

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE GESTOS NO MÓVILES
MEDIANTE EL PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES**

**AUTORES:
VALERIA VALENCIA SIERRA
BETSY VILLA BROCHERO**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO INGENIERO
MECATRÓNICO**

**ASESORA:
Msc. JULIE STEPHANY BERRÍO PÉREZ**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERÍA
BARRANQUILLA
2014**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Ciudad y Fecha

DEDICATORIAS

Agradezco a Dios, por todas y cada una de las cosas que ha permitido en mi vida, por el gran regalo de mi familia, la cual, ha sido de manera contundente, el pilar de mi formación humana, y quienes con su esfuerzo y apoyo me han permitido realizar mi formación profesional. Gracias papi, mami, hermanos y abuelo, éste logro es para ustedes.

A mis amigos, por creer en mí y compartir momentos de alegrías y tristezas. Por su voz de aliento, gracias.

A mi compañera y amiga Betsy, por su comprensión y paciencia, sin ella, mi camino universitario no hubiese sido igual.

Gracias a todas y cada una de las personas que han dejado huella en mí y han aportado un grano de arena, para que hoy el sueño de ser una profesional, pueda ser materializado.

VALERIA VALENCIA SIERRA

A Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por guiarme y brindarme la sabiduría que necesito para poder culminar satisfactoriamente mi proyecto de grado.

A mis padres porque desde el principio creyeron en mí, en mis metas; y a pesar de los momentos difíciles siempre estuvieron allí para brindar un consejo, una palabra de ánimo y mucho amor. Han sido mi ejemplo de superación y de que los sueños con dedicación, disciplina y persistencia se pueden cumplir. Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

A mis abuelos que desde el cielo me cuidan y protegen. Sus enseñanzas y legado quedaran en mí como una huella imborrable, gracias por su amor y sabiduría.

A mi familia, han sido la base de mi formación y han aportado cosas valiosas a mi vida. Me han dado el privilegio de ser ejemplo para mis primos y futuras generaciones.

A todos, espero no defraudarlos y contar siempre con su valioso apoyo, sincero e incondicional.

BETSY VILLA BROCHERO

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Caribe, por su apoyo incondicional, formación integral y enfoque internacional, factor que nos regaló la oportunidad de ver materializado uno de nuestros sueños como estudiantes de pregrado y fue: la realización de un intercambio estudiantil.

A los docentes del programa de Ingeniería Mecatrónica, pues gracias a ellos, hemos descubierto habilidades que no conocíamos y que teníamos, aumentar nuestro amor por la investigación y el desarrollo de tecnologías que permitan impactar positivamente la sociedad.

Al Colegio Salvador Suarez Suarez, quienes nos ayudaron en el proceso de realización de nuestro proyecto, ayudándonos a comprender la realidad actual de las personas con discapacidad auditiva en nuestro país y aumentar nuestro compromiso de trabajar por los más necesitados.

A nuestros compañeros, quienes nos ayudaron a valorar la amistad y el trabajo en equipo, las risas, y los buenos momentos a lo largo de nuestra estancia en la Universidad.

A la docente Stephany Berrío por su paciencia y guía en éste proceso importante en nuestra realización como profesionales.

A todas y cada una de las personas que han estado presentes a lo largo de nuestra formación profesional, las que han creído en nosotras y han estado apoyándonos siempre; a ustedes, mil gracias.

TABLA DE CONTENIDO

Pág

INDICE DE FIGURAS

GLOSARIO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN.....	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1 ANTECEDENTES.....	13
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	14
1.3 JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE.....	15
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. MARCO REFERENCIAL.....	17
3.1 MARCO TEÓRICO.....	17
4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	27

5. PRESENTACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	34
6. CONCLUSIONES.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA.....	46
ANEXOS.....	47

INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Caracteres del Lenguaje de Señas Colombiano.....	20
Figura 2. Planeación del SRG No Móviles.....	27
Figura 3. Diseño Metodológico del SRG.....	29
Figura 4. Canon PowerShot A4000 IS.....	30
Figura 5. Distribución de la Interfaz Gráfica.....	31
Figura. 6 Estado de la cámara en OFF.....	31
Figura 7. Visualización de caracteres del LSC.....	32
Figura 8. Acerca de los Autores.....	32
Figura 9. Conversión RBG a Escala de Grises.....	33
Figura 10. Puntos característicos de Imágenes.....	33
Figura 11. Despliegue del comando “Abrir Imagen”.....	34
Figura 12. Selección de Imagen de Entrada.....	34
Figura 13. Visualización Imagen de Entrada.....	35

Figura 14. Proceso de Reconocimiento.....	35
Figura 15. Proceso de Reconocimiento finalizado.....	36
Figura 16. Gestos No Móviles del LSC.....	37

GLOSARIO

DANE: entidad responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia.

DISCAPACIDAD AUDITIVA: según la OMS, se dice que alguien sufre pérdida de audición cuando no es capaz de oír tan bien como una persona cuyo sentido del oído es normal.

ESCALA DE GRISES: escala acromática de colores compuesta por varias gradaciones de luminosidad que van del blanco al negro.

FENASCOL: Federación Nacional de Sordos de Colombia.

GESTO: movimiento de la cara, las manos u otra parte del cuerpo, con el que se expresa una cosa, especialmente un estado de ánimo.

