

Reconocimiento de lengua de señas como medio para un mundo más inclusivo



M.C. Daniel Sánchez Ruiz
Dr. J. Arturo Olvera López
Dr. Ivan Olmos Pineda

Facultad de Ciencias de la Computación
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Resumen

En el mundo existen diversas discapacidades que de alguna forma presentan dificultades y retos a las personas que las poseen. Una de ellas es la referente a la pérdida de audición o sordera total. Entre los diversos retos con los que tienen que enfrentarse las personas que tienen estas discapacidades, el relacionado con la comunicación con integrantes de la comunidad hablante es uno de los principales. Las personas sordas tienen una lengua con base en señas con la cual pueden comunicar sus sentimientos, ideas o necesidades; sin embargo, dos problemas claves surgen, el primero de ellos es que no todas las personas sordas saben ocupar la lengua de señas y el segundo es que muy pocas personas hablantes saben cómo interpretar las señas pertenecientes a esa lengua, lo cual ha provocado desigualdades en las oportunidades de inserción escolar y laboral para la comunidad sorda, además de generar en muchos casos problemas emocionales. Ante tal problemática los sistemas de reconocimiento de lengua surgen como desarrollos tecnológicos que buscan romper estas barreras de comunicación, en el presente trabajo se proporciona una descripción sobre estas tecnologías, los principales retos vigentes, así como las perspectivas de futuro.

Palabras clave

Reconocimiento de lengua de señas, visión computacional, reconocimiento de patrones, aprendizaje máquina.

Abstract

There are many disabilities in the world that in some way present difficulties and challenges to the people who have them. One of them is hearing loss or total deafness. Among the various challenges that people

with these disabilities must face, the one related to communicate with members of the speaking community is one of the main ones. Deaf people have a sign language with which they can communicate their feelings, ideas, or needs; however, two key problems arise. The first is that not all Deaf people know how to use sign language, and the second is that very few speakers know how to interpret sign language. Faced with such problems, language recognition systems emerge as technological developments that seek to break down these communication barriers. This paper provides a description of these technologies, the main current challenges, as well as future prospects.

Keywords

Sign language recognition, computer vision, pattern recognition, machine learning.

Introducción

A manera de preámbulo, considérese la siguiente situación: “Imagina que quieres ir a la tienda y comprar algo de comer, llegas y pides lo que quieres (al menos eso crees tú), sin embargo, el tendero no escucha nada, por alguna razón has perdido tu voz, él no puede escucharte y sólo ve cómo mueves tu boca y tus manos; después de muchas dificultades logras señalarle lo que quieres y logras obtener lo que querías. Después llegas a tu casa y le quieres contar a tus padres lo que sucedió, pero no puedes, pues no emites sonido alguno y aunque tienes la mente llena de ideas y de lo que quieres comunicar, sigue sin salir sonido alguno de tu boca. Atónito por lo sucedido recuerdas que tienes clase en línea, te apresuras a conectarte y prestar atención al contenido que verás ese día, al final de la clase te surge una duda, pero recuerdas que no puedes expresarla debido a tu pérdida de voz y te resignas a no hacer nada”.

Toda esta situación es sorprendente pero principalmente atemorizante, nunca hasta ese día te habías percatado de lo importante que era tener una voz y ser escuchado. Esta situación ocurre en millones de personas en el mundo, estas personas pertenecen a la comunidad sorda y son víctimas de esas dificultades, frustraciones y resignación.

De acuerdo con la organización mundial de los sordos, actualmente existen 466 millones de personas que son sordas o tienen pérdida de audición de forma parcial a lo largo del mundo (World Health Organization: WHO, 2019). En México en el año 2010 según datos del INEGI obtenidos en el censo de población y vivienda, se identificó que 498,640 personas tenían limitantes de forma parcial o total en actividades relacionadas con la escucha (INEGI, 2010). La discapacidad auditiva se refiere a la pérdida de la audición o la reducción de la habilidad para oír claramente (hipoacusia) y puede variar desde la más superficial hasta la más profunda, a la que comúnmente se le llama sordera (DIF, 2017). La mayor parte de las personas sordas lo fueron hasta la edad avanzada, debido al deterioro físico del órgano del oído, situación ocurrida debido al envejecimiento, pero 30 por ciento, una cifra nada despreciable, corresponde a menores de 29 años. En este caso, la principal causa que origina esta discapacidad, son problemas en torno al nacimiento, una buena parte de los cuales pudieron prevenirse con un buen control prenatal y/o una oportuna y adecuada atención en el parto (López Pérez et al., 2014).

