

Desarrollo de un traductor de lenguaje de señas a voz utilizando sensores inerciales con comunicación vía WI-FI y tratamiento de datos

autor

CRISTIAN FABIAN PABON PUERTO






DAVID ESTEBAN PRIETO TINJACA

**INGENIERÍA MECATRÓNICA
DEPARTAMENTO M.M.I
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, septiembre 2025**

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Título: Desarrollo de un traductor de lenguaje de señas a voz utilizando sensores inerciales con comunicación vía WI-FI y tratamiento de datos							
Nombre Autor: Cristian Fabian Pabon Puerto				C.C. : 1.049.640.347			
David Esteban Prieto Tinjaca				1.007.655.143			
FIRMA:							
E-mail: cristian.pabon@unipamplona.edu.co - cristianfabianpabon1994@gmail.com				Teléfono: 321-205-8448			
david.prieto@unipamplona.edu.co – david.esteban06@hotmail.com							
Lugar de Ejecución del Proyecto: Universidad de Pamplona Norte de Santander							
Modalidad:							
Investigación	X	Pasantía Investigación		Práctica Empresarial		Diplomado	
						Monografía	
						Artículo Científico	
Objetivo General							
Desarrollar un sistema traductor de señas a voz, mediante guantes sensorizados con unidades inerciales y la aplicación de modelos cinemáticos de la mano.							
Objetivos específicos							
 Implementar guantes sensorizados con unidades inerciales, sistemas de comunicación, sistema de procesamiento de datos de bajo nivel y sistema de procesamiento de alto nivel para la captura de movimientos y posiciones de la mano.							
 Reconocer los gestos de la mano a partir de los modelos cinemáticos y la información de los sensores							
 Programar los algoritmos del traductor que reproduce la voz a partir de los gestos.							
 Realizar el entrenamiento del sistema mediante redes neuronales convolucionales, almacenando los datos evaluados según la caracterización de la visagrafia colombiana							
 Validar experimentalmente el desempeño del sistema con un grupo de usuarios reales, evaluando indicadores cuantitativos como nivel de precisión y tiempo de respuesta promedio							
Valor Total del Proyecto: Cuatrocientos mil pesos				\$400.000			

2. RESUMEN DEL PROYECTO






La comunicación sigue siendo una barrera significativa para las 459.784 personas sordas en Colombia (Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2021, INSOR), dado que solo un pequeño porcentaje obtiene acceso pleno a educación superior (aproximadamente 5 %) y enfrenta obstáculos mayores en servicios de salud. Las opciones actuales como intérpretes, subtítulos, o tecnologías de accesibilidad remota tienen costos elevados, requieren infraestructura (por ejemplo, cámaras, buena iluminación) y no están disponibles o son poco accesibles en zonas rurales o comunidades vulnerables.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema traductor en Línea de lenguaje de señas a voz, mediante un guante sensorizado con módulos MPU6050, que sea económico, portátil y funcional sin necesidad de visión artificial, para mejorar la inclusión comunicativa de personas sordas en Colombia, especialmente en entornos educativos y de salud.

La metodología abarcará: (1) recopilación de datos de gestos de lenguaje de señas mediante sensores inerciales colocados en las puntas de los dedos; (2) modelado mediante cinemática directa e inversa para representar los movimientos de la mano; (3) desarrollo de un algoritmo de clasificación en tiempo real; (4) integración de módulo de síntesis de voz (TTS) en español; (5) pruebas piloto focalizadas en entornos educativos y de salud para evaluar precisión, tiempo de respuesta, aceptabilidad por usuarios sordos.

Se esperan resultados como reconocimiento de gestos con precisión superior al 85 %, tiempos de respuesta bajos (<1 segundo), reducción de la dependencia de intérpretes en aulas o centros de salud, mejoras en la participación educativa de jóvenes sordos, y una solución costo-accesible que pueda ser adoptada por instituciones públicas. Este sistema promete aportar inclusión social, mejora en el acceso a servicios de salud y educación, y disminuir las brechas de comunicación para personas con discapacidad auditiva en Colombia.

