

Una Propuesta para un Sistema Web Colaborativo para el Lenguaje de Señas Mexicano

Alan Ramírez-Noriega^a, J. Francisco Figueroa-Pérez^a, José Mendivil-Torres^a, Geovany Ayala-Zúñiga^b, Yobani Martínez-Ramírez^a

^a Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ingeniería Mochis, {alandramireznoriega, juanfco.figueroa,jose.mendivil,yobani}@uas.edu.mx.

^b Universidad Autónoma Indígena de México, hayala@uaim.edu.mx

Resumen

El Lenguaje de Señas Mexicano (LSM) ha permitido la comunicación entre personas Sordas y no Sordas, sin embargo, el estudio de dicho lenguaje puede traer algunas complicaciones por su representación. Aunque hay libros que representan en papel las señas, no hay mejor aprendizaje que cuando la seña se graba en video y se permite visualizar los movimientos y articulaciones en tres dimensiones. Existen repositorios de videos en internet para buscar señas o frases, sin embargo, esta información está desarticulada o los sitios especializados en estos temas tienen muy pocos videos, en ambos casos, la búsqueda de señas y el aprendizaje de LSM se vuelve complicado. Para esta situación, se propone un Sistema Web Colaborativo que permita buscar señas con entradas de texto y encontrar videos representativos de la búsqueda. De esta forma, la investigación apoya a quienes buscan establecer comunicación con personas Sordas. Por otra parte, el sitio es colaborativo ya que las personas Sordas y no Sordas pueden colaborar agregando su conocimiento sobre LSM. Con esta propuesta, se pretende generar un repositorio de contenido audiovisual que permita explotar otros aspectos de la comunicación, como la conversión de videos con señas a texto o sonido, pudiendo ser en videos grabados u en tiempo real a través de dispositivos móviles.

Palabras clave— Lenguaje de Señas Mexicano, LSM, Persona Sorda, Sistema colaborativo.

Abstract

The Mexican Sign Language (LSM) has allowed communication between Deaf and non-Deaf people; however, the study of this language can bring some complications given its visual format. Although there are books that represent signs on paper, there is no better learning than when the sign is recorded on video and the movement and joints can be visualized in three dimensions. There are video repositories on the internet to search for signs or phrases, however, this information is disjointed, or the sites specialized in these topics have very few videos, in both cases, the search for signs and learning LSM becomes complicated. For this situation, a Collaborative Web System is proposed that allows searching for signs with text inputs and finding representative videos of the search. In this way, the research supports people to establish communication with Deaf people. Furthermore, the site is collaborative as

Deaf and non-Deaf people can collaborate by adding their knowledge about LSM. With this proposal, it is intended to generate a repository of audiovisual content that allows to exploit other aspects of communication, such as the conversion of videos with signs to text or sound, which can be in recorded videos or in real time through mobile devices.

Keywords— Mexican Sign Language, LSM, Deaf Person, Collaborative System

1. INTRODUCCIÓN

La comunicación por medio de un lenguaje común es una característica inherente de la vida diaria del ser humano, sin embargo, existen personas que sufren de algún tipo de discapacidad que les impide comunicarse, lo cual repercute en su calidad de vida [1].

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud y sus estadísticas del 2020, más de 1000 millones de personas en el mundo cuentan con alguna discapacidad, esto equivale al 15% de la población e implica que estas personas tienen dificultades para sobrellevar su vida y con frecuencia necesitan apoyo. En México, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2020, hay más de 20 millones de personas que cuentan con alguna discapacidad [2].

De acuerdo a [2], una persona tiene discapacidad si tiene problemas para llevar a cabo sus actividades cotidianas, considerando capacidades físicas como: ver, oír, caminar, recordar o concentrarse, realizar su cuidado personal y comunicarse. Este proyecto de investigación se enfoca en la específicamente en la discapacidad auditiva. La discapacidad auditiva incluye a las personas que no escuchan o tienen problemas para escuchar en uno o ambos oídos. En México, existen 5,104,664 personas con dificultades para escuchar y 2,234,303 con problemas para hablar o comunicarse. En este aspecto, muchas personas coinciden con ambas discapacidades.