Lamentablemente dentro de las muchas cosas con las que tienen que lidiar los integrantes de la comunidad sorda es que suelen ser víctimas de diversos actos discrimi-

inatorios, siendo de los más recurrentes aquellos que derivan de las limitaciones para comunicarse e interactuar con el resto de la población hablante. No saber leer ni escribir aumenta la vulnerabilidad de la persona y aunado a la discapacidad auditiva, supone una barrera mayor para la comunicación e interacción con el entorno. La discriminación de la comunidad sorda por problemas de comunicación, propicia problemas de inserción escolar, laboral, social, así como problemas emocionales.

La lengua de señas es el medio que ocupan las personas sordas para comunicarse, la cual surgió debido a la necesidad natural que tiene toda persona de ser escuchado. No es una lengua universal, cada país tiene su propia lengua, en el caso de México se conoce como Lengua de Señas Mexicana (LSM). De acuerdo con la *Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad* (Naciones Unidas, 2015), los individuos con sordera deben contar con acceso a su enseñanza como derecho básico, no obstante, esta situación no siempre se cumple ni es prioridad en los distintos gabinetes de gobernación a lo largo del mundo. Además, dejando de lado este punto crítico de que no toda persona sorda tiene acceso a la educación en la lengua de señas, otro problema grave es el de que pocas personas que pertenecen a la comunidad hablante saben interpretar correctamente alguna lengua de señas, propiciando brechas de comunicación entre ambas comunidades.

Por estas razones es de vital importancia el desarrollo de sistemas de reconocimiento de lengua de señas, ya que pueden ayudar a romper las brechas de comunicación existentes y así poder construir un mundo más incluyente. Estos sistemas tienen como

propósito ser un traductor entre ambas comunidades, siendo capaces de traducir lengua de señas a un texto de algún idioma hablado y a la inversa. Sólo basta pensar en algunas situaciones donde estos sistemas podrían ser usados para ver su importancia: en un módulo de atención de tramites gubernamentales o turísticos, en reuniones de negocios, en el supermercado o farmacia a la hora de hacer compras, en un juzgado para poder levantar una denuncia, o inclusive a la hora de querer comunicar sentimientos afectivos hacia una persona, prácticamente en cualquier situación que requiera de interacción humana estos sistemas serian de gran utilidad para que los miembros de la comunidad sorda puedan ser entendidos por miembros de la comunidad hablante, situación de la cual están privadas la mayoría de las personas de la comunidad sorda. En este punto debes de tener muchas preguntas como: ¿Qué es la lengua de señas y cuáles son sus principales componentes? ¿Cómo son los sistemas de reconocimiento de lengua que se buscan desarrollar? ¿Por qué aún no existe un sistema fiable a pesar de todos los avances tecnológicos? Las respuestas a estas dudas y más buscaran ser respondidas en las siguientes secciones.

Lengua de Señas

Para que un sistema de reconocimiento de lengua de señas funcione correctamente es necesario comprender en primera instancia qué es una la lengua de señas, cuáles son sus puntos clave y qué características tiene. La lengua de señas es la lengua utilizada por las comunidades de sordos para resolver sus situaciones comunicativas, consiste en una serie de signos gestuales articulados con las manos y acompañados de expresiones faciales, mirada intencional y movimiento corporal, dotados de función lingüística,

forma parte del patrimonio lingüístico de dicha comunidad y es tan rica y compleja en gramática y vocabulario como cualquier lengua hablada (DIF, 2017). Cada seña tiene gestos, expresiones faciales o movimientos de cuerpo específicos, lo cual se conoce como configuración de seña. Dentro de la LSM existe una gran diversidad, esto se debe a distintos factores como lo son: la región geográfica de la zona del país, modalidad histórica y modalidad o variación del sector social. Además de la diversidad que existe entre regiones, de acuerdo con el *manual de lengua de señas mexicana* publicado por el Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia de Puebla (DIF, 2017), otros factores a los cuales se puede atribuir la variación de una lengua de señas son los siguientes:

