

# Servicios inteligentes para el sordo y discapacitado auditivo

Adriana Montoto, Eduardo Álvarez, Salvador W. Nava y Gabriel Chavira

Facultad de Ingeniería “Arturo Narro Siller

Universidad Autónoma de Tamaulipas

Tampico, Tams.; México

[amontoto, ccalvar, snava, gchavira] @docentes.uat.edu.mx

**Abstract**— Los recursos tecnológicos han diversificado los modos de interacción, lo que representa una buena contribución de desarrollos que se adaptan a las necesidades de las personas discapacitadas. El reconocimiento de voz y de imágenes son elementos que pueden ser de gran utilidad para compensar de algún modo las carencias de los sordos y discapacitados auditivos, otorgándoles un mayor dinamismo de comunicación mediante el uso de los dispositivos móviles.

**Palabras claves.** *emerging technologies, health care, disable people, elderly people, intelligent.*

## I. INTRODUCCIÓN

Las personas con discapacidad auditiva tienen necesidad de productos y herramientas que faciliten el desarrollo de sus actividades, el enfoque de estos aportes debe tener como propósito principal el mejoramiento en la comunicación e interacción con la población oyente. Un buen medio para producir este tipo de contribuciones son los dispositivos móviles, ya que en la actualidad representan elementos equipados con características técnicas potenciales aptas para ser combinadas con otras tecnologías que añaden un mayor número de funcionalidades además de esto los dispositivos móviles se apoyan de métodos y algoritmos computacionales.

Un factor determinante en la selección de estos dispositivos como medio de asistencia para el discapacitado auditivo es su creciente adquisición dentro de la población, no solo por las ventajas que representan sus costos o capacidades, sino que además su portabilidad [1] y formas de interacción por medio de voz y toque [2] resultan apropiadas en el desarrollo de aplicaciones que trabajen en la conversión del habla y la traducción del lenguaje de las señas, que son las principales formas de entablar contacto para quienes tienen problemas para escuchar.

Las innovaciones tecnológicas existentes bajo este propósito han establecido una nueva tendencia para que las personas con este padecimiento puedan llegar a realizar actividades sociales, laborales y educativas de forma parecida a como lo hace el resto de la población. Incluso en el campo de la educación, emergen cambios metodológicos más adaptado a sus capacidades, transformando este proceso en un sistema más flexible gracias a la ubicuidad [3]. Por otra parte, los profesores pueden auxiliarse de aplicaciones móviles para que el estudiante discapacitado tenga una mayor participación dentro del proceso enseñanza-aprendizaje [4].

Aun y con las contribuciones tecnológicas existentes, el discapacitado auditivo habitualmente enfrenta desafíos de inclusión como parte de su vida cotidiana, en gran parte es consecuencia del desconocimiento dentro de la sociedad con respecto al lenguaje no verbal con el que el discapacitado se expresa, este lenguaje involucra movimientos en brazos, manos y dedos además de acompañarse de expresiones faciales en sustitución de usar palabras y sonidos, esta diferencia en el lenguaje propicia la falta de entendimiento entre un oyente y el discapacitado.

Motivo por el cual se produce una situación de rechazo en forma casi automática, lo que se convierte en la principal causa para obstaculizar que el discapacitado auditivo logre o aspire a la obtención de un empleo, una educación tradicional digna, incluso un adecuado acceso a recursos de entretenimiento los cuales parecen inaccesibles, sin embargo, lejos de pensar que es debido a sus pocas capacidades productivas o cognitivas en este tipo de personas, realmente solo es consecuencia de la compleja situación que representa su adaptación.

Por tal motivo recurrimos a realizar una búsqueda dentro de la literatura con el fin de encontrar alternativas tecnológicas que contribuyan a eliminar prejuicios por medio de contribuciones que mejoren el desenvolvimiento del discapacitado auditivo en sus diferentes actividades cotidianas con ayuda del uso de dispositivos móviles que coadyuven a compensar problemáticas para escuchar, hablar o que sirvan en apoyo a la comunicación intrapersonal.