IMAGEN DIGITAL: una imagen digital se compone de una agrupación de píxeles, cada uno con un valor de intensidad o brillo asociado. Una imagen digital se representa mediante una matriz bidimensional, de forma que cada elemento de la matriz se corresponde con cada píxel en la imagen.

INTERFAZ: en informática, esta noción se utiliza para nombrar a la conexión física y funcional entre dos sistemas o dispositivos.

LENGUAJE DE SEÑAS: es una lengua natural de expresión y configuración gesto-espacial y percepción visual gracias a la cual las personas sordas pueden establecer un canal de comunicación con su entorno social, ya sea conformado

por otros individuos sordos o por cualquier persona que conozca la lengua de señas empleada.

LSC: Lenguaje de Señas Colombiano.

MODELO RGB: el modelo RGB (del inglés Red, Green, Blue) está basado en la síntesis aditiva de las intensidades de luz relativas al rojo, al verde y al azul para conseguir los distintos colores, incluyendo el negro y el blanco.

PATRÓN: modelo que sirve de muestra para sacar otra cosa igual.

PÍXEL: abreviatura de las palabras inglesas "picture element". Es el menor de los elementos de una imagen al que se puede aplicar individualmente un color o una intensidad o que se puede diferenciar de los otros mediante un determinado procedimiento.

PROCESAMIENTO DE IMAGENES: conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información.

RECONOCIMIENTO DE PATRONES: es la ciencia que se ocupa de los procesos sobre ingeniería, computación y matemáticas relacionados con objetos físicos o abstractos, con el propósito de extraer información que permita establecer propiedades de entre conjuntos de dichos objetos.

SIFT: scale-invariant feature transform. Algoritmo usando en visión artificial para extraer de las imágenes características relevantes posteriormente pueden usarse en el reconocimiento de objetos, detección de movimiento, estereopsis, registro de la imagen y otras tareas.

RESUMEN

En la sociedad hoy en día existen problemas de comunicación, y de forma particular cuando las personas tienen discapacidades sensoriales como la sordera o ceguera. Este problema se da en el momento de interpretar el lenguaje de señas.

El presente proyecto de grado muestra el desarrollo e implementación de un sistema de reconocimiento de gestos no móviles mediante el entorno de Matlab, por medio del cual se visualiza la imagen de la letra adquirida, junto con la traducción en el lenguaje de señas colombiano. Este sistema se desarrolló para reconocer las 20 letras no móviles del lenguaje de señas colombiano, obteniendo un promedio de error del 23% concluyendo así que dicha aplicación resultó ser eficaz para la traducción de letras adquiridas con la mano derecha utilizando un guante quirúrgico, como método de parametrización de las imágenes de entrada capturadas.

Se implementa una interfaz en GUIDE para una mejor visualización del sistema y para su fácil uso por parte del usuario. Se utiliza principalmente técnicas de procesamiento de imágenes para el reconocimiento de los gestos no móviles que hacen parte del alfabeto de lenguaje de señas colombiano.

INTRODUCCIÓN

Según estadísticas arrojadas por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), en Colombia el 6,4% de los habitantes tiene una limitación permanente; de éste grupo el 17,3% de las personas, tienen limitaciones permanentes para oír, es decir, que de cada 100 colombianos con limitación, 17 presentan algún tipo de discapacidad permanente auditiva^{1,2}. Las personas con limitación auditiva se comunican mediante un lenguaje de señas, el cual es una combinación de movimientos manuales, gestos, expresiones faciales y corporales que facilitan la transmisión de un mensaje.

En Colombia existen leyes que protegen la integridad y el desarrollo de ésta población, pero la realidad palpable es que el apoyo que se les brinda a personas con limitaciones es muy escaso. Por tal motivo, es que en busca de mejorar la educación y el bienestar de las mismas, se decide llevar a cabo un proyecto que permita la inclusión de la población anteriormente mencionada; el cual consiste en la realización de un sistema de reconocimiento del lenguaje de señas, con el fin de brindar una herramienta didáctica que permita a las personas que están aprendiendo éste tipo de lenguaje (discapacitados o no discapacitados); lo puedan hacer de una manera más interactiva y amigable con su entorno.

A partir de ésta iniciativa, se pretende direccionar los procesos de investigación y producción de nuevas tecnologías, siendo enfocados a la mejora continua de la calidad de vida de poblaciones vulnerables en Colombia, a partir de ideas innovadoras, que requieran de un bajo costo, y que permitan ser masificadas a cada rincón donde se encuentren poblaciones afectadas bajo éste tipo de discapacidad.

¹ COLOMBIA, DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA, Censo General 2005, Discapacidad: personas con limitaciones permanentes. Bogotá. DANE. 2006.
www.dane.gov.co/files/censo2005/discapacidad.pdf

² COLOMBIA, DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA, Boletín: Censo General 2005, Resultados sobre Limitaciones Permanentes. Bogotá. DANE. 2006.
www.dane.gov.co/files/censos/boletines/discapacidad.pdf

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Realizando una revisión de trabajos relacionados con sistemas de reconocimiento de señas, se encuentran trabajos interesantes como el desarrollado por Herigert, Bouchet y Pianetti³, quienes por medio de Java y con el uso de diferentes imágenes, realizaron un software, utilizando una base de datos en SQL, para llevar a cabo el reconocimiento de los objetos, sin importar variantes que éstos puedan tener en cuanto a escala y rotación, ó iluminación, basándose en el algoritmo SIFT, y desarrollando una interfaz en donde se visualizan las acciones que realiza el método para la búsqueda de las imágenes coincidentes. De lo cual se puede concluir que el algoritmo arroja buenos resultados, para la búsqueda de puntos comunes entre dos imágenes, sin importar las características que pueden variar en ellas, mencionadas anteriormente.