- Pocos profesionistas capacitados en lengua de señas.
- Falta de contacto entre personas de la comunidad sorda para el uso y difusión de esta.
- La creencia equivocada por parte de algunas instituciones (familia, escuela, religión, etc.) que consideran que las lenguas de señas limitan el desarrollo de la persona con discapacidad.
- El uso de modismos y términos empleados en forma personal, cuyo significado es sólo atribuido por quien la emplea.

Como cualquier otra lengua posee su propio vocabulario, así como un sistema de reglas morfosintácticas, semánticas y pragmáticas. Para el caso de la LSM, esta es muy diferente del lenguaje español, pues las conjugaciones de los verbos son completamente distintas, difieren en el orden de las palabras y disminuyen el uso del verbo ser (DIF, 2017). Además, los

componentes no manuales, como se les considera a las expresiones faciales, movimientos de cabeza, mirada, movimiento de cuerpo o acciones de boca, pueden provocar diferencias de significado, ya sea expresando negación, afirmación, condicionalidad, pensamientos hipotéticos o alternativos o bien denotando tiempo, lugar o causa (Lackner, 2017). Finalmente cabe resaltar que además de todo lo descrito, existen señas muy variadas entre ellas mismas, pues pueden existir de tipo estático, donde se realiza toma una configuración y no es necesario realizar ningún movimiento extra, o de tipo dinámico donde una seña puede necesitar más de una configuración para poderse transmitir de forma correcta.

Reconocimiento de lengua de señas mediante sistemas computacionales

Una vez que conocemos de forma básica las características principales de la lengua de señas la siguiente tarea es ocupar esta información para desarrollar sistemas computacionales que nos ayuden a reconocerla de forma automática. Aquí es donde la visión computacional nos puede ayudar, la visión computacional es un área de estudio dentro de las ciencias computacionales que trata de emular de alguna forma el mecanismo que tenemos los humanos para identificar objetos y su posición, sólo que a diferencia de los humanos que realizan estas actividades mediante la vista y el cerebro, la visión computacional lo realiza a través de imágenes o videos digitales adquiridos a través de algún dispositivo (cámara, Kinect, celular, etc.) y técnicas computacionales (Sucar y Gómez, 2011).

Todo esto se puede lograr porque una imagen digital está compuesta de unidades básicas llamadas pixeles, los cuales tienen

valores referentes al color e intensidad de estos como se aprecia en la Figura 1, de esta forma las técnicas computacionales ocupan esta información para hacer operaciones de mejora de calidad de imagen, de reconocimiento y seguimiento de objetos. Las aplicaciones que se pueden desarrollar haciendo uso de la visión computacional van desde la medicina hasta la robótica industrial, por ejemplo, para el caso de la medicina el procesamiento de imágenes digitales que son referentes a diversos estudios como microscopias, radiografías, ultrasonidos o resonancias magnéticas ayudan a realizar mejores diagnósticos o fungir como herramienta de evaluación en etapas de rehabilitación mediante el reconocimiento de patrones; en la robótica industrial ayuda en tareas de producción y revisión de calidad, en aplicaciones militares ayuda en operaciones de reconocimiento de objetivos o más recientemente en el desarrollo de los autos autónomos, las técnicas de visión computacional ayudan a la detección de objetos o personas en la carretera; como puede apreciarse el área de visión computacional tiene diversas aplicaciones.

De igual forma, para el problema del reconocimiento de lengua de señas, la visión computacional nos puede ayudar, ya que buscamos identificar y reconocer señas y asociarlas a una palabra o palabras pertenecientes a un lenguaje hablado. Para ello es vital primero definir cómo se van a obtener las imágenes o videos referentes a las personas encargadas de gesticular las señas de una lengua de señas (señantes), para después definir qué características vamos a extraer y cómo lo vamos a realizar.