## II. DISPOSITIVOS MOVILES

En estos últimos años se ha popularizado la adquisición de dispositivos móviles entre la población, pero lejos de considerarlo por moda se debe a la comodidad que representa ejecutar acciones comparables a las que realiza una computadora, pero de forma más inmediata gracias a la ventaja que nos brinda su portabilidad. Comercialmente encontramos una variedad de estos dispositivos los cuales logran ajustarse a los gustos de todos los usuarios, su elección puede verse influida por sus capacidades, por los servicios que proveen, tal vez por la predilección de un determinado sistema operativo o por la estética que presenta un determinado modelo.

Sustancialmente estos dispositivos han venido experimentando una evolución a través de los años, especialmente en su arquitectura como resultado de la integración de nuevos elementos, mismos que han dado paso a el desarrollo de nuevas y mejores aplicaciones, además los dispositivos móviles se han posicionado como piezas clave en proyectos de investigación. A tal grado que resultan ser una excelente opción en la construcción de herramientas que auxilian el desenvolvimiento de las personas que presentan condiciones físicas limitadas.

La integración de sensores ha dado paso a un mundo de posibilidades para disponer de ellos, cada uno de estos sensores cumplen con un propósito específico, que, si bien su implementación fue ideada para ejecutar tareas específicas dentro del dispositivo móvil, el aprovechamiento de sus capacidades ha facilitado el desarrollo de aportaciones tecnológicas que en tiempos anteriores solo eran capaces de lograrse con el aditamento de sensores sobre arquitecturas ya acreditadas.

La transformación que han experimentado los dispositivos móviles en su aspecto y en su desempeño resulta muy significativo, anteriormente su poder radicaba en su nivel de procesamiento, almacenamiento, modos de comunicación y en la captura y reproducción de audio y video, por otro lado, hoy en día disponen de una mayor potencialidad gracias a su sensorización, misma que ha impulsado el incremento de sus funcionalidades.

Añadiendo simplicidad en sus procesos de comunicación, así como la transferencia de información mediante bluetooth, nfc, rfid, wifi [5,6], en la extracción de información para el registro de ubicaciones [7], en su capacidad para detectar la orientación o aceleración [8,9], incluso es posible obtener el monitoreo en la actividad física de las personas [10].

Indiscutiblemente este conjunto de innovaciones han inducido a la experimentación con modelos que fortalecen la elaboración de aplicaciones adaptativas, mismas que son catalogadas como tecnología asistiva, dicha tecnología involucra propuestas de solución para anomalías como la discapacidad

auditiva, a través de desarrollos que se fundamentan en el análisis del habla, el seguimiento del movimiento o en el reconocimiento de objetos, con el objetivo de describir el flujo de información que se encuentra presente en el entorno [10].

Logrando servicios móviles multiplataforma que mejoran la experiencia del usuario discapacitado por medio de la correcta elección y combinación tecnológica ver figura 1, que impulsan la producción de innovaciones que incluyen una alta precisión si se trata de compensar las limitaciones que residen en problemáticas para escuchar.

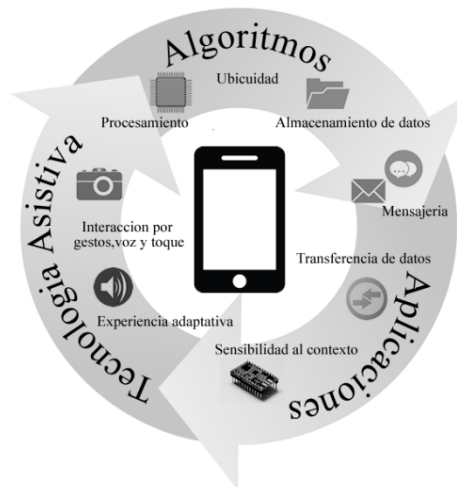


Fig1.- Tecnología implicada en la producción de innovaciones

Aprovechando las posibilidades creativas con el uso de los dispositivos móviles en las siguientes secciones nos enfocaremos en analizar la tecnología asistiva que se encuentra actualmente disponible basada en el análisis del habla, el reconocimiento de imágenes o seguimiento de movimientos que se considere un elemento estratégico que nos conduzcan a una mejor resiliencia del discapacitado auditivo.