Chiguano, junto con Moreno y Corrales⁴, desarrollan un sistema que traduce el lenguaje de señas e implementan un entrenador del mismo. El sistema se desarrolló en LabView, concluyendo que el desempeño del sistema depende en gran medida de las condiciones del ambiente bajo el cual se realice la adquisición de la imagen, puesto que éste último al ser controlado, arrojaba una imagen más limpia facilitando el tratamiento de la misma pero reduciendo la flexibilidad de la aplicación para su uso en cualquier condición. Por último, Ordóñez⁵, presenta un método para el tratamiento de imágenes y sonidos en Matlab por medio de la distancia de transformada que resulta ser una herramienta matemática bastante útil para el reconocimiento de objetos, siempre y cuando sea aplicada de forma correcta. La aplicación desarrollada contaba con etapas de adquisición, extracción de características de la imagen, definición de dichas características y por último el

³ Herigert, Marilina, *et al.* Reconocimiento de Imágenes mediante Scale Invariant Feature Transformation. Uruguay. Universidad Tecnológica Nacional.

⁴ Chiguano Edwin, *et al.* Diseño e implementación de un sistema traductor de lenguaje de señas de manos a un lenguaje de texto mediante visión artificial en un ambiente controlado. Ecuador. Escuela Politécnica Nacional.

⁵ Ordoñez, Edgar. Sistema de reconocimiento de imágenes como intérprete de lenguaje de señas. Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

reconocimiento. Por medio de la transformada de distancia se obtenían las matrices características de las imágenes que más adelante entrarían al sistema de traducción.

Como se puede observar en los trabajos analizados, es importante iniciar con un tratamiento de imágenes, para luego continuar con el proceso de reconocimiento y utilización del sistema, con el fin de garantizar resultados y minimizar probabilidades de error en la aplicación diseñada.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La comunicación es un proceso innato del ser humano, por medio del cual es posible transmitir información al entorno de diferentes formas, y por medio de distintos canales. Es imposible concebir un ser humano que no se comunique, pues es una necesidad que se arraiga a diferentes factores como físicos, sociales, culturales, etc. Teniendo en cuenta la necesidad, surgen diferentes tipos de comunicación en las que se puede destacar la comunicación verbal y la no verbal.

De manera especial, la comunicación no verbal es casi imprescindible en el día a día de un ser humano que sufre de limitación auditiva, pues a partir de ella puede entrar a relacionarse con las personas que le rodean y a la vez con su entorno, por lo que se hace un reto aprender cada uno de los “códigos” que conforman su sistema de comunicación, y más aún para las personas sin discapacidad al momento de lograr descifrar el mensaje proporcionado por esta población. Es por esto que surge la necesidad de desarrollar una herramienta que permita reconocer los gestos que son realizados por personas con discapacidad auditiva al momento de comunicarse, con el fin de que puedan reconocerlos fácilmente, de manera interactiva, y amena a su entorno, pues es de conocimiento público la escasa inclusión de esta población en la sociedad actual, lo que ha motivado el desarrollo de éste proyecto, con la meta de brindar una mejora en la calidad de vida de los usuarios principales de la herramienta a desarrollar (personas con discapacidad), sus familias y demás ciudadanos que deseen aprender éste tipo de lenguaje.

Por lo que surge la siguiente pregunta: ¿Cómo desarrollar una herramienta que permita descifrar el lenguaje de señas colombiano con el fin de brindar mejoras e

inclusión a personas con discapacidad auditiva mediante el uso de herramientas computacionales?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Desarrollar un sistema de reconocimiento de gestos, es una fuente de beneficio que apunta a mejorar la comunicación de personas con discapacidad auditiva con el entorno que les rodea, porque permite la inclusión de ésta población y brinda mayores oportunidades de desenvolverse en la sociedad, que en su mayoría no se encuentra capacitada para crear un canal de comunicación con éste tipo de población, lo cual permite visionar este proyecto como una herramienta que sería de gran impacto social, tanto para usuarios primarios como secundarios, en los que se incluye la población con discapacidad como la población que no posee ningún tipo de limitación.

El aprendizaje del lenguaje de señas viene acompañado de una serie de movimientos, y posiciones de las manos, que en la mayoría de los casos se vuelve una dificultad al momento de empezar el aprendizaje del mismo; es allí donde el desarrollo del sistema de reconocimiento de gestos, juega un papel fundamental, al permitir al usuario recordar o aprender por medio de una interfaz gráfica interactiva y de amena visualización, la forma adecuada de cada uno de los caracteres que conforman el lenguaje de señas, y que éste a su vez le genere su analogía o semejante en el alfabeto. Teniendo en cuenta que el alfabeto utilizado en el lenguaje de señas, posee caracteres que llevan consigo la utilización de movimientos manuales, éste proyecto se enfoca en primera instancia en el reconocimiento de todos los caracteres no móviles que se encuentran en el Lenguaje de Señas Colombiano, los cuales se visualizaran por medio de una interfaz gráfica desarrollada en el entorno de Matlab y cuyo método utilizado para realizar la selección de la imagen de salida, es el método estadístico SIFT.

