

## Guante transductor conversor de dactilología a texto

JOSÉ, J.A.C.C, CHIN

Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Universidad Modelo.

IVANNA, I. J. F. C., FAISAL

Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Universidad Modelo.

DARA, D. I. L. P., LOPEZ

Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Universidad Modelo.

Hoy en día la lengua de señas está tomando mayor relevancia en la sociedad, y a pesar de esto, aún existen muchas barreras comunicativas que limitan a las personas sordas a relacionarse efectivamente en la sociedad. A lo largo de este documento se aborda el desarrollo de un prototipo enfocado a dar una solución a la problemática comunicativa de la comunidad sorda, específicamente, un guante capaz de traducir la dactilología mexicana a texto. El proceso del prototipo se dividió en dos partes: elaboración del prototipo físico y programación. Para la obtención de los gestos, al guante se le implementaron sensores de flexión, uno para cada dedo, un acelerómetro y para desplegar los resultados se utilizó una pantalla Oled. En cuanto a la obtención de datos, se realizó por medio de clasificación multiclase junto con redes neuronales con el fin de detectar automáticamente una secuencia de datos y así reducir considerablemente el margen de error del porcentaje de efectividad. El fin de este prototipo representa un paso importante en la inclusión e interacción social de las personas sordas.

**CCS CONCEPTS** • Computing methodologies → Machine learning → Machine learning approaches → Neural networks

**Additional Keywords and Phrases:** Fingerspelling, Artificial intelligence, Gesture recognition, Mexican Sign Language.

**ACM Reference Format:**

First Author's Name, Initials, and Last Name, Second Author's Name, Initials, and Last Name, and Third Author's Name, Initials, and Last Name. 2018. The Title of the Paper: ACM Conference Proceedings Manuscript Submission Template: This is the subtitle of the paper, this document both explains and embodies the submission format for authors using Word. In Woodstock '18: ACM Symposium on Neural Gaze Detection, June 03–05, 2018, Woodstock, NY. ACM, New York, NY, USA, 10 pages. NOTE: This block will be automatically generated when manuscripts are processed after acceptance.

## 1 INTRODUCCIÓN

La audición es una de las funciones más importantes del ser humano ya que permite la conexión de la persona con el entorno. El déficit de este puede ocasionar dificultades de gran impacto en el desarrollo lingüístico, por lo tanto, al hablar del déficit de audición también se mencionan otras complicaciones derivadas de la incapacidad de escuchar, entre estas se encuentran las barreras de comunicación que intervienen en el desarrollo personal de la persona sorda, por esto alrededor del mundo se crearon métodos que permiten a la persona trabajar en habilidades que logren reducir las limitaciones producidas por la deficiencia de audición. Entre las más conocidas se menciona la lengua de señas y la dactilología.

Estos métodos gestuales brindan a la persona un canal de comunicación con otras personas sordas o cualquiera que las conozca, sin embargo, mayormente suelen ser utilizado únicamente dentro de la comunidad sorda, y aunque esto no signifique un completo aislamiento social, puede perjudicar en el desarrollo personal del Sordo por el desafío de no ser ampliamente empleado por personas oyentes en la sociedad. De acuerdo con González Rivera [1] la discapacidad no es la que limita la autonomía; son las barreras sociales las que suelen limitar su capacidad de elección, de interacción con el entorno y sus posibilidades de participación en la vida social. Además de las limitaciones comunicativas presentadas; en investigaciones como las de Herrera, Puente, Alvarado & Ardila [2] se recopila información sobre los problemas de redacción y lectura en personas con sordera o hipoacusia derivada de la falta de audición. En este artículo se exponen pruebas hechas a sordos de 6 a 19 años, a los que se les presenta preguntas de sintaxis de las que solo lograron responder correctamente al 36 % y 79%, que a comparación de oyentes es deficiente. Por esto se han investigado métodos que logren ayudar a la persona con deficiencia auditiva a darle sentido a las palabras mediante el acompañamiento de la fonología y recursos visuales como la dactilología y la lengua de señas para facilitar el aprendizaje de lectura y escritura.