En un sistema de visión computacional es necesario definir cómo se van a adquirir

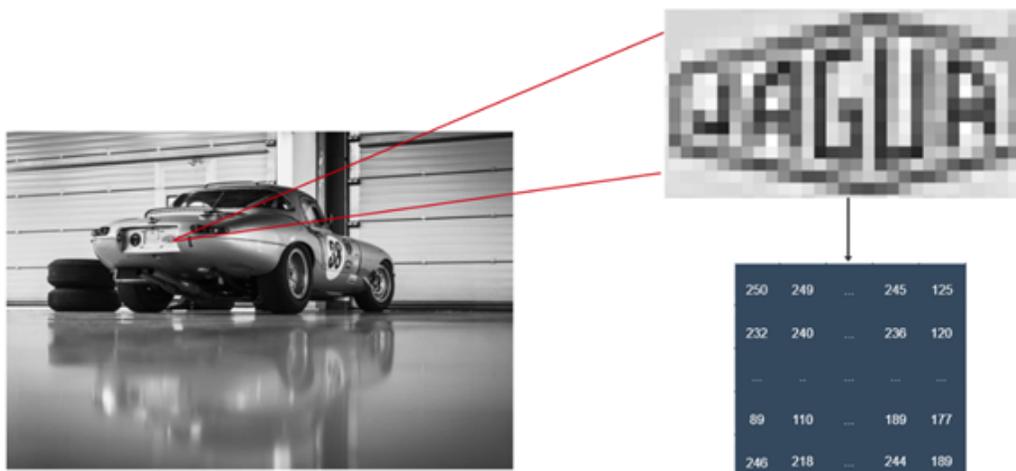


Figura 1. Acercamiento en una imagen para apreciar detalle a nivel de píxel y los valores de color asociados al mismo. *Nota.* Fuente de imagen original: Adams, 2015 con licencia CC 2.0.

los datos de entrada y a través de qué dispositivo. En los avances realizados hasta el momento algunos investigadores han explorado la toma de datos mediante el uso de guantes que tienen sensores y otros componentes que pueden disponerse en las regiones de los brazos o en la región de la cabeza a través de algún casco (Elakkiya, 2020); dentro de estos mismos enfoques también se ha ocupado el sensor Leap Motion o el Camboard que sirven para capturar los movimientos de la región de la mano así como para realizar el seguimiento de la misma; todos estos sensores capturan datos relacionados con la posición y movimiento de la región donde estén colocados. Generalmente los sistemas que se basan en el uso de sensores se combinan también con la adquisición de datos con base a algún dispositivo de visión, razón por la cual también se consideran como sistemas de visión computacional. Otro enfoque que han ocupado otros investigadores es la captura mediante dispositivos basados en la visión, para ello se hace la captura de imágenes o videos a través de cámaras comerciales o dispositivos como el Kinect, que a parte

de la imagen o video, proporcionan información de profundidad, es decir estiman qué tan lejos se encuentran los objetos del dispositivo, este dispositivo también genera un esqueleto artificial para representar las articulaciones del cuerpo (Elakkiya, 2020). Los datos que se van a capturar para los sistemas de reconocimiento de lengua de señas serán aquellos donde un señante este gesticulando una o varias señas frente a una cámara, o los capturados mediante guantes o componentes que dispongan de sensores.

Los sistemas de visión computacional se suelen componer de las etapas que se muestran en la Figura 2. En la etapa de preprocesamiento es común realizar operaciones que buscan mejorar la calidad de la imagen, esto es clave pues la captura de los datos de entrada no siempre puede ser en un formato de alta calidad. Sin embargo, esta etapa es opcional y en muchos casos no se realiza.

La siguiente etapa es la de la segmentación, en esta etapa se suelen identificar qué regiones de las que están presentes en las



Figura 2. Etapas en los sistemas de visión computacional. *Nota.* Fuente: Propia.

imágenes o videos son las que contienen la información más relevante para el problema que se busca resolver para después aislarlas de forma manual o automática del resto de la imagen. Para el caso de los sistemas de reconocimiento de lengua de señas, basándonos en el conocimiento que ya tenemos sobre las características principales de las lenguas de señas, sabemos que las regiones que más nos interesaría analizar son las pertenecientes a las zonas de las manos, cabeza, boca, ojos y postura del cuerpo.