### III. TECNOLOGIA ASISTIVA PARA EL DISCAPACITADO AUDITIVO

Existen recursos tecnológicos cuyo objetivo principal es fortalecer las carencias del discapacitado auditivo, dichas tecnologías en su gran mayoría han sido analizadas y evaluadas entre personas con problemas para escuchar obteniendo resultados que presuponen ser elementos bastante prometedores [11].

Hay investigaciones que apuestan a generar un cambio utilizando el reconocimiento de voz ya sea mediante la realización de estudios que evalúen los factores que perjudican la generación de información contenida en el habla, en consecuencia proponen nuevas formas para entregarla con el menor número de errores [12], dichas alteraciones suelen producirse por los ruidos artificiales que existen en el entorno, incluso abordan aspectos que comprenden a la fonética [13], finalmente la idea principal radica en mostrar mejores resultados en el envío y recepción de mensajes.

En este sentido hay investigadores que optan por trabajar con modelos de inteligencia artificial adecuados para el análisis del lenguaje, ya sea con la implementación del Modelo Oculto de Markov (HMM), Redes Bayesianas (BN) o la máquina de vectores de soporte (SVM) [14], la idea de incorporarlos en sus desarrollos, es garantizar el reconocimiento del habla a través de patrones,

aunque no está demás mencionar que este tipo de implementaciones también son habituales en el reconocimiento de patrones de imágenes, debido a que aporta una alta precisión en sus resultados.

Otra buena alternativa es trabajar con el Reconocimiento automático del habla por medio de codificaciones que utilizan motores o integran aplicaciones pensadas para este propósito, tal y como lo demuestra [15] mediante una herramienta con el potencial para entablar comunicación entre personas sordas y personas ciegas. La operatividad de dicha herramienta se asemeja a una sala de chat para el idioma inglés estadounidense. Para lograrlo trabajaron específicamente con Microsoft .Net 3.5, programaron en C# y en cuanto al reconocimiento y síntesis utilizaron SAPI y sus bibliotecas en cuanto a software, mientras que en la parte de hardware solo fue necesaria una computadora y un micrófono.

El objetivo de trabajar con tecnología de Microsoft fue la compatibilidad que tienen con diversos productos tecnológicos. La funcionalidad de esta herramienta fue probada con estudiantes que tuvieran las discapacidades mencionadas, el modo de ejecutarse para el lado del invidente es utilizar la voz para que el sordo pudiera interpretarlo por texto, mientras que por el lado del sordo utilizaba el texto para que la información contenida se le presentara al invidente mediante sonido, los resultados finales en la opinión de ambos fueron satisfactorios.

Las compañías tecnológicas más prestigiosas han progresado significativamente en cuanto a la manipulación de interfaces mediante el uso ASR y de sus servicios. Aprovechando su potencialidad es que [16] realiza una revisión de las aplicaciones ASR que existen comercialmente, su propósito es trabajar con algunas de ellas para comprobar si son lo suficientemente capaces de mejorar el intercambio de comunicación entre personas sordas y con problemas de audición y las personas oyentes dentro del aula o lugares de trabajo.

La experimentación consistió en descargar las aplicaciones en el dispositivo móvil personal de cada usuario ya sea que el dispositivo fuera Android o iPhone, los resultados obtenidos fueron que son necesarios mejores algoritmos para la supresión de ruidos, micrófonos más potenciales y que la transmisión sea por Bluetooth o Wi-Fi Direct con el fin de mejorar la exactitud de la conversión de información.