A las personas con discapacidad auditiva se les llama Sordos o Sordas. Las personas Sordas, al carecer del sentido del oído, se comunican a través de señas, por lo que surge el lenguaje de señas. El lenguaje de señas se define como la lengua natural de expresión y configuración gesto-espacial y percepción visual, de esta manera, los sordos pueden comunicarse con su entorno social [3].

Así como muchos países cuentan con un idioma de comunicación diferente (inglés, español, portugués, francés etc.), el lenguaje de señas también varía de acuerdo a cada país. Existe el Lenguaje de Señas Americano (U.S.A), el Lenguaje de Señas Británico (Inglaterra), el Lenguaje de Señas de Pakistán, entre una variedad de lenguajes diferentes [4]. En México, existe el Lenguaje de Señas Mexicano (LSM), el cual tiene ligeras variaciones de acuerdo con la zona del país donde se emplee. El LSM es tan rico y complejo en gramática y vocabulario como cualquier lengua oral [5].

A pesar de la inclusión de la que se habla desde hace varias décadas, las personas Sordas presentan una serie de conflictos al relacionarse con la sociedad no Sorda. Una de las principales dificultades que tienen las personas Sordas es

la comunicación con otros individuos que no conocen el LSM. La población en general desconoce el LSM debido a la falta de concientización al respecto, además este lenguaje no se imparte en las escuelas como un segundo idioma o al menos como conocimiento general [3]. Por otra parte, la educación que recibe una persona Sorda es deficiente ya que no hay suficientes profesores capacitados para trabajar con ellos, esto ocasiona una deficiencia en la interacción con los estudiantes y una atención limitada [6].

El desarrollo de software ha colaborado con herramientas para facilitar el aprendizaje del LSM tales como programas de enseñanza, traductores, sitios como YouTube con cursos disponibles, entre otros tipos. Los traductores representan un problema complejo ya que la movilidad de las manos, gestos y tiempos hace complicado trabajar en base a texto o imágenes, por lo que los videos son la mejor opción. A pesar de existir varias fuentes en internet que funcionan como traductores, la mayoría son sitios incompletos, con muy pocas palabras a traducir o sin soporte para frases o diálogos de uso común. En YouTube existen canales de personas que generosamente contribuyen al conocimiento del LSM, sin embargo, lo extenso de las cápsulas hacen complicado la búsqueda de palabras o frases en particular, además, el conocimiento en video está desarticulado y distribuido de forma irregular por todo el sitio.

Por los motivos anteriores, este proyecto de investigación propone un Sistema Web Colaborativo basado en videos para traducir palabras o frases del LSM. Es colaborativo porque la comunidad puede hacer sus aportaciones al sistema de su conocimiento de LSM. Para controlar las aportaciones y evitar el uso incorrecto, el sistema contará con un módulo de evaluación de contenido para validar la veracidad de la información subida, este aspecto también será controlado por la comunidad. De esta manera, aquellos videos con baja aceptación serán deshabilitados.

Las entradas de contenido audiovisual podrán ser categorizadas por temas, de esta forma se podrá hacer búsquedas de frases para diversos tópicos, por ejemplo: frases empleadas en un restaurante o en una escuela. Uno de los principales aspectos de esta primera versión es generar el repositorio de contenido audiovisual que permita generar un sistema con funcionalidades más avanzadas como realizar el proceso inverso de traducción, es decir de video a texto.

La organización del artículo esta descrita a continuación. La sección 2 representan los principales fundamentos teóricos de la investigación. La sección 3 muestra aspectos sobre el desarrollo y funcionamiento del Sistema Web, destacando los algoritmos y sus interfaces. Finalmente, aparecen las conclusiones y referencias.