2.1. Palabras claves:

-  Lenguaje de señas
-  Traducción en tiempo real
-  MPU6050
-  Cinemática directa e inversa
-  Guante sensorizado

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las personas con discapacidad auditiva y del habla enfrentan diariamente múltiples barreras de comunicación en entornos sociales y comerciales. Un ejemplo común ocurre cuando una persona muda ingresa a una tienda con la intención de realizar una compra: si el vendedor no conoce el lenguaje de señas, la interacción se vuelve limitada y en muchos casos frustrante para ambas partes. Esta situación refleja una brecha de accesibilidad que impacta negativamente en la inclusión social de esta población.

El lenguaje de señas es el medio principal de comunicación de las personas con discapacidad auditiva; sin embargo, la mayoría de la población no lo domina, lo que genera un obstáculo constante en actividades cotidianas como comprar, pedir información o solicitar un servicio. Para mitigar esta barrera, se han desarrollado sistemas basados en visión artificial que traducen gestos a texto o voz. No obstante, estas soluciones presentan limitaciones importantes: requieren la presencia de una cámara frente al usuario, restringen la movilidad, generan incomodidad al sentirse observados y dependen de condiciones de iluminación adecuadas para su funcionamiento.

Ante estas limitaciones, surge la necesidad de desarrollar dispositivos alternativos que brinden mayor autonomía, confianza y fluidez en la comunicación. En este contexto, los guantes sensorizados con módulos inerciales MPU6050 representan una solución innovadora y práctica. Estos sensores, ubicados en la punta de los dedos, permiten capturar los movimientos y posiciones de la mano en tiempo real, sin necesidad de cámaras externas ni infraestructura adicional.

El uso de técnicas de cinemática directa e inversa aplicadas a los datos de los sensores permite modelar con precisión los gestos del lenguaje de señas, traduciéndolos a texto y posteriormente a voz reproducida desde un dispositivo móvil. De esta manera, se facilita la interacción entre personas con discapacidad auditiva y oyentes que desconocen el lenguaje de señas, promoviendo la inclusión social, la equidad y la accesibilidad tecnológica en la vida diaria.

JUSTIFICACION

La comunicación es un pilar fundamental en la interacción social, y las personas con discapacidad auditiva y del habla enfrentan barreras significativas al desenvolverse en la vida cotidiana. En escenarios tan comunes como realizar una compra en una tienda, solicitar un servicio o entablar una conversación, la falta de conocimiento del lenguaje de señas por parte de la mayoría de la población limita la inclusión y la participación plena de esta comunidad. Esta situación no solo afecta su calidad de vida, sino que también genera una brecha social que debe ser atendida mediante soluciones tecnológicas innovadoras.

En este contexto, el desarrollo de un traductor de lenguaje de señas a voz en tiempo real mediante guantes sensorizados con módulos inerciales MPU6050 constituye una alternativa viable y efectiva frente a otros métodos existentes. A diferencia de los sistemas basados en visión artificial, que requieren cámaras, condiciones específicas de iluminación y limitan la movilidad del usuario, los guantes sensorizados ofrecen una experiencia más natural, portátil y confiable, permitiendo que el usuario se comunique de manera fluida y sin depender de infraestructura externa.

Desde el punto de vista tecnológico, este proyecto aprovecha el potencial de los sensores inerciales para capturar movimientos complejos de la mano y, mediante la aplicación de técnicas de cinemática directa e inversa, modelar matemáticamente los gestos propios del lenguaje de señas. Esta combinación de robótica, procesamiento de señales y síntesis de voz permite generar una herramienta innovadora que traduce en tiempo real los gestos a texto y audio en español, facilitando la interacción con cualquier persona que no conozca el lenguaje de señas.

Asimismo, este trabajo aporta un avance académico al integrar conocimientos de electrónica, programación, robótica y accesibilidad tecnológica, consolidando una propuesta interdisciplinaria con aplicación directa en la sociedad. En el ámbito social, contribuye de manera significativa a la inclusión y equidad, promoviendo que las personas con discapacidad auditiva puedan desenvolverse con mayor independencia, confianza y dignidad en su entorno.