En cambio [17] trabajan con las aplicaciones móviles y con el reconocimiento de la voz, no obstante, su objetivo es mejorar el aprendizaje del habla en niños con discapacidad auditiva, debido a que se han percatado de la tendencia en el uso de teléfonos inteligentes y el deterioro del habla en estudiantes discapacitados. Para planificaron crear una interfaz de usuario, por medio de asesoramiento de niños discapacitados auditivamente, para que de este modo se trabajara en el desarrollo de los requisitos más apropiados para ellos.

Así fue como lograron identificar y adaptar sus necesidades transformando sus requerimientos en un prototipo funcional que actúa en forma de juego para entrenar y enseñar a hablar a estos niños. La aplicación fue desarrollada en Android, este juego trabaja al recibir la voz del usuario, posteriormente la filtra y la mejora. La voz es grabada y se procede a extraer sus características para ser comparada con la base de datos del reconocedor de voz.

Si la voz es correcta se le muestra información gráfica y lo posiciona en el siguiente juego, por otro lado, si la voz es incorrecta también se le presenta información gráfica, pero para notificarles que lo hizo de modo incorrecto.

Por otro lado, es importante inculcar desde temprana edad a los niños con este padecimiento el lenguaje de las señas, de esta forma se podrán beneficiar en su vida social, así mismo representara

una oportunidad de educación y de empleo. Basados en este interés [18] pensaron en producir una herramienta que aproveche la capacidad de grabación de video en los dispositivos móviles, con el fin de que el estudiante practique los movimientos incluidos en el lenguaje de señas durante la grabación, posteriormente esta captura será evaluada mediante una herramienta que actúa como corrector ortográfico y lo auxiliara a ir mejorando sus conocimientos con respecto a sus movimientos. Esta aportación podría a su vez servir de ayuda para quienes desean ser intérpretes.

No obstante, hay quienes optan por comenzar a asociarse con este lenguaje de una manera más simple iniciando por conocer el alfabeto antes de adentrarse de lleno a todos los aspectos involucrados en el lenguaje de las señas.

Es decir que existe una gran cantidad de formas para conocer el lenguaje que utiliza el discapacitado auditivo, por su parte [19] han diseñado una arquitectura cuyo propósito es transmitir el lenguaje de señas (CSL) chino mediante un sistema web. La idea radica en que una persona con estos problemas de audición pueda tener acceso al sistema desde cualquier dispositivo que soporte la animación web. Dicho sistema se compone de tres módulos principales un traductor de lenguaje natural a signo, gráficos para creación del lenguaje animado y el último módulo web que proporciona la interacción del usuario mediante el juego. Su arquitectura fue codificada en Android utilizando algoritmos para la una mejor compresión de imágenes, mientras que su diseño fue creado en XML.

Dentro de esta misma temática de tratamiento de imágenes mediante la cámara del teléfono móvil es que [20] han dirigido sus esfuerzos mediante la creación de un prototipo que funciona a través de una aplicación móvil, la cual les permite a los niños sordos buscar desde la captura de palabras impresas su debido significado en el lenguaje de señas americano (ASL), posteriormente el usuario necesita acceder a la definición en formato de video el cual es transmitido desde la plataforma de YouTube. Su contribución está basada en el sistema operativo Android y está disponible gratuitamente para cualquier usuario que desee conocer ASL.

Existe una variabilidad en la manera de abordar los problemas de las personas sordas o con problemas de audición que no solo se centran en el uso de dispositivos móviles, como por ejemplo hay quienes apuestan con trabajar con sensores, pero integrados en otra clase de dispositivos. La aparición del Kinect motivo a muchos investigadores en trabajar con la captura y movimiento de imágenes. De tal modo que con su aparición surgió una nueva forma de aprender el lenguaje de las señas.