2. FUNDAMENTOS

A continuación, se describen algunos conceptos relacionados con esta investigación.

2.1 Personas sordas

El concepto de sordera se refiere un trastorno auditivo profundo que impide la comunicación a través del lenguaje hablado. Actualmente, se le reconoce también como un

espectro que incluye desde la deficiencia parcial hasta la total para percibir sonidos de manera nítida, ya sean ambientales o del lenguaje oral, debido a alteraciones anatómicas y/o fisiológicas [7].

Las causas de la sordera las subdividen en congénitas y adquiridas. La sordera congénita obedece a factores genéticos que impactan sobre la conformación y fisiología del sistema auditivo y/o de las áreas auditivas del sistema nervioso. Las sorderas adquiridas pueden desarrollarse de manera temprana o tardía durante el ciclo de vida [7].

2.2 Lenguaje de Señas Mexicano

El Lenguaje de Señas Mexicano (LSM) es el lenguaje que usan las personas Sordas y no Sordas para comunicarse en México. El LSM se estructura mediante el uso del cuerpo en el espacio. Dentro de este espacio proyectado existen tres límites: el vertical, el horizontal y un tercero que indica la proximidad de las manos con respecto al cuerpo. El límite vertical va de la cintura a la coronilla de la cabeza. El límite horizontal, hasta la altura de los codos, con los brazos doblados. Cualquier movimiento que sobrepase estas dimensiones será interpretado como exageración o énfasis [8].

Los componentes del lenguaje de señas son los siguientes [9]: (1) La seña o componente manual, es el más relevante. (2) Los movimientos gestuales y orales que acompañan a la seña son parte fundamental de la expresividad en la lengua de señas. La mirada y el ritmo del movimiento de las manos también intervienen en la significación. (3) La dactilología también es un componente muy usual en la LSM. La dactilología recodifica la escritura y se basa en el alfabeto manual (ver Fig. 1), en el que las letras del alfabeto latino se representan con las manos y los dedos.

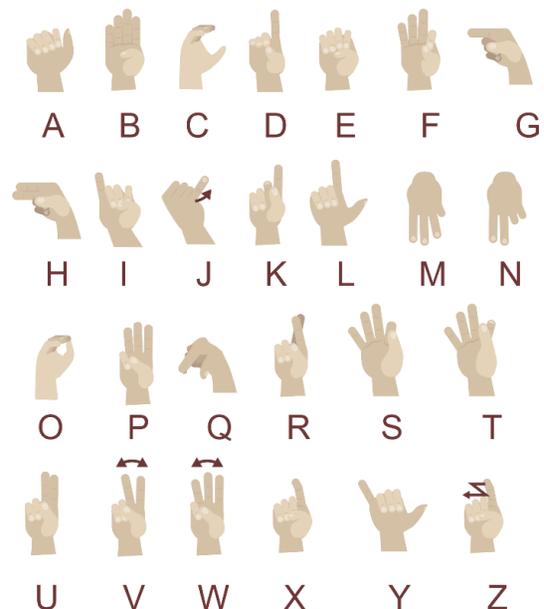


Figura 1. Lenguaje de Señas Mexicano (dactilología). Fuente: Imagen tomada de Freepik.com.

2.3. Tipos de señas

Las señas se dividen en cuatro tipos diferentes. Esto depende del uso de una o dos manos o de su movimiento, sea simultáneo o no [8].

- Una seña manual se articula con una sola mano.
- Una seña bimanual se articula con dos manos a la vez de manera dispar, libre o asimétrica.
- Una seña simétrica se articula con dos manos a la vez, siempre a través de movimientos en espejo, idénticos e inversos (alternados) o inversamente proporcionales (simultáneos).
- Una seña compuesta se articula a través de al menos dos señas simples o tres configuraciones

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

A continuación, se muestra los aspectos generales del sistema propuesto. Destacando la arquitectura, los algoritmos importantes y las funcionalidades de los roles empleados. Finalmente, se muestran algunas interfaces diseñadas al momento.

