

# Humanoid interpreter for teaching basic sign language

## (Intérprete humanoide para la enseñanza del lenguaje en señas básico)

Fausto Acuña, Marco Singaña, Fernanda Oñate, Verónica Valdés, and Milton Bustillos

**Abstract—** This article presents the design and construction of the torso of a humanoid robot with 22 degrees of freedom (22 GDL) built by additive manufacturing, with the combination of an interactive graphical interface, especially designed for children to self-learn the language in basic sign Ecuador (ESL) through imitation.

The interface is designed according to user requirements, should be easy and interactive, here the words is selected to interpret, the algorithm control activates the link mechanism of the humanoid, moving hands and body, transforming it in the form of signs, in accordance the Dictionary of Sign Language of Ecuador. For the construction of the torso, the model structure Inmoov took, made several modifications, according to the CAD/CAM/CAE philosophy and was constructed by additive manufacturing for a similar torso of a human model with multiple degrees of freedom.

The humanoid was evaluated with children of Educational Specialized Unit Cotopaxi, using two teaching methods, one using traditional where the teacher teaches his students to interpret the sign and other interactive, where the interpreter is presented and the participants motivated to imitate the signs demonstrated by the humanoid repeated many times as they saw fit to its self-learning. With the implementation of this interpreter, learning times were reduced by 25% compared to the traditional method, serves as an assistant teacher and is an interactive means of communication between the deaf community and listeners.

**Index Terms—** Humanoid interpreter, sign language, educational robots, hearing aids, deafness.

### I. INTRODUCCIÓN

EN LA ACTUALIDAD, los avances tecnológicos en la robótica permiten el uso de robots en un amplio campo no solo a nivel industrial sino al servicio de la humanidad. Siempre se ha deseado una máquina que facilite las tareas del ser humano, buscando que ésta pueda realizar sus actividades, por lo que se han desarrollado robots humanoides [1], como es el

caso del robot “Aiko Chihiara”, desarrollado por la Universidad de Osaka, ALAB Inc. y la compañía Japonesa Toshiba, se trata de un “Robot Social” capaz de expresarse en el lenguaje de signos y de mostrar expresiones faciales, especialmente destinado para asistir a personas con discapacidad auditiva de edad avanzada [2].

En Turquía experimentaron con una plataforma de robot de 5 dedos “Robovie R3”, para expresar un conjunto de palabras elegidas en lenguaje de señas (TSL) [3], obtuvieron entre 50 y 100% de efectividad para el reconocimiento de las mismas, mejorando el aprendizaje en comparación con el “Nao H25” [4,5], que tenía 3 dedos.

Otros experimentos se realizaron para la enseñanza del Lenguaje en Señas Americano (ASL) utilizando el robot humanoide “Nao H25” [6, 7, 8] con niños de edad preescolar, los resultados fueron bastante prometedores.

La Empresa Inmoov quien decidió sumarse a la comunidad que apuesta por la robótica libre (código abierto), ha compartido el robot humanoide del tamaño real, el objetivo de este proyecto es llegar a desarrollar un robot humanoide autónomo completo, con la ayuda de sus seguidores o personas con interés que puedan reproducirlo o mejorarlo, contribuyendo así al crecimiento del proyecto, [9].

En el Ecuador se han desarrollado algunas aplicaciones, como es el caso de Baquero A. [10], quien fabricó material didáctico como herramienta para el desarrollo del lenguaje, en niños sordos de 1 a 5 años a través de la lengua de señas ecuatoriana (ESL), el cual consistía en una ilustración de las manos de un niño en movimiento, con esta plataforma se busca fortalecer la claridad y el equilibrio visual de los niños con discapacidad auditiva. Andrade D. & Zúñiga D. [11], diseñaron y construyeron una mano robótica para la enseñanza del alfabeto dactilológico universal para las personas sordomudas, el objetivo es permitir que una persona que carece del habla pueda comunicarse; el principal reto es lograr convertir la mano en una prótesis eficiente. Chacón E. [12], desarrolló una interfaz para el reconocimiento automático del lenguaje de

Este trabajo fue auspiciado por la “Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”. Av. General Rumiñahui s/n. Sangolquí. Ecuador. P.O.BOX: 171-5-231B. Departamento de Energía y Mecánica. Ingeniería Mecatrónica.

Fausto Acuña. Autor con la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, Latacunga (fvacunia@espe.edu.ec).

Marco Singaña. Autor con la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, Latacunga (masingania@espe.edu.ec).