Por lo anterior, este proyecto se justifica plenamente al responder a una necesidad social real, ofreciendo una solución innovadora, práctica y de bajo costo, con impacto tanto en la vida diaria de los usuarios como en el desarrollo de nuevas tecnologías inclusivas.

4. MARCO DE REFERENCIAS Y/O ESTADO DEL ARTE

El desarrollo de tecnologías que faciliten la comunicación entre personas con discapacidad auditiva y la población oyente ha sido objeto de estudio en los últimos años, principalmente a través de sistemas de traducción del lenguaje de señas a texto o voz. La mayoría de los enfoques se han centrado en dos grandes líneas: visión artificial y sensores portátiles.

En la primera línea, los sistemas basados en visión artificial utilizan cámaras y algoritmos de reconocimiento de imágenes para interpretar los gestos de las manos. Investigaciones previas han empleado técnicas de procesamiento de imágenes, redes neuronales y visión por computadora para reconocer patrones gestuales. Sin embargo, estos métodos

presentan limitaciones importantes, tales como la necesidad de iluminación adecuada, un campo visual controlado, infraestructura adicional y la incomodidad que puede generar en el usuario tener que interactuar constantemente frente a una cámara.

En la segunda línea, los sistemas portátiles y sensorizados han emergido como alternativas más prácticas y naturales. Dentro de estos, los guantes inteligentes equipados con sensores han demostrado un gran potencial para el reconocimiento de gestos. Algunos proyectos han utilizado sensores flexibles para medir la curvatura de los dedos o sensores inerciales (IMU) para capturar la orientación y movimiento de la mano. Entre estos dispositivos, el MPU6050 se ha posicionado como una opción accesible y eficiente, dado que integra acelerómetro y giroscopio en un solo módulo, permitiendo medir ángulos y desplazamientos con bajo consumo energético y a bajo costo.

A nivel internacional, se han reportado investigaciones que implementan guantes sensorizados con IMUs para la traducción de señas en tiempo real, pero la mayoría de estas propuestas se encuentran aún en fase experimental, y en muchos casos no integran directamente la síntesis de voz en el idioma local. En el contexto nacional (Colombia), existen pocos desarrollos de este tipo, lo que evidencia una oportunidad de innovación y aporte social en la construcción de soluciones accesibles que respondan a las necesidades específicas de la población.

En este sentido, el presente proyecto se diferencia al proponer un guante sensorizado con módulos MPU6050 ubicados en la punta de los dedos, lo que permite capturar con mayor precisión los movimientos asociados a las señas. Adicionalmente, incorpora la aplicación de técnicas de cinemática directa e inversa propias de la robótica, con el fin de modelar los gestos de la mano de manera matemática y robusta. Este enfoque no solo mejora la exactitud del reconocimiento, sino que también fortalece la base científica del desarrollo.