En el artículo escrito por García [3], la discapacidad auditiva provoca una comunicación más pobre entre adultos y niños con sordera, así como dificultades para percibir emociones, por lo que la intervención es fundamental para el desarrollo de la persona discapacitada. Las barreras de comunicación pueden provocar un desarrollo social poco satisfactorio, según el artículo de Molina, Ipiña, Reyna, & Guzmán [4], se realizó un estudio en tres instituciones, teniendo como objeto de estudio a 32 niños con sordera profunda para observar su competencia social. Los resultados del estudio revelaron que, en la primera institución en la cual se tenía un modelo educativo 100% oral y no se tenía permitido la comunicación en lengua de señas, los niños presentaban una mayor cantidad de sentimientos de sobre confianza/celos/soberbia a comparación de los niños de las otras dos instituciones. Los autores piensan que se debe al tipo de educación que reciben, así como las características personales de cada niño, los niños pueden crecer de forma individualizada y solitaria. Estos resultados pueden ser respaldados por Pulgar Anguita [5], pues menciona que los niños presentan "un mayor grado de egocentrismo, impulsividad y agresividad". Pulgar menciona que los niños con problemas auditivos presentan una mayor inseguridad debido a la dificultad de controlar el medio y rigidez de pensamiento. Los niños también presentan problemas a la hora de exteriorizar e interiorizar sus sentimientos, así como las normas sociales, por esto, pueden desarrollar problemas para identificar el grupo al que pertenecen, su desarrollo social se ve afectado y se ve reflejado como: menor independencia, autonomía e interacción social que los niños oyentes.

Tomando en cuenta estas problemáticas es necesario recalcar que de acuerdo con datos recolectados por la Organización Mundial de la Salud [6], aproximadamente 430 millones de personas en el mundo padecen de

algún tipo de pérdida de audición discapacitante, representando al 5% de la población Mundial. Además, esta cifra se prevé que subirá a más de 700 millones de personas para el año 2050 y se calcula que afectaría a una de cada diez personas.

En México hay alrededor de 2.3 millones de personas con algún tipo de discapacidad auditiva, de las cuales, más del 50% son adultos mayores, un poco más del 34% son personas entre 30 y 59 años, mientras que cerca del 2% son niñas y niños [7]. Profundizando más en la región, Yucatán representa al 3.7% de la población mexicana con problemas de audición, divididos en 50.543 personas con problemas de sordera y 94.213 con problemas de limitación auditiva. En este mismo Estado, existen 26,921 personas sordas, de las cuales 14,614 son hombres y 12,307 mujeres [8]. A pesar de este porcentaje, las barreras de comunicación que padecen las personas con discapacidad auditiva siguen presentes en su día a día, pues aún nos encontramos en un entorno poco inclusivo debido a la poca o nula educación y concientización respecto al tema.

Debido a esta falta de inclusión por parte de la sociedad, un pueblo de personas sordas decidió crear su propia lengua de señas. Chicán es un poblado maya perteneciente al municipio de Tixménac, que cuenta con alrededor de 700 personas con sordera profunda. Sus necesidades dieron origen a una lengua totalmente nueva [9].

Se ha pensado en diversas soluciones que puedan dar fin a estas problemáticas de la comunicación para mejorar la calidad de vida de las personas sordas mediante la combinación de las señas y dactilología con la tecnología. Según los autores Betancur Betancur, Vélez Gómez & Peña Palacio [10], anteriormente se han desarrollado trabajos basados en el procesamiento digital de imágenes de vídeo para reconocer movimientos gestuales desde las posturas y los gestos temporales en tiempo real, usando redes neuronales por aprendizaje no supervisado. Estos sistemas de reconocimiento dependen de la postura y la geometría de la mano, lo que genera un problema en el reconocimiento de dichos movimientos temporales. Para solucionar el problema del reconocimiento de gestos temporales, muchas empresas e investigadores han desarrollado dispositivos o guantes utilizados para fines recreativos, pero en el año 2000 surgieron dos dispositivos enfocados a ayudar a las personas sordas con la capacidad de asociar las letras del abecedario con movimientos de las manos. En el ámbito de la investigación se desarrollaron guantes traductores de lengua de señas centrados en dispositivos que permiten capturar movimientos temporales de la mano en señales, eliminando de plano los sistemas que utilizan el procesamiento digital de imágenes en vídeo.