Fernanda Oñate. Autor con la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, Ambato (fersitaonate@gmail.com).

Verónica Valdés. Autor con la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, Ambato (vero.v.p@hotmail.com).

Milton Bustillos. Autor con la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, Latacunga (milbuc\_125@hotmail.com).

signos en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE en el año 2013, se trata de una interfaz gráfica donde se considera la memoria visual como un aspecto predominante, por lo que se realizó una asociación gráfica entre el signo realizado, la letra correspondiente y una imagen que representa la letra. Espinosa P. & Pogo H. [13], diseñaron y construyeron un prototipo de guante electrónico capaz de traducir el lenguaje de señas al lenguaje de letras.

Diversos estudios se han llevado a cabo para el reconocimiento, representación e interpretación de varios lenguajes de señas basados fundamentalmente en plataformas virtuales, software, videos, manos robóticas, dispositivos, equipos, técnicas, entre otros. El presente estudio propone combinar dos técnicas: la interacción de un robot humanoide y una plataforma virtual diseñada especialmente para que los niños se auto-eduquen; para la construcción se tomó el modelo de la estructura de Inmoov realizando modificaciones en función a la filosofía CAD/CAM/CAE y se construyó mediante manufactura aditiva para obtener un modelo similar al torso de un humano en forma y tamaño con múltiples grados de libertad.

## II. DISEÑO MECATRÓNICO

Para el diseño mecatrónico se busca imitar los movimientos de un humano: cabeza, tronco y extremidades superiores, sobre todo los realizados por los dedos, manos, muñecas, brazos, hombros y cuello. Se establece los siguientes parámetros de diseño: las medidas del humanoide se fundamentarán en la contextura antropométrica del cuerpo humano [14], su contextura deberá soportar su propio peso, deberá realizar

TABLA I  
MOVILIDAD DE ARTICULACIONES Y GDL

Movimiento	Función	GDL	Alcance
Dedos	Extensión y contracción de los dedos de manos	10	90°
Muñeca	Rotación interna y externa de las muñecas	2	60°
Codos	Flexión y extensión de los codos	2	60°
	Rotación interna y externa de los codos	2	90°
Hombros	Flexión y extensión de los hombros	2	120°
	Aducción y abducción de los hombros.	2	50°
Cuello	Extensión y contracción del cuello	1	40°
	Rotación a la derecha e izquierda del cuello	1	110°

movimientos programados mediante articulaciones con 22 GDL como se indica en la Tabla I [15].

### A. Diseño de la estructura

Para el diseño de la estructura, se modela en software CAD el propuesto por Inmoov [9], añadiendo las especificaciones de la Tabla I, como se indica en la Fig. 1.

Con el fin de evaluar la robustez de su estructura, utilizando el método de elementos finitos (MEF), mediante software CAE, se analiza la clavícula Fig. 2, uno de los componentes principales que produce el movimiento de abducción – aducción del brazo, se utilizó el Acrilonitrilo Butadieno

Estireno o ABS como material de construcción, mediante la técnica de manufactura aditiva o impresión en 3D [16], esto con la finalidad de imitar el torso de un humano con movimientos y facciones reales como se indica en la Fig. 3.

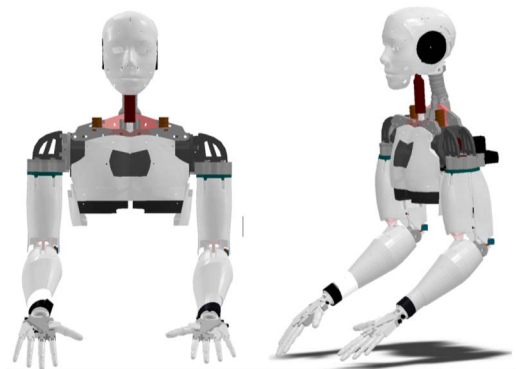


Fig. 1. Modelado inicial del humanoide mediante software CAD.

La Fig. 2 indica la energía de distorsión evaluado por Von Mises cuyo valor máximo es 0.3836 MPa en material ABS con 32 MPa re límite elástico.

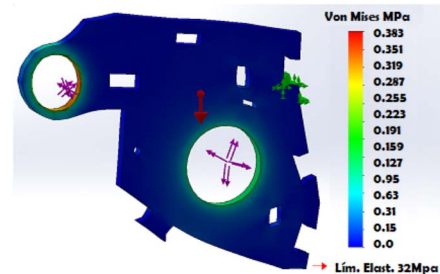


Fig. 2. Evaluación de la clavícula mediante software CAE.