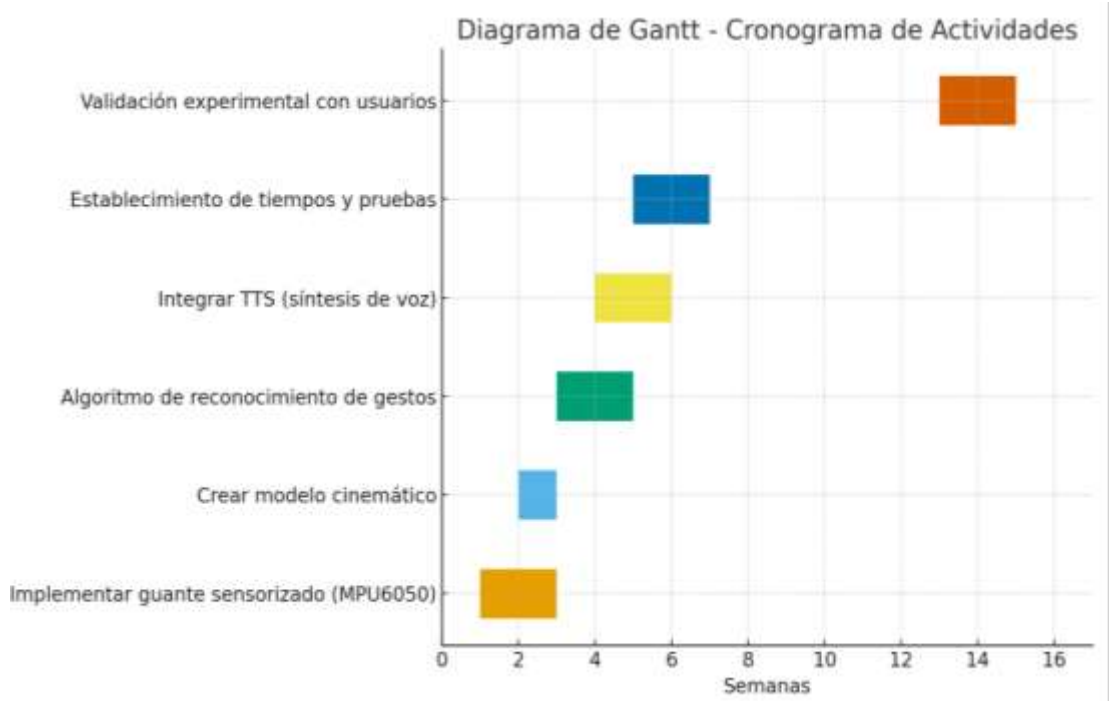
Finalmente, el sistema integra un módulo de síntesis de voz en español, de forma que la traducción pueda ser reproducida de manera inmediata en entornos cotidianos, como en una tienda o un servicio público, contribuyendo a la inclusión social y la equidad en la comunicación.

5. DELIMITACION

- 🚩 Objetivo General
 - Desarrollar un sistema traductor de señas a voz, mediante guantes sensorizados con unidades inerciales y la aplicación de modelos cinemáticos de la mano.
- 🚩 Objetivos específicos
 - Implementar un guante sensorizado con unidades inerciales, sistemas de comunicación, sistema de procesamiento de datos de bajo nivel y sistema de procesamiento de alto nivel para la captura de movimientos y posiciones de la mano.
 - Reconocer los gestos de la mano a partir de los modelos cinemáticos y la información de los sensores
 - Programar los algoritmos del traductor que reproduce la voz a partir de los gestos. Crear los algoritmos del traductor que reproduce la voz a partir de los gestos.
 - Validar experimentalmente el desempeño del sistema con un grupo de usuarios reales, evaluando indicadores cuantitativos como nivel de precisión y tiempo de respuesta promedio

6. TAREAS Y CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

6.1 Cronograma y descripción de Actividades.



Descripción de actividades: (Lista de tareas)

- Diseño y construcción del prototipo:**
 - ❖ Selección de hardware (MPU6050, microcontrolador, módulo inalámbrico)
 - ❖ Ensamblaje del guante sensorizado.
 - ❖ Configuración del sistema de adquisición de datos.
- Modelado y procesamiento de datos:**
 - ❖ Aplicación de cinemática directa e inversa para representar los movimientos de la mano.
 - ❖ Filtrado y preprocesamiento de datos inerciales (filtros complementarios/Kalman).
 - ❖ Implementación de algoritmos de reconocimiento (CNN-LSTM, SVM o redes densas).
- Traducción y salida de voz:**
 - ❖ Desarrollo de un traductor texto–voz (TTS en español).
 - ❖ Integración con el algoritmo de reconocimiento.
- Validación experimental:**
 - ❖ **Pruebas con usuarios voluntarios.**
 - ❖ **Medición de métricas**
- Herramientas y software:**
 - ❖ Arduino IDE: programación de adquisición de datos y comunicación del MPU6050.
 - ❖ MATLAB/Python (NumPy, SciPy, scikit-learn, TensorFlow o PyTorch): procesamiento de datos, modelado cinemático y entrenamiento de algoritmos de clasificación.
 - ❖ Excel / MS Project / GanttProject: gestión del cronograma y presentación de resultados.
 - ❖ Librerías TTS en español: pyttsx3, gTTS o equivalentes embebidos.