3.1. Arquitectura

La arquitectura general de la propuesta se basa en el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC) [10] está representada en la Fig. 2. En la figura se representan las 3 capas de funcionamiento que se describen a continuación: (1) Un modelo para almacenar el contenido audiovisual que los usuarios suben. Los contenidos se basan en videos de corta duración. (2) Un controlador que incluye las funcionalidades de los usuarios y del administrador (Ver subsección 3.3 para la descripción de funcionalidades). Esta sección incluye dos algoritmos importantes para validar y buscar contenido. (3) La vista controla la generación de interfaces para el dispositivo elegido. Esta primera versión del sistema considera adaptar de forma responsiva las interfaces del sitio web, aunque posteriores desarrollos consideran implementar una aplicación nativa para sistemas operativos móviles como Android e IOS.

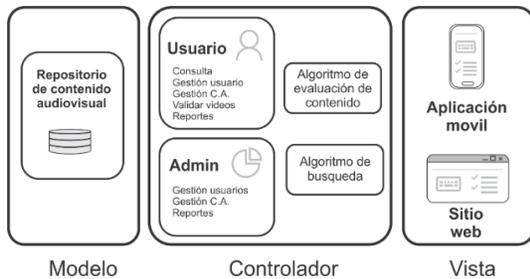


Figura 2.- Arquitectura MVC del sitio.

3.2 Algoritmos principales del sistema

El sistema propuesto cuenta con dos algoritmos importantes para su funcionamiento, el Algoritmo Validación de Contenidos (AVC) y el Algoritmo de Búsqueda de Contenido (ABC).

El AVC se encarga de validar los videos que suben los usuarios. Al ser un sitio colaborativo, algunos usuarios podrían hacer mal uso del sitio subiendo contenido inapropiado para el tema. Por lo que el sitio debe regular la subida de contenido.

Algoritmo de Validación de Contenido

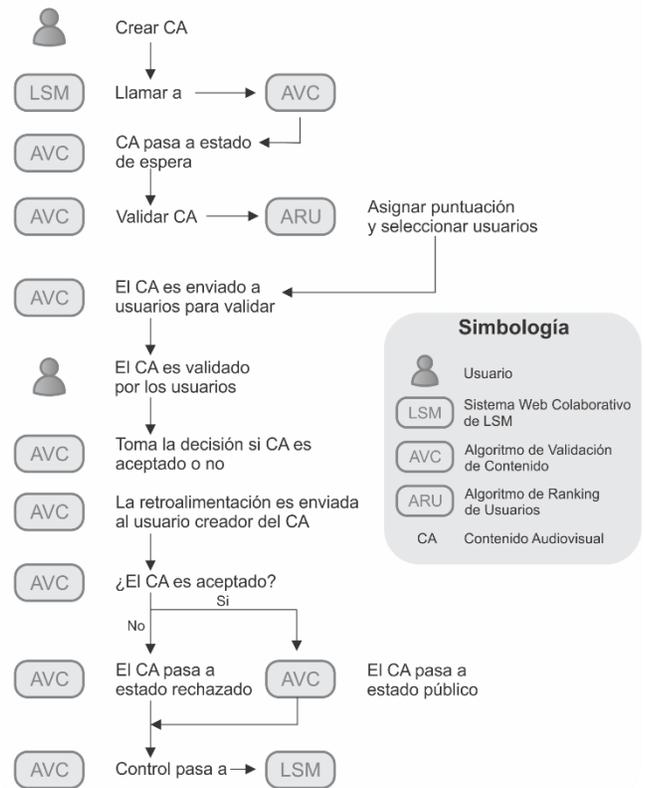


Figura 3.- Funcionamiento del Algoritmo de Validación de Contenido.