De acuerdo con el trabajo de prototipado de El Hayek, Kassem, Hamad, El-Murr, & Nacouzi [11], la creación de un guante traductor de dactilología a texto es viable. El prototipo realizado por los autores usa: un microcontrolador, seis sensores de flexión, un LCD, un oscilador, reguladores de voltaje y una batería de nueve voltios.

El prototipo convierte los cambios en la resistencia de los sensores de flexión a valores que el microcontrolador puede leer. Se determinó ciertos rangos de valores para saber si los dedos de las manos están: flexionados, medio flexionados o no flexionados. Con base en estos valores definidos, se puede determinar la letra señalada con la mano, aunque este prototipo tiene fallos al detectar letras que requieran de movimiento. Los autores mencionan que estos problemas pueden corregirse mediante la implementación de un acelerómetro.

En trabajos como el de García & Salcedo [12] explican que las neuronas artificiales son también conocidas como unidades de proceso y que su funcionamiento se basa en recibir la salida de otras neuronas comunicándose entre ellas y calculando un valor de salida que será enviado a las neuronas restantes. La

implementación de redes neuronales (RNA) es una de las herramientas principales para la clasificación de datos utilizados en la elaboración de este proyecto.

Entender acerca de la situación de los sordos es fundamental para ofrecer una solución a la desigualdad y lograr una plena inclusión en todos los ámbitos sociales. Ante esto, se puede permitir a las personas con discapacidad auditiva romper las barreras de comunicación y desenvolverse libremente. Por lo tanto, el objetivo del presente proyecto es la elaboración de un guante para la traducción de dactilología a texto utilizando redes neuronales en Arduino.

## 2 METODOLOGÍA

Los materiales utilizados en el proyecto se muestran en la Tabla 1, incluyendo los que se utilizaron en la elaboración del circuito.

Tabla 1: Materiales. Elaboración propia

Cantidad	Componentes
1	Impresión 3D (carcasa del traductor)
1	Acelerómetro
5	Sensores de Flexión
1	Arduino Nano
1	Pantalla OLED de 2.42 pulgadas

La metodología del guante transductor de dactilología a texto se dividió en dos secciones: Elaboración del prototipo físico y programación. Se planeó una ruta a seguir para el transcurso del proyecto y asegurar que todo salga de manera correcta y ordenada, véase en la Imagen 1 el funcionamiento del prototipo.

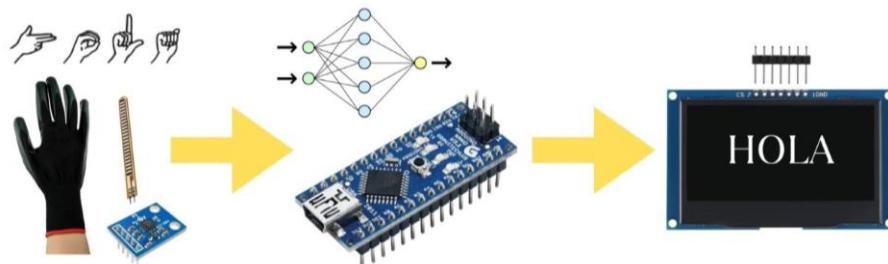


Imagen 1: Diagrama de bloques.

### 2.1 Elaboración del prototipo físico

El guante se realizó desde cero tomando en cuenta los cables y elementos electrónicos a implementar, además de considerar la comodidad del usuario, para esto se seleccionó una tela tipo lycra.