Posteriormente en la etapa de extracción de características, con base en regiones de interés que se han aislado y mediante distintas técnicas matemáticas se procede a extraer información que sea relevante y que funja como un descriptor que sea lo más diferenciable entre los distintos datos, que para este caso vienen siendo las

distintas señas que estén presentes en el conjunto de datos de entrada. Para realizar esto, la información suele extraerse con base a los componentes manuales y no manuales que están presentes en la lengua de señas. Los descriptores basados en los componentes manuales suelen centrarse en información referente a la forma de la mano, ángulos de inclinación del puño, así como la posición y la trayectoria de esta, que son calculados mediante la aplicación de conceptos de algebra, calculo y algebra lineal (Elakkiya, 2020). Para el caso de los componentes no manuales aun no se ha hecho un estudio profundo, sin embargo, en los estudios iniciales que si los han tomado en cuenta también se ha extraído información relevante de forma similar a los componentes manuales, es decir, mediante la aplicación de los mismos conceptos matemáticos, sólo que en este

caso con respecto a la expresiones faciales, que suelen ser representadas por una malla que se componen de diversos puntos a lo largo del rostro, también con respecto al ángulo de rotación de rostro con respecto del dispositivo de captura o de la pose del cuerpo, que también suele estimarse a través de puntos que representan las articulaciones del cuerpo (Elakkiya, 2020).

Finalmente, con toda la información calculada y recolectada, mediante el uso de técnicas de reconocimiento de patrones fundados en conceptos matemáticos relacionados al cálculo, algebra, probabilidad y estadística, se toman las características extraídas como datos de entrada y se procede a generar un modelo que busca agrupar las señas que tengan el mismo significado a través de sus características, ya que estas van a ser iguales o muy similares para las mismas señas, ayudándonos a crear un modelo discriminatorio entre la distintas señas. A través de este modelo de reconocimiento de patrones, los sistemas de visión computacional “aprenden” con respecto a un conjunto de datos y una vez que reciben datos sobre señas nuevas, el sistema buscara reconocer sus patrones y dar una predicción sobre lo que piensa es el significado más probable. Así es como de forma básica funciona un sistema de reconocimiento de lengua de señas basado en técnicas de visión computacional y reconocimiento de patrones.

Ejemplos de sistemas actuales

Afortunadamente cada vez es más notorio desarrollo e investigación en el tema de reconocer lengua de señas a través de sistemas computacionales, prueba de esto es que en la actualidad ya se pueden encontrar desarrollos tecnológicos de forma accesible

y comercial. Algunos ejemplos de sistemas que ya se han comercializado para su uso son los siguientes:

- SignAll (SignAll, 2020). Sistema de reconocimiento de lengua de señas americana. Toma imágenes como datos de entrada y realiza la traducción a un texto del idioma inglés. Para realizar esta traducción analiza expresiones faciales, movimiento y posición de cuerpo además la forma de la mano y los dedos a través de un guante con sensores.
- Signtel Interpreter (Signtel Inc, 2016). Sistema que con base al reconocimiento de voz y de textos hace la traducción a la lengua de señas. Este sistema traduce correctamente un vocabulario de 30,000 palabras del idioma ingles a la lengua de señas americana.

Como se aprecia en los ejemplos aún no hay un sistema que englobe ambas traducciones, tanto de lengua de señas a un idioma hablado como a la inversa, además de que cada uno de ellos tiene sus limitantes con la tecnología que existe hasta el momento, esto se debe a que aún existen retos por resolver. A continuación, se presentarán los retos más importantes.

Retos por resolver

A pesar de que en la actualidad ya han sido desarrollados sistemas de reconocimiento de lengua de señas que obtienen resultados bastantes prometedores, aún existen varios retos que restan por resolverse para tener un sistema aún más completo y que sea capaz de funcionar correctamente en cualquier tipo de situación, que sea económico y que no sea invasivo con ningún miembro tanto de la comunidad sorda como de la comunidad hablante, a continuación se van a mencionar algunos de los retos más

importantes que deben de solucionarse en los próximos años.