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 OBJETIVO GENERAL

2.1.1 Desarrollar un sistema de reconocimiento de gestos para personas con discapacidad auditiva mediante la utilización de procesamiento de imágenes, y una interfaz gráfica que permita mejorar el aprendizaje del Lenguaje de Señas Colombiano.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Diseñar un sistema de reconocimiento de gestos no móviles, que permita identificar el alfabeto del Lenguaje de Señas Colombiano.

2.2.2 Desarrollar una interfaz gráfica amable al usuario para facilitar el aprendizaje del Lenguaje de Señas Colombiano.

3. MARCO REFERENCIAL

3.1 MARCO TEÓRICO

En pro de contextualizar a usted, lector de éste proyecto, sobre cada una de las temáticas que involucran la planeación, el desarrollo y posterior ejecución del Sistema de Reconocimiento de Gestos del Lenguaje de Señas Colombiano, es fundamental iniciar, conociendo el origen de la realidad que se busca mejorar. Éste origen es: la discapacidad auditiva.

Una discapacidad auditiva es definida como la dificultad que presenta un ser humano para participar en actividades propias de la vida cotidiana, como consecuencia de la interacción entre una dificultad específica para percibir a través de la audición los sonidos del ambiente y, dependiendo del grado de pérdida auditiva; los sonidos del lenguaje oral, y las barreras presentes en el contexto en el que se desenvuelve la persona. Con respecto a las barreras, éstas pueden ser de distinto tipo, pero, teniendo en cuenta lo plasmado en la Guía de Apoyo Tecno-Pedagógico del Ministerio de Educación Chileno, entre las más frecuentes se pueden encontrar:

La cercanía o distancia de las fuentes auditivas: Si los sonidos son débiles o distantes, se presentará dificultad para su interpretación.

La interferencia de sonidos de distinto tipo: Cuando los lugares presentan mucho ruido ambiental la persona tendrá dificultades para captar los mensajes.

- Las dificultades asociadas al lenguaje oral o escrito: Si una persona posee una pérdida auditiva severa o profunda y sólo se usa como forma de comunicación el lenguaje oral y/o no se la mira al hablar, se estará dificultando su comprensión de lo que ocurre en el contexto.

El déficit auditivo, no depende únicamente de las características físicas o biológicas de una persona, sino que se trata de una condición que aparece, debido a la interacción de este déficit personal con un contexto ambiental desfavorable. Es preciso señalar que en los últimos años, ha cobrado fuerza una mirada diferente de la discapacidad auditiva, que se desprende de una perspectiva socio-antropológica de la sordera. Esta mirada, se centra en la persona sorda, como persona que se mueve visualmente en el mundo, que desarrolla como lengua natural la Lengua de Señas y que forma parte de una cultura.

La Federación Mundial de Sordos es enfática en indicar, que la Lengua de Señas es un importante símbolo de identidad y al mismo tiempo patrimonio cultural que evidencia una comunidad, con valores y costumbres propios, que conforman la cultura sorda.

Indagando sobre las causas que generan los déficits auditivos, se encuentra que, son originados por diferentes causas, y en diferentes etapas de la vida humana, debido a los siguientes factores:

- Hereditarios: se trata del factor que presenta menor incidencia de todos.
- Prenatales: rubéola, uso de alcohol, drogas o medicamentos ototóxicos por parte de la madre embarazada.
- Perinatales: durante o cercanos al parto: bajo peso de nacimiento, golpes, caídas y traumas durante el parto.
- Postnatales: meningitis, otitis media mucosa recurrente con daño de tímpano, traumas acústicos producidos por golpes o exposición a ruidos de fuerte intensidad y en forma permanente.

Teniendo en cuenta, que el ser humano, es un ser comunicativo desde su concepción; una persona que nace ó que en una etapa de su vida adquiere una limitación de tipo auditivo, requiere de herramientas que le permitan entregar mensajes, ideas, pensamientos, pues tener un déficit auditivo, no implica tener un déficit mental. Es por eso que surge el Lenguaje de Señas, como la ayuda principal para que personas sordas, logren éste objetivo, el cual se convierte en una acción diaria en la vida de cualquier ser humano.

El lenguaje de señas, posee una gramática muy diferente al lenguaje verbal, lo cual es de esperarse, debido a que gesticular una consonante, toma aproximadamente dos veces el tiempo que toma decir una palabra. Así, para mantener la misma fluidez, el lenguaje de señas tiende a ser mucho más conciso. Está compuesto por signos que pueden modificarse ligeramente para alterar su significado, e inclusive combinarse, para dar origen a otros nuevos. Cuando no existe un signo para alguna palabra, o se hace uso de nombres propios, o simplemente no se es capaz de signar un determinado lenguaje, las palabras pueden deletrearse con los dedos. Este tipo de recursos los enriquecen, haciéndolos comparables y tal vez superiores a los lenguajes hablados. La estructura de un signo, teniendo en cuenta la gesticulación con una sola mano y obviando aspectos como la expresión facial, puede caracterizarse por: postura de la mano, posición relativa al cuerpo, orientación, movimiento o trayectoria.