Se elaboró una plantilla de mano mediana considerando que la tela escogida (lycra) tiene capacidad elástica permitiendo acomodarse a diversos usuarios. De la tela se obtuvieron tres piezas con el molde, dos de estas se cosieron juntas para generar las aperturas de los sensores. Una vez obtenida estas piezas unidas, se cosió la tercera parte para completar el guante.

En la elaboración de la carcasa pulsera del traductor se imprimió un prototipo 3D previamente diseñado mediante la aplicación FreeCad 0.21.2. La carcasa consistió en una caja de 11 x 7 x 4 cm y una tapa de 0.4 cm de alto donde se almacenarán los elementos que constituyen el circuito (Imagen 2), por esto se consideraron aperturas para la salida de estos. La carcasa se diseñó principalmente para almacenar el microcontrolador Arduino Nano. De igual forma, el cableado y circuito desembocan en la caja, lugar donde se realizan las conexiones con el microcontrolador.

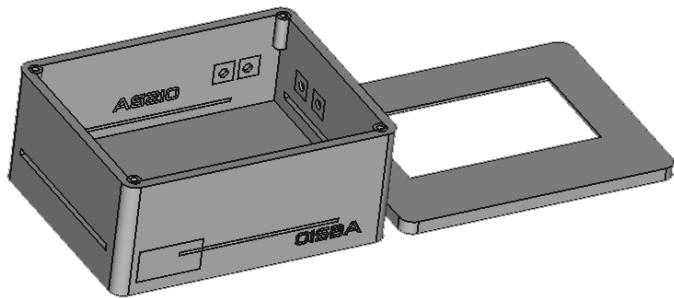


Imagen 2: Visor 3D del diseño de la carcasa.

Para los elementos externos a la carcasa (sensores de flexión y acelerómetro) se decidió soldarles cables los cuales se conectaron a la pcb que llegan a los pines de los elementos. La elaboración del circuito en pcb consistió en el diseño y adquisición de la placa impresa. El diseño se elaboró mediante el programa KiCad.07 y para este se contempló el constante movimiento de los elementos externos a la carcasa, por lo que se utilizaron screw terminals para evitar la desconexión de estos (Imagen 2). Terminado el diseño, este se mandó al extranjero para ser realizado en una fábrica especializada en pcbs, con el fin de evitar imperfecciones.

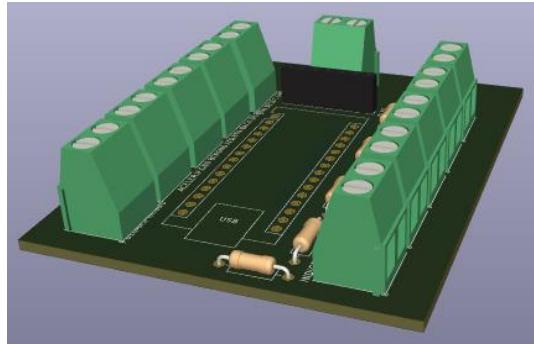


Imagen 3: Visor 3D del diseño de la PCB.

## 2.2 Programacion

### 2.2.1 Menú

Buscando optimizar las funciones del transductor, se decidió añadir funciones para lograr una mejor experiencia al usuario. Para esto se desarrolló un menú cómodo y fácil de usar, proporcionando un atractivo visual y una efectividad mayor. El menú consta de tres opciones principales: "Ayuda", "Ajustes" y "Traducir". Estos presentan submenús, cada uno con una funcionalidad diferente y útil para la experiencia satisfactoria del usuario. Los usuarios pueden navegar en el menú con ayuda de cuatro botones, dos para moverse a la derecha e izquierda en el menú y los otros dos para ingresar y retroceder en él, para iniciar la traducción de dactilología, el usuario solo tiene que presionar la sección de "Traducir" y al realizar las señas correspondientes a una letra del abecedario este se transforma en una palabra mostrada en la pantalla. El apartado de ajustes proporciona una mayor personalización del menú del guante, ofrece opciones como el cambio de idioma, un tiempo de inactividad, etc. Junto al apartado de "Ayuda", el menú se va complementando entre sí. Esta sección permite al usuario entender el funcionamiento del guante.