La teoría de Von Mises expone “La falla se producirá cuando la energía de distorsión por unidad de volumen debida a los esfuerzos máximos absolutos en el punto crítico sea igual o mayor a la energía de distorsión por unidad de volumen de una probeta en el ensayo de tensión en el momento de producirse la fluencia” [17], usando (1).

$$\sigma_{\text{VonMises}} \leq \sigma_{\text{LímiteElástico}} \quad (1)$$

Como el valor de límite elástico del ABS es de 32 MPa y el valor de Von Mises obtenido es de 0.3836 MPa, se comprueba que cumple con esta teoría y el material no fallará, pero su



Fig. 3. Ensamble final del robot humanoide.

magnitud muestra una sobre dimensión en el diseño, por lo que se procede a optimizar las dimensiones de las piezas, reduciendo pesos, hasta obtener el humanoide ideal representado en la Fig. 3

### B. Cálculo de torques del mecanismo

Para el cálculo del torque máximo necesario, se toma como referencia el movimiento de abducción – aducción del brazo, ya que este movimiento requiere de la aplicación de una fuerza máxima para levantar el peso del brazo, haciendo pivote en la clavícula, la Fig. 4 representa el diagrama del cuerpo libre con sus respectivas dimensiones.

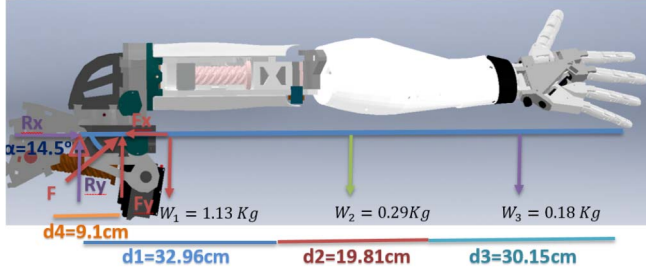


Fig. 4. Modelado inicial del humanoide mediante software CAD.

Se realiza la sumatoria de fuerzas para un sistema en equilibrio, y se calcula la fuerza (F) requerida para permanecer en dicha posición, mediante (2).

$$-\left(d1 + d2 + \frac{d3}{2}\right)W3 - \left(d1 + \frac{d2}{2}\right)W2 - \left(\frac{d1}{2}\right)W1 + d4 * F \sin \alpha = 0 \quad (2)$$

$$F = 19.03 \text{ Kg}$$

Determinada la fuerza a vencer para producir el movimiento de abducción, será necesario calcular el torque de subida, mediante (3), para ello se utilizará un tornillo de potencia de las siguientes características:  $Dp=2.08\text{cm}$ ,  $\phi=17.06^\circ$ ,  $\lambda=32.15^\circ$ ,  $f=0.2$

$$T_s = \left( \frac{F * Dp}{2} \right) \left( \frac{\cos \phi * \tan \lambda + f}{\cos \phi - f * \tan \lambda} \right) \quad (3)$$

$$T_s = 19.05 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

De la misma forma para producir el movimiento de aducción, será necesario calcular el torque de bajada ( $T_b$ ), mediante (4), utilizando el mismo tipo de tornillo

$$T_b = \left( \frac{F * Dp}{2} \right) \left( \frac{f - \cos \phi * \tan \lambda}{\cos \phi + f * \tan \lambda} \right) \quad (4)$$

$$T_b = 3.89 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

En la Tabla II se muestran los resultados de los torques

TABLA II  
TORQUES Y ALCANCES DE LAS ARTICULACIONES

Articulación	Torque [Kg*cm]	Alcance
Dedo Pulgar	0.54	60°-150°
Dedo Índice	0.21	60°-150°
Dedo Medio	0.27	60°-150°
Dedo Anular	0.24	60°-150°
Dedo Meñique	0.19	60°-150°
Muñeca	0.10	10°-150°
Antebrazo	12.68	0°-60°
Hombro Rotación	0.90	0°-110°
Hombro Flexión	19.05	0°-135°
Hombro Abducción	16.81	0°-60°
Cuello Rotación	1.27	0°-180°
Cuello Extensión y Contracción	4.22	10°-150°

calculados y los alcances de cada articulación.

### C. Diseño del algoritmo de control

Para determinar el algoritmo de control, es necesario analizar la cinemática del humanoide, es decir determinar la posición y orientación del efector final del robot, con respecto a un sistema de coordenadas de referencia, de esta forma, el problema cinemático directo, se reduce a encontrar la matriz homogénea de transformación T, utilizando la representación de Denavit & Hartenberg [18].