De acuerdo a lo redactado por Nancy Melo, en la página del Instituto Caro y Cuervo: El lenguaje de señas colombiano es la lengua utilizada por la comunidad sorda de Colombia. Fue reconocida oficialmente en el año 1996, durante el gobierno del Dr. Ernesto Samper Pizano, mediante la Ley 324. El artículo 2 reza así: "El Estado colombiano reconoce la lengua de señas como propia de la comunidad sorda del país". Esta lengua se caracteriza por ser visual y corporal, es decir la comunicación se establece con el cuerpo en un espacio determinado.

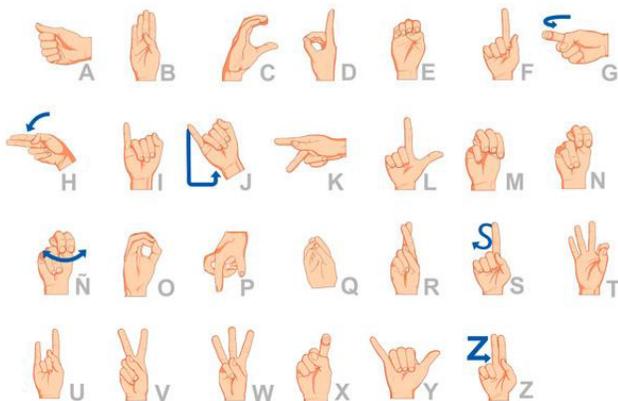
Desde 1984 la comunidad sorda colombiana empezó a preocuparse por el estudio, divulgación y enseñanza de la lengua, al igual que de la situación del sordo en el medio. Con el tiempo se fue configurando un grupo de investigación en torno a lo que inicialmente se llamó, desde la perspectiva de la comunidad sorda, el lenguaje manual colombiano, denominación que privilegiaba el papel de las manos en la comunicación. Resultado de esas primeras aproximaciones y de la labor de enseñanza de la lengua, fueron las cartillas realizadas por la Federación Nacional de Sordos de Colombia (Fenascol). Precisamente el Curso básico o primer nivel se denomina Lenguaje Manual Colombiano, publicación de 1993.

Este interés por el estudio de la lengua se fue extendiendo hacia otras instancias, como las universidades, que se vincularon con gran interés a este propósito. La cualificación en las investigaciones y el trabajo en equipo con

otras entidades e instituciones fortalecieron el estudio de la lengua y las apreciaciones sobre la misma. Así en el siguiente tomo, la cartilla número dos de Fenascal, se denomina Lengua de señas colombiana, con la siguiente aclaración preliminar: "De otra parte las investigaciones lingüísticas llevadas a cabo en varios países latinoamericanos han permitido aclarar que la denominación correcta es SEÑAS, las cuales están conformadas por movimientos faciales, corporales y manuales."⁶ Luego, como resultado de un trabajo interinstitucional entre el INSOR (Instituto Nacional para Sordos) y el Instituto Caro y Cuervo, también con la colaboración de Fenascal, se publica el Diccionario Básico de la lengua de señas colombiana. Sin duda este texto del 2006 ha sido una fundamental contribución al estudio de la lingüística de la lengua de señas en Colombia. Cuenta con un valioso estudio preliminar del Doctor en Lengua de Señas, Alejandro Oviedo.

La Lengua de Señas Colombiana, como cualquier lengua, posee dialectos. Esta realidad se pudo evidenciar durante la realización del Diccionario Básico de la lengua de señas, ya que se contó para su elaboración con corpus de las variedades del Valle y Bogotá. La lengua de señas tiene su propio sistema de reglas gramaticales y pragmáticas. La lengua de señas no es universal, existen tantos cuantos grupos o comunidades de personas sordas se constituyen. Por lo tanto difieren de país a país.

Figura 1. Caracteres del Lenguaje de Señas Colombiano



Fuente: www.makaia.org/recursos.shtml?apc=h1d1---&x=1682

⁶ Fenascal, Lengua de Señas Colombiana, Segundo Tomo, Santafé de Bogotá, 1996, pág. VII.

Teniendo claro hasta éste momento, qué es una discapacidad auditiva, las causas que dan origen a ésta, y la herramienta utilizada por las personas no hablantes para comunicarse diariamente, queremos adentrarlo en materia, al desarrollo del proyecto, conociendo sobre los procesos necesarios para realizar el Diseño del Sistema de Reconocimiento de Gestos no móviles del Lenguaje de Señas Colombiano, a partir de las técnicas utilizadas en el procesamiento digital de imágenes e iniciando, con la respuesta a qué es el reconocimiento de gestos.

Para el autor Jaime Meléndez, el reconocimiento de gestos puede ubicarse dentro del reconocimiento de patrones, lo cual abarca dos problemas: la representación de dichos patrones y la toma de decisiones. El reconocimiento de gestos de la mano en particular, consiste esencialmente en un “mapeo” de los ángulos que forman los segmentos articulados de los dedos, la posición y dirección de la mano, y posiblemente su evolución en el tiempo, hacia un conjunto de símbolos generalmente parametrizados. Este “mapeo” puede basarse sólo en la última información sobre el estado de la mano y dedos, es decir su postura, o adicionalmente en su movimiento y configuraciones pasadas, lo cual es llamado gesto. Debido a la naturaleza dinámica de los gestos, surgen problemas como la determinación de los puntos inicial y final, variaciones temporales y espaciales, variaciones rotacionales y traslacionales, variaciones interpersonales e intrapersonales, etc.