### 2.2.2 Redes neuronales

La dactilología no puede ser programada de una manera manual, esto se debe a que los sensores de flexión y el acelerómetro reaccionan diferente en otras personas, por lo que el margen de error varía según el usuario. Para solucionar este problema, se requirió del uso de inteligencia artificial, siendo específicos, redes neuronales.

Las RNA son una gran cantidad de procesadores sencillos (llamados neuronas o PE'S) que funcionan en grupo para resolver tareas. También pueden entenderse como un algoritmo con parámetros ajustables, fijados tras entrenarse. La interacción entre las neuronas está definida por los pesos de conexión que hay entre ellas, a su vez, estos pesos son determinados por el aprendizaje por ejemplos [13].

Una de las formas más populares de realizar redes neuronales es con una técnica llamada backpropagation. Esta técnica permite a la red neuronal auto adaptar los pesos de las neuronas de las neuronas ocultas para aprender relaciones entre patrones y sus neuronas de salidas correspondientes [14].

La adquisición de datos funciona por una comunicación en un puerto serial, los datos son mandados desde Arduino IDE hacia un código de Python. Estas señales adquiridas son entrenadas para predecir datos, es

importante mencionar que el entrenamiento debe tener más del 90% de precisión para poder ser funcional. De acuerdo con el trabajo de Moran, Bolón y Alonso [15], la forma más simple de clasificar problemas que involucran más de dos clases consiste en utilizar un clasificador multiclas. La importancia de la clasificación multiclas radica en su capacidad para asociar una única etiqueta sobre la cual se le realiza una única predicción.

Las redes neuronales junto a la clasificación multiclas permiten la detección automática de patrones usando estadística avanzada. La inteligencia artificial puede predecir y mostrar la letra que el usuario está realizando. Lo que es ideal, pues reduce el margen de error significativamente.

### 3 RESULTADOS

Los datos recolectados permitieron iniciar con la etapa de entrenamiento donde se ajustaron los datos (Imagen 4) para mostrar un valor específico, en este caso, las letras del abecedario de la lengua de señas mexicana. El código de Python entrena los datos para después arrojar un código compatible con Arduino donde se relacionan valores determinados por inteligencia artificial a letras del abecedario.

Al final del entrenamiento, se alcanzó un porcentaje de efectividad del 99.99% en las 22 letras del abecedario español que se han entrenado (Imagen 4), únicamente faltando las letras que requieren de movimiento.

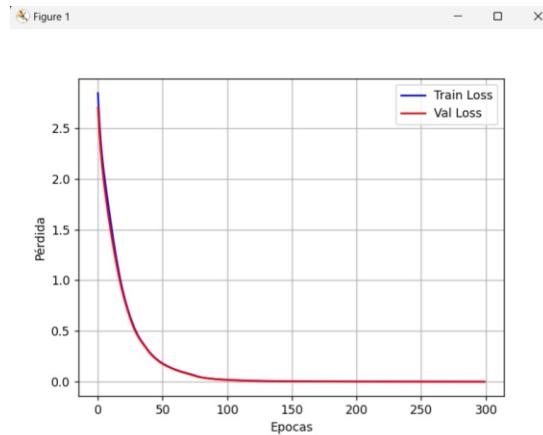


Imagen 4: Resultado de entrenamiento.

#### 3.1 Diseño prototipo

Como imagen principal, en la muñeca se encuentra la carcasa que contiene todos los elementos del prototipo incluyendo la pcb (Imagen 5 a), pantalla oled y los botones que permitirán el movimiento entre el menú. De esta carcasa parten los sensores y cables del acelerómetro en dirección al guante el cual contiene aperturas internas por donde pasan los sensores, éstas son imperceptibles a simple vista. Únicamente en la punta de los dedos del guante se observan aperturas para permitir el flujo de aire (Imagen 5 b).



a.



b.