Los investigadores [21] pretenden mediante el uso del Kinect ayudar a personas oyentes en aprender el lenguaje de señas por medio de dos modos de trabajo incluidos dentro de un juego. El primero de ellos lo han denominado Modo-Escuela, este como su nombre lo indica sugiere un ambiente similar a donde se toman clases cortas, en donde el usuario repite las señales que se le muestran y posteriormente el usuario es evaluado mediante algunas pruebas.

Por su parte el otro Modo el cual han nombrado como competición en donde a manera de juego el usuario pone a prueba las habilidades aprendidas como regularmente lo vemos en programas de concurso que transmiten por televisión.

Sin embargo, para lograrlo requirieron de una biblioteca de gestos mismos que son asociados con la cámara Kinect, además trabajar en el reconocimiento de los gestos que funciona con la información que captura la cámara Kinect y los gestos almacenados. Resulta interesante la forma lúdica de inducir al aprendizaje del lenguaje de señas, no obstante, este sistema hasta el momento solo se puede probar en formato prototipo y está enfocado solo en la evaluación del alfabeto en idioma portugués

#### IV. CONCLUSIONES

Sin lugar a duda la discapacidad auditiva y la sordera es un campo de estudio muy amplio merecedor de un sin número de propuestas tecnológicas. Sin embargo, la mejor manera de ofrecer soluciones es a través de consultar directamente con el usuario y recolectar directamente de ellos sus necesidades. Quienes pueden tener un acercamiento con este tipo de personas logra comprender las diferentes carencias de desencadena su discapacidad.

En tanto los desarrollos y los estudios no tardan en tratar de compensar algunas de ellas, sin embargo, de las herramientas propuestas que trabajan con el reconocimiento de voz y de patrones de imágenes se enfocan en el lenguaje de señas americano, lo que significa que es dirigido a usuarios con habla inglesa americana.

Por lo tanto, es necesario que de alguna forma las aplicaciones integren otros lenguajes, ya que esta discapacidad es mundial y por tanto hay usuarios que quedan segregados de explorar este tipo de tecnología asistiva.

Otro de los puntos es intentar profundizar en la integración de algoritmos que favorezcan la supresión de ruidos ambientales de tal forma que no distorsione las traducciones verbales en cuanto a reconocimiento de voz se trata.

Además, en cuanto al tratamiento de imágenes se requieren más investigaciones que traten directamente los movimientos en dedos, manos y brazos. Que no se quede solo se estudie la actividad con videos que muestre una señal en particular.

#### REFERENCIAS

- [1] Emerson Barbosa da Cunha, Daniella Dias Cavalcante da Silva, and César Rocha Vasconcelos. 2017. Enabling Full Interaction with the Android System and Applications through Speech Recognition. In Proceedings of the 23rd Brazillian Symposium on Multimedia and the Web (WebMedia '17). ACM, New York, NY, USA, 497-500.
- [2] N. Shwetha, H. Archana and B. R. Shambavi, "Quality workflow management for different android platform device," 2017 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), Bangalore, 2017, pp. 1511-1515.
- [3] Mobile Learning: Tendencias and Lines of Research(cita Sánchez-Prieto, José & Olmos, Susana & García-Peñalvo, Francisco. (2013). Mobile learning: Tendencias and lines of research. ACM International Conference Proceeding Series. 473-480.
- [4] G. P. Landi, F. A. S. Gonçalves, F. P. Marafão and H. K. M. Paredes, "Interactive android application for education in AC-to-DC converters," 2017 Brazilian Power Electronics Conference (COBEP), Juiz de Fora, 2017, pp. 1-5.
- [5] Catherine Marinagi, Christos Skourlas, Petros Belsis, Employing Ubiquitous Computing Devices and Technologies in the Higher Education Classroom of the Future, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 73, 2013, Pages 487-494
- [6] Thanh Le Vinh, Samia Bouzefrane, Jean-Marc Farinone, Amir Attar, Brian P. Kennedy, Middleware to Integrate Mobile Devices, Sensors and Cloud Computing, Procedia Computer Science, Volume 52, 2015, Pages 234-243.
- [7] Lucia Vilela Leite Filgueiras, Soraia Silva Prietch, João Paulo Delgado Preti, Empowerment of Assistive Technologies with Mobile Devices in a DUI Ecosystem, Procedia Computer Science, Volume 67, 2015, Pages 358-365.
- [8] Nauris Paulins, Signe Balina, Irina Arhipova, Learning Content Development Methodology for Mobile Devices, Procedia Computer Science, Volume 43, 2015, Pages 147-153