Para la cinemática del brazo se ha tomado en cuenta el número de eslabones y articulaciones descritos en la Fig. 5, al mismo tiempo que se ha representado los parámetros de Denavit-Hartenberg

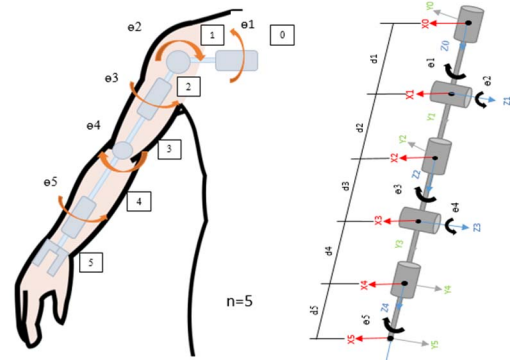


Fig. 5. Eslabones, articulaciones y representación D&H del brazo.

La Tabla III, muestra los parámetros obtenidos al aplicar la cinemática directa mediante D&H.

TABLA III  
PARÁMETROS D&H DEL BRAZO

Articulación	$\phi$	d (mm)	A	$\alpha$
1	q1	d1=9.1	0	90°
2	q2	d2=9.1	0	-90°
3	q3	d3=42.87	0	90°
4	q4	d4=24.98	0	-90°
5	q5	d5=15.07	0	0°

El siguiente paso será programar y simular la cinemática del brazo utilizando software MatLab, mediante la herramienta Simulink y el toolkit Simmechanics [19], este último permite exportar el diseño CAD y obtener un diagrama de bloques en el cual se representan los eslabones, articulaciones, restricciones y elementos de fuerza, con sus magnitudes y características conforme al diseño CAD, posteriormente se resuelve las ecuaciones y se simula, como ejemplo se muestra parte del algoritmo en la Fig. 6

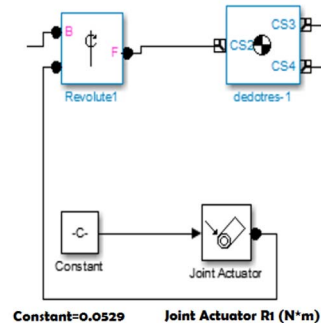


Fig. 6. Algoritmo de control del dedo 3.

La Fig. 6 representa el esquema de control del dedo 3, compuesto por una Junta de Revolución, que enlaza los eslabones (Revolute1), en el cual se define actuadores y sensores; un cuerpo (dedotres-1), aquí se define la masa, el centro de gravedad y el momento de inercia; un actuador de junta (Joint Actuador) el cual proporciona movimiento al eslabón.

Para las trayectorias de movimiento se describe cada seña y los grados de giro que debe ejercer las articulaciones. Por ejemplo, para la seña HOLA, se flexiona el antebrazo, la mano con los dedos juntos se abre y se cierra repetidamente como indica la Fig. 7.



Secuencia	Movimientos (Servomotor)	Grados
A	Antebrazo flexión (7)	90
	Dedo meñique (5)	90
B-D	Dedo anular (4)	90
	Dedo medio (3)	90
	Dedo índice (2)	90
	Dedo meñique (5)	0
C-E	Dedo anular (4)	0
	Dedo medio (3)	0
	Dedo índice (2)	0

Fig. 7. Seña Hola.

Este sistema será controlado mediante dos tarjetas Arduino Mega 2560 R3 con salidas PWM, a través del software LabVIEW. Las 22 señales PWM deberán controlar los 22 GDL accionados por servomotores unidos a cada articulación, se enviará el pulso y se obtendrá el ángulo de giro deseado para la secuencia seleccionada.

La ejecución de las señas ha sido realizada en base a los videos del Diccionario de la Lengua de Señas Ecuatoriana [20] junto con el apoyo de los docentes de la Unidad Especializada Cotopaxi.

El algoritmo final se describe en la Fig. 8, donde se representa la secuencia de ejecución para el intérprete humanoide.