Imagen 5: Elementos del prototipo

### 3.2 Funcionamiento

El prototipo muestra de inicio un menú (Imagen 6) por el cual el usuario puede navegar a través de cuatro botones, dos para moverse de derecha a izquierda, uno para aceptar una opción del menú y el otro para retroceder en el menú. El menú cuenta con tres opciones principales para seleccionar: "Traducir", "Ayuda" y "Ajustes". Por medio de la opción de "Traducir", el usuario podrá convertir el movimiento mecánico correspondiente a la letra en señas a texto, para esto primero deberá realizar la seña de una sola letra y seguido de esto presionar un botón, el usuario deberá realizar este procedimiento cada que desee añadir una letra nueva y la palabra se visualizará en la pantalla como texto (Imagen 7 y 8). Debido al límite de visualización de la pantalla oled, la traducción únicamente funciona por palabras y no por oraciones, para iniciar una nueva palabra el usuario tendrá que retroceder al menú. Si el usuario desea ingresar una nueva palabra, deberá retroceder al menú y volver a ingresar a "Traducción". En la opción de "Ayuda", el usuario encontrará instrucciones para entender el funcionamiento del dispositivo, así como respuestas a preguntas que el usuario pueda llegar a tener. En el último submenú "Ajustes" el usuario podrá: visualizar el historial de las últimas tres palabras traducidas, cambiar el idioma únicamente del menú a inglés (la dactilología se mantendrá acorde a la LSM) y modificar el tiempo en el que la pantalla se mantiene encendida, ofreciendo tres tiempos predeterminados para la elección del usuario.

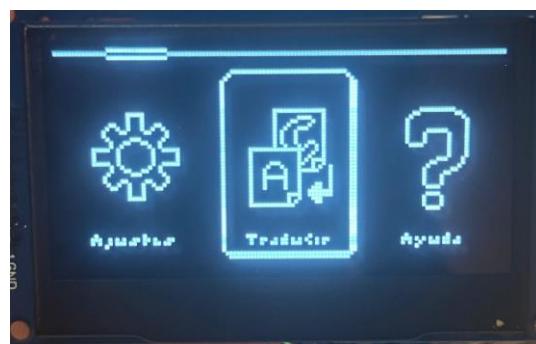


Imagen 6: Menú del prototipo.



Imagen 7: Diagrama del funcionamiento del submenú "Traducir".

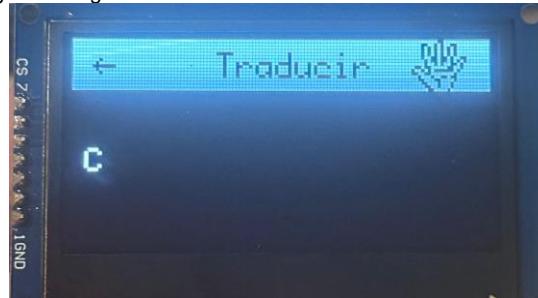


Imagen 8: Visualización del submenú "Traducir".

#### 4 CONCLUSIÓN

En México 2.3 millones de personas cuenta con una discapacidad auditiva y de acuerdo con diversos artículos esto puede generar dificultades en el desarrollo social de la persona, así como problemas de lectura y escritura. Por esto el proyecto consistió en desarrollar un prototipo de guante a base de Arduino Nano capaz de traducir la dactilología.

En conclusión el prototipo logró traducir los gestos manuales del abecedario de LSM usando Arduino y redes neuronales además de incluir otras funciones para la comodidad del usuario, sin embargo, presenta problemas para diferenciar letras que conllevan movimiento como la J, K, Ñ, Q, X y Z, lo que podría solucionarse con series temporales específicas para estas letras, de igual forma si se decide emplear otra pantalla oled de mayor capacidad el usuario podría formar frases completas en lugar de únicamente palabras.

Aunque el prototipo es prometedor, con mejoras adicionales y una mayor comprensión de las necesidades de la comunidad sorda, tiene el potencial de ser una herramienta valiosa para fomentar la integración y la autonomía de las personas con discapacidad auditiva. Con el funcionamiento actual no es una alternativa viable para facilitar la comunicación a personas sordas debido a que el prototipo funciona únicamente con deletreo y este no se compara con el habla o la LSM, sin embargo, puede ser una herramienta complementaria para la educación bilingüe (LSM-español).