- [9] Pejovic, Veljko & Musolesi, Mirco. (2013). Anticipatory Mobile Computing: A Survey of the State of the Art and Research Challenges. *ACM Computing Surveys*
- [10] Alexandros Lioulemes, Michalis Papakostas, Shawn N. Gieser, Theodora Toutountzi, Maher Abujelala, Sanika Gupta, Christopher Collander, Christopher D. Mcmurrough, and Fillia Makedon. 2016. A Survey of Sensing Modalities for Human Activity, Behavior, and Physiological Monitoring. In *Proceedings of the 9th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA '16)*. ACM, New York, NY, USA, Article 16, 8 pages.
- [11] Emad E. Abdallah, Ebaa Fayyumi, Assistive Technology for Deaf People Based on Android Platform, In *Procedia Computer Science*, Volume 94, 2016, Pages 295-301
- [12] Chang Huai YOU, Bin MA, Spectral-domain speech enhancement for speech recognition, *Speech Communication*, Volume 94, 2017, Pages 30-41
- [13] Dávid Sztaho, Gábor Kiss, Klára Vicsi, Computer based speech prosody teaching system, *Computer Speech & Language*, Volume 50, 2018, Pages 126-140
- [14] J.Arora, Shipra & Singh, Rishi. (2012). Automatic Speech Recognition: A Review. *International Journal of Computer Applications*. 60. 34-44. 10.5120/9722-4190.
- [15] F. Reena Sharma y S. Geetanjali Wasson (2012). Speech Recognition and Synthesis Tool: Assistive Technology for Physically Disabled Persons. *Revista Internacional de Ciencias de la Computación y Telecomunicaciones Volumen 3, Número 4, Page 86-91*
- [16] Glasser, Abraham & Kushalnagar, Kesavan & Kushalnagar, Raja. (2017). Deaf, Hard of Hearing, and Hearing Perspectives on Using Automatic Speech Recognition in Conversation. 427-432.
- [17] Wong Seng Yue, Nor Azan Mat Zin, Voice Recognition and Visualization Mobile Apps Game for Training and Teaching Hearing Handicaps Children, *Procedia Technology*, Volume 11, 2013, Pages 479-486,
- [18] Matt Huenerfauth, Elaine Gale, Brian Penly, Sree Pillutla, Mackenzie Willard, and Dhananjai Hariharan. (2017). Evaluation of Language Feedback Methods for Student Videos of American Sign Language. *ACM Trans. Access. Comput.* 10, 1, Article 2, 30 pages.
- [19] Dengfeng Yao, Yunfeng Qiu, and Harry Huang. 2009. Web-based Chinese sign language broadcasting system. In *Proceedings of the 2009 International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A) (W4A '09)*. ACM, New York, NY, USA, 101-103.
- [20] Michael D. Jones, Harley Hamilton, and James Petmecky. 2015. Mobile Phone Access to a Sign Language Dictionary. In *Proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility (ASSETS '15)*. ACM, New York, NY, USA, 331-332.
- [21] João Gameiro Tiago Cardoso, Yves Rybarczyk. Kinect-Sign, Teaching Sign Language to “Listeners” through a Game, Volume 17, 2014, Pages 384-391