Dentro del reconocimiento de objetos, se pueden destacar 3 enfoques principales:

- Reconocimiento estadístico: Se basa en la determinación y uso de funciones de probabilidad.
- Reconocimiento sintáctico: Analiza la estructura de los objetos, ej: el esqueleto.
- Reconocimiento de redes neuronales: Constituye la técnica más reciente y trata de imitar el funcionamiento de los sistemas biológicos.

Para llevar a cabo el Diseño del Sistema de Reconocimiento de Gestos del Lenguaje de Señas Colombiano, se utilizarán imágenes de cada uno de los gestos no móviles, por lo cual surge la necesidad de conocer cómo está compuesta una imagen.

Las imágenes se pueden crear y almacenar en memoria de diversas formas. La imagen, en este caso, está formada por filas y columnas de puntos, es decir, es una matriz de píxeles, siendo un píxel un punto en la imagen; el nombre píxel es una abreviatura de “picture element”, o elemento de la imagen. Una matriz de píxeles puede reproducir cualquier imagen que deseemos, pero la calidad de la reproducción aumenta cuantas más filas y columnas tengamos, y cuantos más colores o tonos de gris pueda tener cada píxel.

De acuerdo a lo redactado por José Muñoz y Rafael González; el análisis de imágenes, agrupa los métodos y técnicas que se utilizan para extraer información de una imagen. El primer paso es la segmentación de imágenes que se ocupa de descomponer una imagen en sus partes constituyentes, es decir, los objetos de interés y el fondo, basándose en ciertas características locales que permiten distinguir un objeto del fondo y objetos entre sí. La mayoría de las imágenes están constituidas por regiones o zonas que tienen características homogéneas (nivel de gris, textura, momentos, etc.). Generalmente estas regiones corresponden a objetos de la imagen. La segmentación de una imagen consiste en la división o partición de la imagen en varias zonas o regiones homogéneas y disjuntas a partir de su contorno, su conectividad, o en términos de un conjunto de características de los píxeles de la imagen que permitan discriminar unas regiones de otras

Se pueden identificar dos tipos de segmentación: segmentación completa, cuando las regiones disjuntas corresponden directamente a objetos de la imagen y segmentación parcial, cuando las regiones no se corresponden directamente con objetos de la imagen. Para conseguir la segmentación completa se necesita un nivel superior de conocimiento que utiliza un conocimiento específico del dominio de la escena. Este conocimiento de nivel superior puede ser, por ejemplo, que los objetos de la imagen corresponden a caracteres numéricos o letras de un alfabeto. La operación de segmentación trata de distinguir si un píxel pertenece, o no, a un objeto de interés y, por lo tanto, produce una imagen binaria. Todavía no hay una teoría unificada de la segmentación de imágenes, solamente se dispone de un conjunto de algoritmos.

Teniendo en cuenta lo anterior, los algoritmos de segmentación de imágenes monocromáticas se basan en alguna de las siguientes propiedades:

- Discontinuidad en los tonos de gris de los píxeles de un entorno, que permite detectar puntos aislados, líneas y aristas (bordes).
- Similitud en los tonos de gris de los píxeles de un entorno, que permite construir regiones por división y fusión, por crecimiento o por umbralización.
- Conectividad de los píxeles desempeña un papel importante en la segmentación de imágenes. Recordemos que una región D se dice conexa o conectada si para cada par de píxeles de la región existe un camino formado por píxeles de D que los conecta. Un camino de píxeles es una secuencia de píxeles adyacentes (que pertenecen a su entorno inmediato).

Los métodos de segmentación se pueden agrupar en cuatro clases diferentes:

1. Métodos basados en píxeles, que a su vez pueden ser:

1.1 Locales (basadas en las propiedades de los píxeles y su entorno)

1.2 Globales (basadas en la información global obtenida, por ejemplo, con el histograma de la imagen).

2. Métodos basados en bordes.

3. Métodos basados en regiones, que utilizan las nociones de homogeneidad y proximidad geométrica, como las técnicas de crecimiento, fusión o división.

4. Métodos basados en modelos.

Las técnicas de visión por computador es una subdivisión de la inteligencia artificial, trata de extraer propiedades importantes de una imagen, una secuencia de imágenes o un conjunto de imágenes. La técnica utilizada para llevar a cabo la etapa de reconocimiento dentro del marco de desarrollo de éste proyecto, es la desarrollada por David Lowe en el año 1999.