## REFERENCES

- [1] González Rivera, H. (2016). Interculturalidad en la lengua de señas mexicana como lengua materna y la adquisición. *Métodhos. Revista Electrónica de Investigación Aplicada en Derechos Humanos*, 128-147.
- [2] Herrera, V., Puente, A., Alvarado, J. M., & Ardila, A. (2007). Códigos de lectura en sordos: la dactilología y otras estrategias visuales y kinestésicas. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 39(2), 269-286.
- [3] García, J. C. (Abril de 2015). La discapacidad auditiva. Principales modelos y ayudas técnicas para la intervención. *Revista Internacional de apoyo a la inclusión, logopedia, sociedad y multiculturalidad*, 1(2), 101-113. Obtenido de Redalyc.
- [4] Molina, L., Ipiña, M. J., Reyna, C., & Guzmán, R. (2011). Competencia social en niños con sordera profunda. *CES Psicología*, 4(1), 1-15.
- [5] Pulgar Anguita, M. D. (2018). Las necesidades educativas especiales de los alumnos/as con deficiencia auditiva. *Revista Internacional de apoyo a la inclusión, logopedia, sociedad y multiculturalidad*, 4(3), 11-18.
- [6] Organización Mundial de la Salud. (2 de Febrero de 2024). Sordera y pérdida de la audición. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss#:~:text=DescripciónC3%B3n%20general,y%2034%20millones%20de%20ni%C3%B1os>
- [7] Secretaría de Salud. (28 de Noviembre de 2021). Con discapacidad auditiva, 2.3 millones de personas: Instituto Nacional de Rehabilitación. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/salud/prensa/530-con-discapacidad-auditiva-2-3-millones-de-personas-instituto-nacional-de-rehabilitacion?idiom=es>
- [8] PorEsto! (24 de Abril de 2022). Yucatán, entidad con más personas que padecen sordera en la Península: Inegi. PorEsto! Obtenido de <https://www.poresto.net/yucatan/2022/4/24/yucatan-entidad-con-mas-personas-que-padecen-sordera-en-la-peninsula-inegi-331427.html>
- [9] YucatánAhora! (24 de Noviembre de 2020). Chicán, el pueblo de sordos que creó su propio lenguaje de señas. YucatánAhora! Obtenido de <https://yucatanahora.mx/chican-el-pueblo-de-sordos-que-creo-su-propio-lenguaje-de-senas/>
- [10] Betancur Betancur , D., Vélez Gómez, M., & Pena Palacio, A. (2013). Traducción automática del lenguaje dactilológica de sordos y sordomudos mediante sistemas adaptivas. *Revista Ingeniería Biomédica*, 7(13), 18-30.
- [11] El Hayek, H., Kassem, A., Hamad, M., El-Murr, S., & Nacouzi, J. (2014). Sign to Letter Translator System using a Hand. *International Conference on e-Technologies and Networks for Development (ICeND2014)*, 146-150. doi:10.1109/ICeND.2014.6991369
- [12] García, G. A., & Salcedo, O. (2010). Predicción de Fallos en Redes IP empleando Redes Neuronales Artificiales. *Polibits*, 41.
- [13] Salini Calderón, G., & Peréz Jara, P. (2006). Estudio de series temporales de contaminación ambiental mediante técnicas de redes neuronales artificiales. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 14(3), 284-290.
- [14] Larcher, L., & Costaguta, R. (2004). Una red neuronal backpropagation aplicada a la microhistología. *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 8(23).
- [15] Moran Fernández, L., Bolón-Canedo, V., & Alonso-Betanzos, A. (2015). Análisis de estrategias de Clasificación multiclas en microarrays: relación con medidas de complejidad. *Actas de la XVI Conferencia CAEPIA*, (págs. 343-353). Albacete.