Las fases del AVC está representado en la Fig. 3. Este algoritmo tiene el siguiente funcionamiento de forma resumida:

- 1.- Un usuario registrado sube su contenido al sitio, el contenido es puesto en espera por el AVC.
- 2.- El AVC elige usuarios para validar la calidad del contenido del video. Estos usuarios son elegidos de acuerdo con sus aportaciones al sitio, la siguiente sección explica con más detalle los criterios tomados en consideración.
- 3.- El contenido es enviado a los usuarios para ser validado. El contenido tiene que ser aprobado por la mayoría para ser público, en la sección de interfaces se explica con más detalle cómo se evalúa el contenido.
- 4.- La retroalimentación del contenido es enviada a los usuarios, además se da el resultado de la evaluación considerando publicar o rechazar el contenido. Aun cuando el video pasó a ser público, los usuarios que consultan contenido pueden votar el video con estrellas (positivas o negativas), si el balance de estrellas negativas es mayor que el de estrellas positivas después de un tiempo público, el video es retirado (dado de baja). Por otra parte, el ABC explora la base de datos para encontrar coincidencias en las palabras o frases relacionadas al video. El algoritmo tiene que hacer un preprocesamiento de las palabras de búsqueda para encontrar con éxito los contenidos. Es decir, si se busca música, algunas variaciones a música pueden aparecer como músicos o canciones. De

esta forma, la búsqueda se basa en las raíces de la palabra, en sinónimos o hasta en antónimos cuando las primeras coincidencias han fallado. El usuario tendrá la opción de elegir si quiere una búsqueda exacta o a través de los sinónimos de la misma.

3.3 Algoritmo de ranking de usuarios

El AVC necesita seleccionar usuarios a través del Algoritmo de Ranking de Usuarios (ARU) para aprobar contenidos audiovisuales. Para esto, se basa en la interacción de los usuarios con diversas variables del sistema. Para que el ARU se ejecute es necesario que el usuario haya subido al menos un video y haya validado al menos un video. A continuación, se describe el método para determinar la calificación de cada usuario.

Las variables consideradas para cada video subido por el usuario son:

$$\begin{aligned} s_+ &= \text{Estrellas positivas} \\ s_- &= \text{Estrellas negativas} \\ s_v &= \text{vistas del video} \end{aligned}$$

Con estas variables se crea una evaluación sin penalización representado por la ecuación 1.

$$s_i = \frac{s_v}{(s_+ - s_-)} \quad (1)$$

El valor s_i de cada video es promediado para obtener un valor general de acuerdo con la ecuación 2.

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{n} \quad (2)$$

Posteriormente se aplica el algoritmo de penalización:

$$i = 1$$

$$s_p = \text{valor de penalización}$$

$$s_b = \text{total de videos dados de baja}$$

$$\text{mientras } i < s_b \text{ hacer}$$

$$s = s - (s * s_p)$$

$$i = i + 1$$

Donde s_p representa una variable asignada para penalizar en diferente grado a los usuarios por los videos que ha subido y posteriormente han sido dados de baja por el sistema (de acuerdo con la votación de los usuarios) por muchas estrellas negativas (s_b). De esta forma, el valor s se reduce de acuerdo con el porcentaje indicado en s_p .

Conforme se vaya obteniendo un histórico de las evaluaciones, el AVC tendrá más información para determinar la viabilidad de publicación de un CA de un usuario determinado.

Por otra parte, se hace una evaluación para los videos validados de la misma forma que se calculó s . Así, se obtiene el valor v para los videos validados por el usuario.

Para finalizar, se realiza un promedio ponderado para obtener un valor único (cu) para representar a los usuarios de acuerdo con la ecuación 3.

$$cu = (s * p) + (v * q) \quad (3)$$

Donde p representa un valor que pondera a s entre 0 y 1, la variable q representa el valor complemento de p , donde $p+q=1$. Para un promedio, p y q deben de valer 0.5. Si hay una preferencia por los videos validados (v) podemos asignar

$p=0.4$ y $q=0.6$, de esta forma el valor v tendrá mayor peso que s .