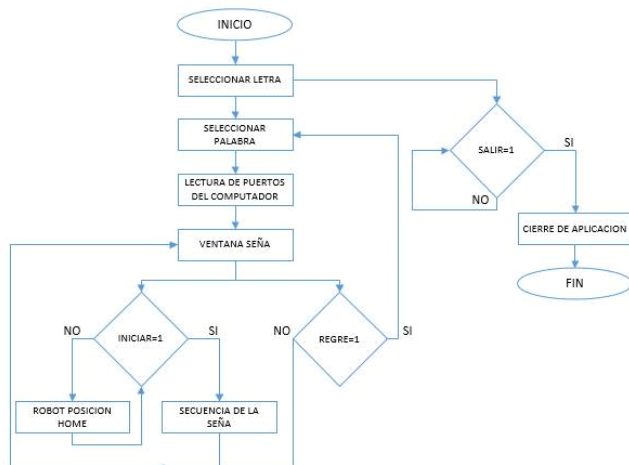


Fig. 8. Algoritmo de control del intérprete humanoide.

#### D. Diseño de la interfaz gráfica

Para el diseño de la interfaz gráfica se ha tomado en cuenta algunos aspectos y consideraciones al momento de su presentación, de entre los principales tenemos [21]: Debe ser amigable e interactiva para el usuario ya que en este caso los

usuarios son los niños bajo la supervisión del profesor guía o tutor. Debe cumplir con ciertos parámetros para aplicaciones de software educativo, como: diseño y presentación de menús, iconos o imágenes, selección de colores adecuados y fuentes, ya que la cognición de los niños está estrechamente relacionada a lo que perciben sus sentidos.

Para la implementación de la interfaz gráfica se ha integrado las ventanas múltiples y el algoritmo de control. De esta manera la interfaz final del proyecto será la que muestra en la Fig. 9, en la cual se localiza una pantalla principal de inicio que luego de 5 segundos se cambiará a una pantalla con letras ordenadas alfabéticamente, con la cual se seleccionará las palabras que serán interpretadas en señas.

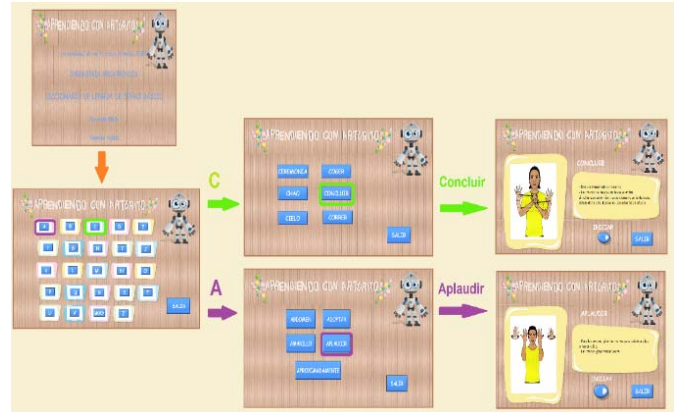


Fig. 9. Interfaz gráfica.

### III. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Una vez culminado el diseño de los sistemas, se procede a fabricar los componentes de la estructura, utilizando para ello la técnica de manufactura aditiva o impresión 3D, mediante una prototipadora construida en la Universidad [16], como se indica en la Fig. 10.



Fig. 10. Impresión de componentes.

#### A. Ensamble de la estructura

Culminado el proceso de impresión se procede a su ensamblaje, como ejemplo se ilustra en la Fig. 11, el ensamblaje



Fig. 11. Ensamblaje de componentes externos e internos.



de los dedos, mano, muñeca y antebrazo con sus elementos internos.

#### B. Implementación del Sistema Mecatrónico

La Fig. 12, representa la relación de conexión entre los sistemas que componen el torso humanoide como son: la interfaz gráfica implementada en una PC, la conexión de las tarjetas de control Arduino Mega mediante puerto USB y las salidas de las señales PWM de las tarjetas de control hacia los actuadores ubicados en cada articulación de la estructura.

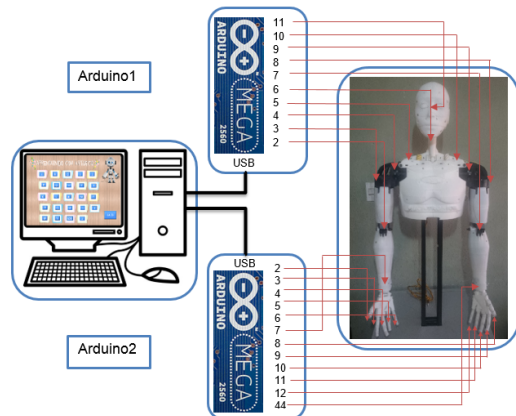


Fig. 12. Ensamblaje de sistema mecatrónico.

### IV. PRUEBAS Y RESULTADOS

Para determinar la confiabilidad, funcionabilidad y utilidad del torso humanoide se han realizado varias pruebas.

