panamá, Gaceta Oficial Digital, vol. 28046-B. Panamá: Asamblea Nacional, 2016, pp. 1–34.
- [5] I. González, "Primer Informe al Comité de los Derechos de la Personas con Discapacidad," Ginebra, 2017.
- [6] R. Simmons, "Las barreras que limitan a las personas sordas," La Prensa, Panamá, 2018.
- [7] A. Krastev, A. Lekova, M. Dimitrova, and I. Chavdarov, "An interactive technology to support education of children with hearing problems An Interactive Technology to Support Education of Children with Hearing Problems," Junio 2014.
- [8] A. Meghdari, M. Alemi, M. Zaki pour, and S. Amir, "Design and Realization of a Sign Language Educational Humanoid Robot Design and Realization of a Sign Language Educational Humanoid Robot," Mayo, 2018.
- [9] R. E. Johnson and S. K. Liddell, "Toward a Phonetic Representation of Signs: Sequentiality and Contrast," *Sign Lang. Stud.*, vol. 11, no. 2, pp. 241–274, 2010.
- [10] R. Ali, A. Khulaidi, R. Akmeliawati, and N. Z. Azlan, "Development of robotic hands of signbot , advanced Malaysian sign-language performing robot Development of robotic hands of signbot , advanced Malaysian sign-language performing robot," Marzo 2018.