De esta manera, se obtiene un valor representativo para cada usuario. Ordenando de mayor a menor se puede elegir a los usuarios para validar un video.

De inicio, nadie podrá validar videos porque nadie ha subido y validado al menos un video, para esto, cuando se haga público el sistema propuesto los usuarios que van a validar los videos serán elegidos de forma aleatoria hasta tener un banco de usuarios aceptable.

Finalmente, una vez que ya hay un histórico de evaluaciones, la selección de usuario se da en proporciones, es decir, el 50% de la selección serán usuarios con ranking alto, 30% será con ranking medio bajo, y el 20% restante serán usuarios sin ranking. La selección de usuarios sin ranking permite que los usuarios nuevos puedan validar contenido y crear un historial para ser considerados en futuras validaciones como usuarios con ranking.

Los usuarios sin ranking serán aquellos que tengan participación en las votaciones, dando estrellas positivas y/o negativas, o simplemente con las vistas de videos.

3.4 Funcionalidades del sistema

El sistema propuesto tiene dos roles, el usuario y el administrador.

El usuario puede ser registrado o no, si no está registrado solamente pueden hacer consultas al contenido audiovisual. Si el usuario se registra, además de la consulta de videos, accede a las siguientes funcionalidades:

- Gestión de cuenta de usuario: El usuario puede gestionar sus datos al darse de alta, modificar, consultas o incluso dar de baja la cuenta.
- Gestión de mi contenido audiovisual: El usuario puede dar de alta videos, modificarlos, darlos de baja y consultarlos. El contenido audiovisual esta considera de corta duración, de 10 a 15 segundo aproximadamente.
- Notificaciones: Permite recibir notificaciones del sistema sobre los videos validados, si necesitan ser modificados, si fueron aceptados o si algún video se dio de baja. Además, se muestran otras notificaciones referentes a los videos subidos tales como número de vistas, de estrellas positivas, entre otros aspectos.
- Validar videos: El usuario puede validar videos subidos por otros usuarios, el objetivo es evitar mal uso de la plataforma a través del apoyo de la comunidad registrada en el sitio.
- Estadísticas: Permite consultar cuales son los videos más vistos, con más estrellas, usuarios que tienen más entradas al sitio, entre otros datos estadísticos.

Por otra parte, el administrador tiene una función de apoyo para monitorear el uso del sistema. Se pretende que el sistema se regule solo, aunque si hay algún conflicto importante el administrador puede solucionar de forma rápida. Las funcionalidades del administrador son:

- Gestión de usuarios: El administrador puede tener acceso a registrar, dar de baja, modificar o consultar a los usuarios.
- Gestión de contenido audiovisual: Aunque es posible subir videos, el principal aspecto de esta sección es modificar y suspender videos de forma rápida.
- Notificaciones: permite recibir notificaciones sobre aspectos importantes del sistema como: usuarios que hicieron mal uso del sistema, validaciones de contenido pendientes, entre otros aspectos.
- Estadísticas: Permite visualizar estadísticas para medir el sistema propuesto, a diferencia de la sección de los usuarios, el administrador puede consultar información extra relacionada con los usuarios como los videos validados o información de videos que están próximos a darse de baja por un balance negativo en las estrellas.

3.5 Interfaces del sistema

El sistema propuesto actualmente está en fase de desarrollo, sin embargo, se han generado algunas interfaces que permite representar de forma detallada algunos aspectos relacionados con la visualización y la captura de la información. El sistema emplea principalmente tonalidades en azul turquesa, este color es representativo para la comunidad Sorda. El diseño de la interfaz es limpia evitando cargar imágenes innecesarias.

El inicio de sesión está representado en la Fig. 4, se pueden apreciar los colores y distribución de etiquetas y cajas. Las interfaces consideran títulos en turquesa y texto de etiquetas y párrafos en negro. Todo el sitio considera un fondo blanco.

Iniciar sesión

Figura 4. Inicio de sesión.