#### A. Prueba de desplazamiento angular

Esta prueba se lo realizó para determinar los verdaderos desplazamientos angulares de las articulaciones, compararlos con los establecidos en el diseño y obtener el error promedio. La Tabla IV representa los valores medidos.

Los valores representados en la Tabla IV, dan un promedio de 5.83% de error en el desplazamiento angular de cada posición, manteniendo sus valores por debajo de su campo de acción máximo, estableciéndose un 94% de confiabilidad.

TABLA IV  
VALORES DE DESPLAZAMIENTO ANGULAR

Movimiento	Diseñados	Medidos	% Error
Extensión y contracción de los dedos de manos	90°	84°	6.66
Rotación interna y externa de las muñecas	60°	63°	5
Flexión y extensión de los codos	60°	55°	8.33
Rotación interna y externa de los codos	90°	86°	4.44
Flexión y extensión de los hombros	120°	115°	4.16
Aducción y abducción de los hombros.	50°	48°	4
Extensión y contracción del cuello	40°	38°	5
Rotación a la derecha e izquierda del cuello	110°	100°	9.09
<b>Error Promedio</b>			<b>5.83</b>

#### B. Prueba de reproducibilidad

Esta prueba está diseñada para determinar la efectividad de la seña, se tomó una al azar y repetido varias veces, se midió tomando como referencia puntos fijos y se obtuvo los resultados indicados en la Tabla V.

TABLA V  
VALORES MEDIDOS EN LA PRUEBA DE REPRODUCIBILIDAD

Seña	Medición (m)	% Error
Flexión 90° D = 0,8m	d1=0.79	1.25
	d2=0.82	2.5
	d3=0.77	3.75
	d4=0.75	6.25
<b>Error Prom.</b>		<b>3.99</b>

Los datos de la Tabla V, muestran un error mínimo en la reproducibilidad de la seña, dando como resultado un 96% de funcionalidad del torso humanoide

#### C. Prueba de efectividad

Con esta prueba se pretende medir la efectividad, reconocimiento exacto de la seña. Para ello se evaluó el aprendizaje de 40 señas diferentes, con 10 niños de la Unidad Educativa Cotopaxi, aprendida mediante dos metodologías.

##### 1) Método simbólico o convencional

Considerado como la forma habitual y clásica de la enseñanza de la lengua de señas, en donde el docente debe repetir determinadas veces las señas para que los niños la puedan aprender. Los resultados con este método revelaron que los niños tardaron entre 12 y 15 días en aprender y ejecutar correctamente las señas seleccionadas, manteniéndose una tendencia de 14 días en promedio para el aprendizaje, como muestra la Fig. 13.

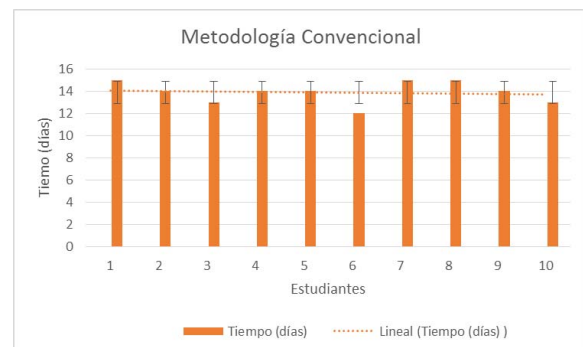


Fig. 13. Resultados de aplicar la Metodología Convencional.

##### 2) Método interactivo

Este método se fundamenta en actividades experimentales [22], se lleva a cabo con el constante auxilio de sustitutos inmediatos y predomina la actividad y experiencia real de los alumnos, este es el verdadero espíritu que fortalece a este proyecto, pues el intérprete humanoide repetirá las señas cuantas veces sea necesarias hasta su total aprendizaje. Los resultados de aplicar este método revelaron que los niños aprendieron a ejecutar las señas entre 9 y 12 días, con una tendencia que oscila entre 9 y 11 días, la Fig. 14 muestra los resultados.

Los ensayos realizados demuestran la efectividad que tiene el intérprete en reducir hasta un 25% los tiempos de aprendizaje del lenguaje en señas comparado con el método tradicional.