Herigert menciona que para detectar objetos en una imagen, es necesario encontrar los puntos claves que identifiquen de manera contundente cada uno de los objetos con el fin de poder encontrarlos nuevamente si estos aparecen en cualquier otra imagen o en otro espacio de la misma. Muchas teorías se han ido desarrollando desde el año 1981 con el trabajo de Moravec, quien fue el primero en desarrollar algoritmos de búsqueda de vértices en imágenes, con el fin de hacer coincidir imágenes obtenidas desde distintos ángulos. El trabajo de Moravec fue mejorado por Harris y Stephens (1988), creando el

detector de esquinas de Harris, que no sólo busca esquinas como dice su nombre, sino que además busca cualquier punto dentro de la imagen con altos gradientes en todas direcciones. Pero para detectar los puntos de interés de una imagen, líneas rectas no sirven debido a que los puntos en ellas son muy parecidos a sus vecinos. Por este motivo no son aptas para una buena descripción de las características que contiene una imagen. Además, el detector de Harris no es invariante para cambios de escala, que pueden ocurrir en una cantidad muy grande de imágenes reales tomadas con una cámara desde distancias diferentes. Para mejorarlo, Lowe, encontró en 1999 un nuevo algoritmo denominado SIFT, que revolucionó el mundo del procesamiento de imágenes.

SIFT es un método en el que a una imagen se le transforma la información en coordenadas invariantes de escala y rotaciones, posteriormente a la luminosidad. Las técnicas anteriores a la aparición de SIFT, solamente se preocupaban del factor de escala, por lo tanto el coste computacional no era tan alto como con SIFT (debido a ser una técnica de carácter robusto que exige un mayor consumo de memoria, tiempo de ejecución y utilización de un número mayor de instrucciones). Lo primero que se realiza es obtener un conjunto de puntos de la imagen, los cuales serán denominados keypoints, de acuerdo al paso por cada etapa, el número de keypoints se irá reduciendo y quedarán los más importantes para ser usados en la comparación. Su idea principal es la transformación de la imagen a una representación compuesta de “puntos de interés”. Esos puntos contienen la información característica de la imagen que luego son usados para la detección de muestras.

El algoritmo se realiza mediante 4 pasos:

1. Construcción de Pirámides de Scale-Space: Se representa la imagen en diferentes escalas y tamaños. Se lleva a cabo de manera eficiente mediante el uso de la función de diferencia gaussiana, para identificar los posibles puntos de interés que son invariables a escala y orientación.

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \quad (1)$$

2. Localización de puntos clave: Se buscan aquellos puntos que se mantienen en cuanto a cambios de escala, para ello se debe estudiar cada

píxel y realizar una comparación con los píxeles vecinos. Los puntos clave son seleccionados en base a las medidas de su estabilidad.

3. Asignación de orientación: en este paso se asigna a cada punto clave una dirección de acuerdo a las direcciones del gradiente y a la zona que rodea dicho punto.
4. Descriptor de Puntos clave: consiste en calcular un descriptor para la región de la imagen local que sea fácilmente identificable, sin embargo tan invariable como sea posible a las variaciones restantes, tales como el cambio en la iluminación o el punto de vista 3D.

El reconocimiento de objetos constituye la última etapa dentro de un sistema de procesamiento de imágenes. A partir de las características encontradas y de los posibles objetos que pudieran aparecer, el sistema debe determinar que objetos están presentes en la imagen. Analizando la imagen original pueden obtenerse una serie de características (color, textura, etc.) o algunas descripciones (área, centros, etc.). Con esto se pretende reducir el volumen de la información para hacerla manejable, conservando la información más relevante.

Un problema fundamental de la clasificación consiste en determinar cuáles de estas características permiten en realidad distinguir un objeto de otros presentes en la imagen. Dichas características son particulares de cada problema. En el caso general se tendrán n valores numéricos que forman el vector de características representante de cada objeto extraído en la imagen. Un análisis de prueba por parte de un operador humano permite construir una base de datos con los modelos de los objetos. Por último se debe diseñar un clasificador que reconozca el objeto a la vista de la información extraída de la imagen y los posibles candidatos.

Las características elegidas deben cumplir 4 propiedades:

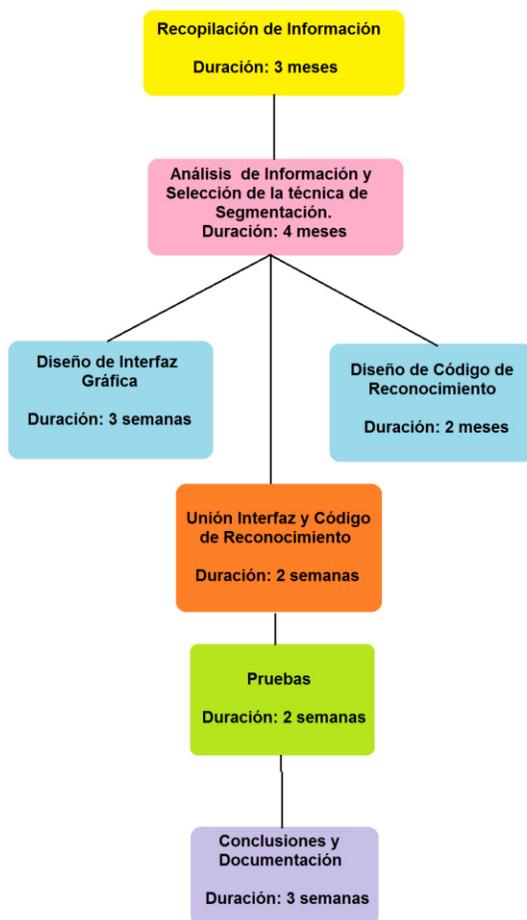
- Discriminación: Valores distintos para cada clase.
- Fiabilidad: Valores similares para objetos de la misma clase.
- Independencia: Varias características no deben reflejar la misma propiedad del objeto.
- Número: Debe ser lo más pequeño posible para reducir el costo computacional.