La interfaz de búsqueda de contenido audiovisual está en la Fig. 5. La búsqueda puede ser palabras o frases asociadas al video. El algoritmo de búsqueda brinda un preprocesamiento a las palabras para maximizar la búsqueda de videos. Además, el contenido puede ser explorado a través de las categorías en la parte inferior de las imágenes.

Figura 5. Búsqueda de videos. Fuente: Elaboración propia con imágenes de Pexels.com.

El registro de contenido audiovisual es mostrado en la Fig. 6. La interfaz permite capturar la información asociada a los videos, así como datos relacionados al video para facilitar búsquedas de acuerdo con el lugar de uso de la palabra y la categoría asociada. Para los dos aspectos anteriores, es posible asociar más de una opción. Los videos deben de ser de duración corta ya que son frases o palabras.

Registrar contenido audiovisual

Figura 6. Registro de contenido audiovisual. Fuente: Elaboración propia con imágenes de freepik.com.

El registro de usuarios está representado en la Fig. 7, se solicitan los datos principales del usuario, como datos personales básicos, usuario y contraseña. Ser una persona Sorda cobra particular interés, ya que el algoritmo de validación de contenido brindara cierta preferencia para este grupo, porque el sistema considera que sus entradas al sitio serán más fiables que el resto debido a que es una aplicación para dicha comunidad.

Registro de usuario

Nombre

Apellido

Fecha de nacimiento

Lugar de residencia

Persona Sorda

E-mail

Usuario

Password

Validar password

Imagen 

Figura 7. Registro de usuario. Fuente: Elaboración propia con imágenes de Pexels.com.

La última interfaz mostrada en este documento está desplegada en la Fig. 8. La figura muestra la forma general en que se valida un video por parte del usuario. De forma básica, los datos ingresados por el resto de los usuarios serán aprobados como confiables. Esta validación será comunicada al creador del contenido a través del sistema de notificaciones del sitio.

Validar contenido audiovisual

1.- ¿El video representa señas del LSM?

2.- ¿Las palabras o frases asociadas representan el video?
 Palabra 1
 Palabra 2
 Palabra 3

3.- ¿Agregarías o quitarías algun lugar donde se empleen las señas del video?
 Aguascalientes Durango Otro
 Baja California Estado de México
 Baja California Sur Guanajuato
 Campeche Guerrero
 Chiapas Hidalgo
 Chihuahua Jalisco
 Coahuila Michoacán

4.- ¿Consideras adecuadas las categorías del video?
 Comida
 Desayuno
 Fruta

Figura 8. Validación de Contenido Audiovisual. Fuente: Elaboración propia con imágenes de freepik.com.

3.6 Usos del conjunto de datos

Uno de los objetivos de esta investigación es construir un conjunto de datos que permita realizar funciones más allá de la consulta, para esto es necesario que la comunidad emplee la aplicación durante algún tiempo para recopilar la información. Para que el conjunto de datos sea fiable la información debe estar validada, por lo que es importante controlar el tipo de información que se sube al sitio.

Existen varias tareas que podrían realizarse con el conjunto de datos tales como:

- Clasificación automática de videos en base a las palabras relacionadas: Para agilizar el proceso, es posible recomendar o asignar de forma automática la categoría a la que pertenece la seña basada en las palabras asociadas.
- Detección automática de señas en videos: Un aspecto más avanzado del trabajo anterior es detectar las señas basado en el análisis del video, de esta forma, no sería necesario que el usuario las especificara. Por otra parte, brinda la posibilidad de desarrollar traductores en tiempo real mientras se graba a la persona haciendo señas.
- Detección automática de videos que no estén relacionados con señas: Como un método de validación, es posible detectar videos que no incluyan en su contenido personas realizando señas, de esta forma se tendrían contenidos más seguros.