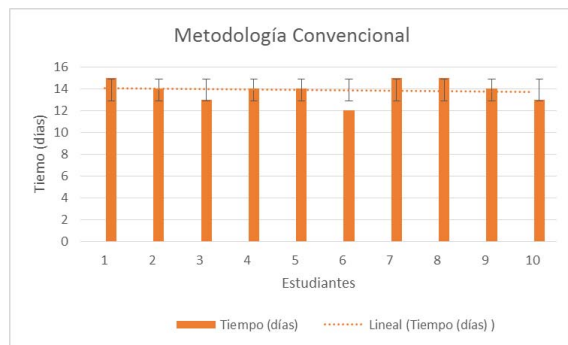


Fig. 14. Resultados de aplicar la Metodología Intuitiva.

A futuro se pretende incorporar expresiones faciales y movimientos del cuerpo, para ampliar su capacidad de reproducción de señas, a largo plazo, conseguir que el intérprete interactúe con el usuario no solo interpretando el lenguaje en señas, sino reconociendo las señas y estableciendo una conversación básica, mediante visión e inteligencia artificial.

## V. CONCLUSIONES

Se concluyó con éxito el diseño e implementación del torso de un intérprete humanoide de 22 GDL para la enseñanza del lenguaje de señas básica a niños con discapacidad auditiva en la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi.

Se diseñó y modeló la estructura del intérprete mediante software CAD, se evaluó su robustez aplicando el MEF mediante software CAE, se construyó sus partes mediante manufactura aditiva CAM-3D, se obtuvo un 94% de confiabilidad y 96% de funcionalidad.

Considerando los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que determinan la forma en que los estudiantes perciben, interaccionan y responden a un ambiente de aprendizaje, se diseñó una interfaz gráfica amigable, que complementa al intérprete, para convertirse en un sustituto ideal para el aprendizaje interactivo del lenguaje en señas, el docente no tendrá que preocuparse más por repetir la seña.

El sistema de control se fundamenta en su algoritmo interno y en dos tarjetas controladoras Arduino con salidas PWM, a través del software LabVIEW, las 22 señales controlan los 22 servomotores (22-GDL) que mueven cada articulación, obteniéndose una posición exacta de la seña previamente seleccionada.

La ejecución de las señas se realizó en base al Diccionario de la Lengua de Señas Ecuatoriana, junto con el apoyo de los docentes de la Unidad Educativa que permitieron perfeccionar la seña.

Con la implementación de este intérprete se comprobó que los niños y jóvenes de la Unidad Especializada Cotopaxi, redujeran un 25% los tiempos de aprendizaje, además de servir como material didáctico interactivo, entretenido e interesante no solo para la comunidad sorda, sino como medio de comunicación con personas oyentes.

## REFERENCIAS

- [1] J. Angulo, S. Romero, and I. Angulo, *Introducción a la Robótica*, 2nd ed., Thomsom, Madrid, 2005.
- [2] (2014) @geekociety website. [Online]. Disponible: <https://geekociety.wordpress.com/2014/10/09/aiko-chihira-la-robot-de-toshiba-que-se-comunica-por-senas/>