Como se mencionó anteriormente, existen diversos dispositivos que se ocupan para adquirir datos, desde los que están basados en visión hasta los que ocupan guantes y sensores, para cada uno de ellos existen retos. Los que están basados en visión aún no son capaces de funcionar en cualquier escenario, la mayoría de las investigaciones suelen funcionar en escenarios controlados que suelen tener un color de fondo del cuarto previamente definido y en algunos casos también se define de forma previa el color de la ropa de los señantes, además de esto en la mayoría de los desarrollos existentes sólo hay un señante por video o imagen, por lo cual es necesario desarrollar sistemas que sean capaces de funcionar ante la presencia de más de un señante y bajo cualquier condición de color de fondo, de iluminación o de color de ropa de los señantes.

Los sistemas basados en visión también pueden identificar erróneamente algunas señas que involucren movimientos de las manos enfrente de la región de la cabeza, obstaculizando la visibilidad de las expresiones faciales, mirada o acciones de boca que como se ha detallado son relevantes, situación que representa un reto por resolver en la actualidad. Por otro lado, los sistemas que están basados en guantes y sensores enfrentan retos más orientados a costos y usabilidad, dado que algunos de ellos aún son costosos en la actualidad, sin embargo, el mayor problema es que presentan incomodidad para los usuarios en muchos casos. Además de ello, la mayoría de estos sistemas propone que quien use estos dispositivos sea la persona de la comunidad sorda, situación que genera un

sentimiento de desigualdad, pues al tratar de generar un canal de comunicación entre comunidad sorda y comunidad hablante, los únicos que deben de aprender el uso de los dispositivos y que tienen que lidiar con la incomodidad o costos de los mismos son los pertenecientes a la comunidad sorda, así que estos sistemas deben de resolver retos relacionados con desarrollo de hardware económico, ergonómico y equitativo para ambas comunidades.

Los sistemas desarrollados con base a la visión computacional tienen mejores resultados cuando se tienen mayores cantidades de datos respecto a lo que se quiere reconocer, en el caso de la lengua de señas, los datos de los que disponemos aún son limitados, por lo cual un esfuerzo que necesita realizarse es el de la captura de un conjunto de datos amplios y variado, principalmente en la presencia de múltiples señantes, en distintos escenarios, en situaciones de charlas cotidianas y donde el vocabulario presente sea amplio.

Finalmente, aún existen retos relacionados a la identificación de las señas, algunos de ellos tienen que ver con la identificación correcta entre el fin de una seña y el inicio de la siguiente, problema de gran importancia para poder separar una oración en palabras y dividir el problema en problemas más pequeños; por otro lado como se ha visto la gramática de la lengua de señas es muy compleja, tenemos componentes manuales y no manuales y aunque tenemos una idea de cómo funcionan, aún no se ha definido un conjunto de características basadas en estos componentes que encapsulen de forma completa cada seña, ya que de momento aún existen casos donde es imposible distinguir entre señas similares, es decir tienen que proponerse

características de nivel fino para realizar un reconocimiento correcto. La Figura 3 muestra un ejemplo de cómo es de compleja la lengua de señas y las diversas expresiones, movimientos y configuraciones presentes en un número reducido de señas. Lo único cierto es que las investigaciones cada vez son más completas y mejores por lo cual el desarrollo de un sistema de reconocimiento de lengua de señas que sea funcional se vislumbra de forma optimista para el futuro próximo.

Conclusiones y Perspectivas al Futuro

El problema de comunicación que existe entre la comunidad sorda y la comunidad

hablante es uno que no puede ignorarse y que está muy presente en la sociedad actual, su solución ayudara a crear un mundo más incluyente. Diversas campañas gubernamentales se han llevado a cabo para realizar conciencia sobre este problema, pero hasta el momento faltan acciones que sean más contundentes, por lo que la comunidad científica y algunas iniciativas privadas se han dado a la tarea de mediante la ayuda de desarrollos tecnológicos romper estas barreras de comunicación.