7. RESULTADOS/PRODUCTOS ESPERADOS Y POTENCIALES BENEFICIARIOS

7.1. Impactos esperados a partir del uso de los resultados:

Tabla 7.1. Impactos esperados después de finalizar el proyecto			
Impactos	Plazo	Indicador	Supuestos
Sociales	1 mes	10 usuarios informados sobre el sistema	Propagación de la información sobre el sistema
	3 meses	5 pruebas piloto realizadas con personas con discapacidad auditiva	Generación de pruebas con personas en esta condición de discapacidad física
	4 meses	Sistema introducido en al menos 1 entorno cotidiano (tienda, oficina, espacio educativo)	Primera introducción del sistema en uso cotidiano
		Inclusión: reducción en un 20% de la dependencia comunicativa del usuario	
Económicos	1 mes	Costo de producción ≤ 15% del valor de sistemas comerciales similares	El sistema cuenta con un desarrollo económico y accesible

	3 meses	Disponibilidad en hogares: al menos 3 familias vulnerables acceden al prototipo	Dado su costo de adquisición y su funcionamiento puede estar al alcance de hogares vulnerables
		Costos de uso ≤ \$500 COP diarios por usuario	
Productividad	1 mes	Usuario logra comunicar al menos 3 frases básicas al día con el sistema	Se idealiza obtener una mejora en la calidad de vida del usuario en una forma sustancial, dado a la facilidad de comunicación que puede tener en su vida diaria
	3 meses	Incremento en un 30% de actividades realizadas de forma independiente	Con el uso constante y diario el sistema mejora su capacidad de entendimiento para el usuario específicamente
Competitividad	1 mes	Comparación: $\geq 20\%$ más eficiente que prototipos con sensores de flexión	Los sistemas desarrollados y planteados se orientan al uso y funcionamiento de un prototipo similar con la deficiencia en su uso de sensores de flexión
		Competencia: usuario desarrolla 5 tareas comunicativas adicionales frente a otros sistemas	

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chávez, R., & Martinez, L. (2020). Aplicación de sensores inerciales en el reconocimiento de gestos para interfaces hombre-maquina. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, 17(3), 201-210. <https://doi.org/10.4995/riai.2020.12345>

2. Gómez, N., & Torres, F. (2018). Implementación de técnicas de cinemática directa e inversa en sistemas robóticos de manipulación [Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia.

3. Huang, Y., & Wu, X. (2021). Sign language recognition using accelerometer and gyroscope sensors. Sensors, 21(5), 1835. <https://doi.org/10.3390/s21051835>


4. Pérez, J., Ramírez, C., & López, A. (2019). Desarrollo de un guante inteligente para el reconocimiento de lenguaje de señas utilizando sensores inerciales [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL.

5. Sharma, P., Singh, R., & Kumar, A. (2022). Real-time hand gesture recognition using wearable IMU sensors. IEEE Access, 10, 12547-12559. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3145678>

6. Salazar Franco, M. A., & Barona López, L. I. (2023). Plataforma para desarrollo y evaluación de modelos de reconocimiento de gestos de la mano usando deep learning y celdas de memoria [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital EPN. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25083>

7. Mora-Zárate, J. E., Garzón-Castro, C. L., & Castellanos Rivillas, J. A. (2024). Learning signs with NAO: Humanoid robot as a tool for helping to learn Colombian Sign Language. Proceedings of the International Conference on Human-Robot Interaction. <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/63341>

8. Universidad del Rosario. (2024). CNN-LSTM proposal for Colombian Sign Language greetings classification: Preliminary results. Congreso Internacional de Ingeniería Biomédica y Bioingeniería (CIIBBI). <https://pure.urosario.edu.co/en/publications/cnn-lstm-proposal-for-colombian-sign-language-greetings-classific>

	Sistema de traducción simbiótica en lenguaje de señas sensorizado aplicando cinemáticas y modelos matemáticos de robótica en la anatomía de la mano humana	Código	00
		Página	8 de 8

9. Congreso de la República de Colombia. (2005). Ley 982 de 2005: Normas tendientes a la equiparación de oportunidades para las personas sordas y sordociegas. Diario Oficial No. 45.963. <https://normograma.mincultura.gov.co>