4. CONCLUSIONES

Esta investigación tiene un carácter social, ya que se trabaja con necesidades de las personas Sordas. Esto implica asesoramiento con personas que dominan el LSM y establecer una comunicación con personas Sordas para validar la aplicación. De esta forma, se apoya un aspecto educativo en el ambiente social para el aprendizaje de nuevas formas de comunicación con personas con discapacidad.

El sitio web propuesto está destinado para uso general. Cualquier persona podrá usar el sistema para consultar información y establecer comunicación con personas Sordas. Por otra parte, las personas con conocimiento en LSM también podrán colaborar agregando contenido audiovisual que sirvan para otros usuarios.

Actualmente el software está en fase de diseño e implementación, por lo que una vez terminado será necesario evaluar los algoritmos del sistema y probarlo ante la comunidad objetivo.

La aplicación por el momento está diseñada para ser un sitio web, sin embargo, una vez culminado el proceso de implementación se procederá a desarrollar la versión móvil, de esta forma la aplicación móvil podrá consumir los servicios de la aplicación web. La aplicación móvil facilitara el acceso rápido a videos, uso en cualquier lugar y seguimiento a la sección de notificaciones de forma rápida.

Varios aspectos relacionados a la clasificación y análisis de videos fueron explicados en una sección anterior, por lo que una vez con un banco confiable de información podremos continuar con esta fase. Esto brindara nuevas funcionalidades que podrán automatizar varias tareas.

Agradecimientos

Se agradece al Programa de Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación (PROFAPI 2022/PRO_A8_021) de la

Universidad Autónoma de Sinaloa por brindar el recurso para desarrollar e implementar este proyecto de investigación.

5. REFERENCIAS

- [1] R. Hernández de la Luz, “Desarrollo de un Intérprete de Lengua de Señas Mexicana con Vocabulario Configurable según el Contexto (Tesis de Maestría)”, Tecnológico Nacional de Orizaba, 2019.
- [2] (INEGI) Instituto Nacional de Estadística y Geografía, “Discapacidad”, 2021.
<http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx> (consultado oct. 15, 2021).
- [3] A. Ruíz Villa, “El lenguaje de señas en un mundo globalizado”, *Blog Digit. Univ.*, pp. 1–12, 2021.
- [4] K. Parvez *et al.*, “Measuring effectiveness of mobile application in learning basic mathematical concepts using sign language”, *Sustain.*, vol. 11, núm. 11, pp. 1–20, 2019, doi: 10.3390/su11113064.
- [5] C. Vidal Salgado, M. I. Isidoro Mojica, y S. M. Bonilla Aco, “La Lengua De Señas Mexicana En La Educación De Los Niños Sordos Desde La Perspectiva Socioantropológica Del Modelo Educativo Bilingüe Y Bicultural”, en *X Congreso Nacional de Investigación Educativa*, 2015, pp. 1–12, [En línea]. Disponible en:
http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v10/pdf/area_tematica_12/ponencias/1217-F.pdf.
- [6] Y. Zhang, Y. Min, y X. Chen, “Teaching Chinese Sign Language with a Smartphone”, *Virtual Real. Intell. Hardw.*, vol. 3, núm. 3, pp. 248–260, 2021, doi: 10.1016/j.vrih.2021.05.004.
- [7] D. Ramírez Jiménez, “Lengua de señas y pensamiento en niños Sordos: propuesta de un programa de estimulación lexical (Tesis de licenciatura)”, Universidad Nacional Autónoma de México, 2018.
- [8] (INDEPEDI CDMX) Instituto para las Personas con Discapacidad de la Ciudad de México, *Diccionario de Lengua de Señas Mexicana*, 1a ed. Ciudad de México, México, 2017.
- [9] M. T. Calvo Hernández, *Diccionario Español - Lengua de Señas Mexicana (DIELSEME)*. Secretaría de Educación Pública, 2014.
- [10] J. Bucanek, “Model-View-Controller Pattern”, en *Learn Objective-C for Java Developers*, Berkeley, CA: Apress, 2009, pp. 353–402.