Uno de estos desarrollos tecnológicos es el de los sistemas de reconocimiento de lengua de señas, los cuales permitirían a la comunidad hablante no versada en lengua de señas comprender las ideas, pensamien-



Figura 3. Complejidad de la lengua de señas, donde se muestra que es más que movimientos de manos. *Nota.* Fuente: A. K., 2006 con licencia CC 2.0.

tos y sentimientos de la comunidad sorda y a la inversa. Estos sistemas a pesar de contar con algunos años de desarrollo aún están en sus primeros años de investigación, los resultados obtenidos hasta el momento son prometedores, sin embargo, aún restan varios retos por resolver. El trabajo de los próximos años de los distintos grupos de investigación serán claves en la búsqueda de un sistema de reconocimiento de señas que sea fiable y robusto.

Por último, hay que tener en cuenta que, si bien los desarrollos tecnológicos serán de gran ayuda para crear un mundo más incluyente en el futuro próximo, la inclusión también tiene que ser un proceso que se desarrolle de forma continua e íntima en el interior de cada persona y que se manifieste a través de acciones bondadosas y empáticas con el prójimo.

Referencias

- 1) Adams, D. *Cliff Gray - 1962 Jaguar E-Type (B&W) at the 2015 Silverstone Classic (Photo 2)*. [Fotografía]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/8521944@N05/20796390466> (2015).
- 2) A. K., G. *Old man (with many hands) teaching Finnish sign language*. [Fotografía]. Flickr. <https://www.flickr.com/photos/18095953@N00/239241612> (2006).
- 3) DIF. *Manual de lengua de señas mexicana*. Revisado el 24 de octubre de 2020 de: https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/manual_de_lengua_de_senas_mexicana-sistema_municipal_dif_puebla.pdf (2017).
- 4) Elakkiya, R. Machine learning based sign language recognition: a review and its research frontier. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, pp. 1-20, 2020.
- 5) INEGI. *Discapacidad*. Revisado el 24 de octubre de 2020: <https://www.inegi.org.mx/temas/discapacidad/> (2010).
- 6) Lackner, Andrea. *Understanding the amazing complexity of sign language*. The Conversation. Recuperado el 24 de octubre, de <https://theconversation.com/understanding-the-amazing-complexity-of-sign-language-72813> (2017).
- 7) López Pérez, H. A., Velázquez Lerma, R. y Martínez Corona, D. *Las personas con discapacidad en México, una visión al 2010*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Revisado el 24 de octubre de 2020 de: https://www.ipomex.org.mx/recursos/ipo/files/_ipo3/2018/44257/4/b202c98e9a2106f4c0f427b64f542c93.pdf (2014).
- 8) Naciones Unidas. *Convención | Disabilities ES*. Revisado da el 24 de octubre de 2020: <https://www.un.org/development/desa/disabilities-es/convencion-sobre-los-derechos-de-las-personas-con-discapacidad-2.html> (2015).
- 9) Shibata, H., Nishimura, H. y Tanaka, H. Basic investigation for improvement of sign language recognition using classification scheme. *International Conference on Human Interface and the Management of Information*, Springer, Cham, pp. 563-574, 2016.

- 10) Shukor, A. Z., Miskon, M. F., Jamaluddin, M. H., bin Ali, F., Asyraf, M. F. y bin Bahar, M. B. A new data glove approach for Malaysian sign language detection. *Procedia Computer Science*, 76, pp. 60-67, 2015.
- 11) SignAll. *Home*. Revisado el 24 de octubre de 2020: <https://www.signall.us/> (2020).
- 12) Signtel Inc. *Signtel Interpreter*. Revisado el 24 de octubre de 2020 de: <https://www.signtelinc.com/signtel-interpreter.html>
- 13) Sucar, L. E. y Gómez, G. *Visión computacional*. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, pp. 1-3, 2011.
- 14) World Health Organization: WHO. *Sordera y pérdida de la audición*. Organización Mundial de la Salud. Revisado 24 de octubre de 2020 de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> (2020).