- [3] P. Uluer, N. Akalin, H. Köse, "Humanoid Robots as Assistive Game Companions for Teaching Sign Language Tutoring", *International Journal of Social Robotics*, November 2015, Volume 7, Issue 5, pp 571-585.
- [4] H. Kose, R. Yorganci, "Tale of a robot: Humanoid Robot Assisted Sign Language Tutoring", 11th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots Bled, Slovenia, 2011, pp. 105 – 111.
- [5] H. Kose, R. Yorganci, I. Itauma, "Humanoid Robot Assisted Interactive Sign Language Tutoring Game", IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Thailand, 2011, pp 2247 – 2248.
- [6] Ertugrul, B.S., C. Gurpinar, H. Kivrak, A. Kulaglic, H. KOSE, "Gesture Recognition for Humanoid Assisted Interactive Sign Language Tutoring", The Sixth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions (ACHI 2013), February 24 – March 1, 2013 - Nice, France.
- [7] Ertugrul, B.S., H. Kivrak, E. Daglarli, A. Kulaglic, A. Tekelioglu, S. Kavak, A. Ozkul, R. Yorganci, H. Kose, "iSign: Interaction Games for Humanoid Assisted Sign Language Tutoring", International Workshop on Human-Agent Interaction (iHAI 2012), 11 October, 2012, Vilamoura, Algarve, Portugal, accepted.
- [8] Akalin N., Uluer P., Kose H., "iSpy-uSign: Humanoid Assisted Interactive Sign Language Tutoring Games", 22nd International Symposium on Robot and Human Interactive Communication Conference, RO-MAN 2013, Gyeongju, Kore, 26-29 August 2013.
- [9] (2012) INMOOV website. [Online]. Disponible: <http://inmoov.fr/>
- [10] A. Baquero, "Material didáctico como herramienta fundamental para el desarrollo del lenguaje, en niños sordos de 1 a 5 años a través de la lengua de señas ecuatoriana", Tesis Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador, Mayo 2008.
- [11] D. Andrade y D. Zúñiga, "Diseño y construcción de una mano robótica para la enseñanza del alfabeto dactilológico universal para las personas sordomudas", Tesis Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, Agosto 2011
- [12] E. Chacón, "Desarrollo de una interfaz para el reconocimiento automático del lenguaje de signos", Tesis Ingeniería, Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Sangolquí, Ecuador, Marzo 2013
- [13] P. Espinosa. y H. Pogo, "Diseño y construcción de un guante prototipo electrónico capaz de traducir el lenguaje de señas de una persona sordomuda al lenguaje de letras", Tesis Ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador, Junio 2013
- [14] E. Valero. (2011) INSHT webpage. [Online]. Disponible: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/DTEAntropometriaDP.pdf>.
- [15] P. Espinoza. (2013) UNAM webpage. [Online]. Disponible: <http://es.slideshare.net/pedroespinosa106/52756563-angulosyarcosdemovimiento>.
- [16] F. Acuña, P. Navarrete, S. Chancusi, y D. Rivas, "Design and Construction of a 3D Printer Auto Controller Wirelessly Through of Free Software", in *IEEE Latin America Transactions*, 2015, paper 10.1109/TLA.2015.7164214, pgs. 1893 a 1898.
- [17] R. L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas*, 2da ed., Ed. Prentice Hall, México: Macmillan Inc., 1992.
- [18] A. Barrientos, L. Peñin, C. Balaguer, R. Aracil, *Fundamentos de Robótica*, 2nd ed., Mc Graw Hill, Madrid, 2007.
- [19] D. Saptarshi, P. Indranil, *MATLAB Based Simulation Tools*, Springer Berlin Heidelberg, 2012, pgs. 97-101
- [20] (2014) CONADIS website. [Online]. Disponible: <http://plataformaconadis.gob.ec/diccionario/>
- [21] S. Neiret, "Diseño de Interfaz en el Software Educativo Infantil para captar Emociones", Tesis de Ingeniería, Universidad de la Plata, Buenos Aires, Argentina, 2008.
- [22] R. Bisquerra, *Metodología de la investigación educativa*, 1ra ed., La Muralla, Barcelona, España, 2004.



**Fausto Acuña. Autor.** Nació en Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, en 1966. Obtuvo el título de Ingeniero Electromecánico en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en 2005, y Máster en Gestión de Energías en la UTC en 2013.

Es docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga desde 1987. Tiene varias publicaciones y ha participado en múltiples Congresos Internacionales. Sus intereses de investigación incluyen Máquinas CNC, Robótica Industrial, Sistemas de Manufactura Computarizada, CAD/CAM, Soldadura Robotizada, entre otras.



**Marco Singaña. Autor.** Nació en Latacunga, Cotopaxi, Ecuador en 1968. Obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Control en la Escuela Politécnica Nacional en 1998, y Máster en Redes y Telecomunicaciones en la Universidad Técnica de Ambato en 2009. Actualmente cursando el programa de Maestría en Diseño, Producción y

Automatización Industrial en la Escuela Politécnica Nacional.

Es docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga desde el año 2000. Sus intereses de investigación incluyen Automatización Industrial, Robótica, Mecatrónica, Visión por Computador, Mecánica Computacional, entre otras.



**Fernanda Oñate. Autor.** Nació en Ambato, Tungurahua, Ecuador en 1991. Obtuvo el título de Ingeniera en Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en 2015.

Sus intereses de investigación incluyen, Robótica, Sistemas CAD/CAM, Automatización, Control de Procesos, Redes Industriales, entre otras.



**Verónica Valdés. Autor.** Nació en Ambato, Tungurahua, Ecuador en 1990. Obtuvo el título de Ingeniera en Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en 2015.

Sus intereses de investigación incluyen, Robótica, Sistemas CAD/CAM, Automatización, Control de Procesos, Redes Industriales, entre otras.



**Milton Bustillos. Autor.** Nació en Latacunga, Cotopaxi, Ecuador en 1990. Obtuvo el título de Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en 2015.

Sus intereses de investigación incluyen, Robótica, Sistemas CAD/CAM, Automatización, Control de Procesos, Redes Industriales, entre otras.