Debido a que el proyecto tiene como objetivos el desarrollo del sistema de reconocimiento y a su vez, de la interfaz gráfica, ésta ha sido desarrollada en el entorno de Matlab, con la ayuda de la toolbox GUIDE, la cual también es conocida como Interfaz de Usuario y que ayuda a tener un control sencillo de las aplicaciones desarrolladas en este lenguaje de programación, eliminando la necesidad de aprender en profundidad a programar en éste lenguaje y escribir comandos para desarrollar una aplicación. Por lo general, la GUI incluye controles tales como menús, barras de herramientas, botones y controles deslizantes. El entorno de desarrollo de GUIDE proporciona herramientas para diseñar interfaces de usuario para aplicaciones personalizadas. Mediante el editor de diseño de GUIDE, es posible diseñar gráficamente la interfaz de usuario. Generando de manera automática el código de Matlab para construir la interfaz, el cual se puede modificar para programar el comportamiento de la aplicación a desarrollar.

4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Para diseñar el sistema de reconocimiento de gestos no móviles y lograr el objetivo general planteado al inicio de este documento, se realiza una investigación descriptiva en la cual se identifican las herramientas a utilizar y los factores que influyen en el diseño del sistema, identificando varias etapas, enmarcadas en la figura 2, las cuales son fundamentales para entregarle a la comunidad, una herramienta diseñada para facilitar el aprendizaje y para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad auditiva, garantizando los siguientes resultados: generación de nuevo conocimiento o desarrollo tecnológico, fortalecimiento de la capacidad científica tecnológica y apropiación social del conocimiento.

Figura 2. Planeación del Sistema de Reconocimiento de Gestos No Móviles



Fuente: los autores.

Inicialmente el tipo de fuente primaria consultada se da a partir del contacto directo con personas que poseen limitación auditiva, con el fin de tener una visión de la realidad actual del objeto de estudio y las tecnologías usadas por esta población en pro de la inclusión social, por medio de entrevistas y encuestas a familiares ó personas allegadas a la población de estudio. (Ver Anexos)

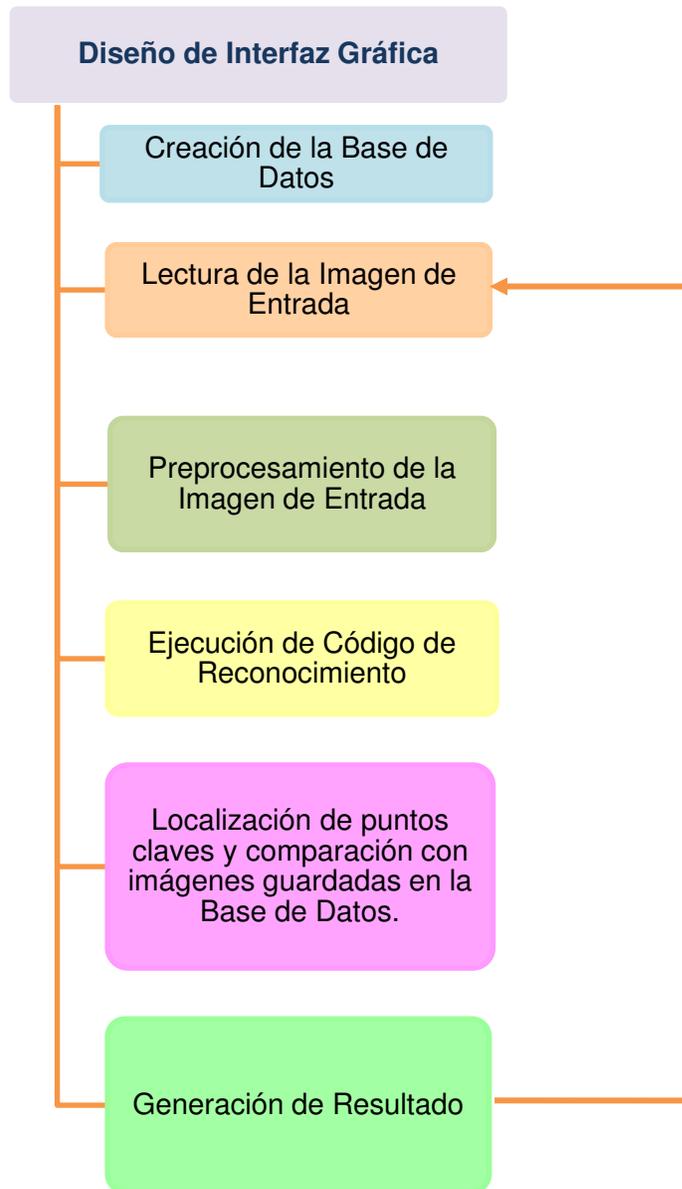
La encuesta realizada se plantea con los siguientes objetivos:

- Comprender la realidad del objeto de estudio.
- Observar la realidad del objeto de estudio, a partir de personas sin discapacidad auditiva.
- Buscar herramientas que permitan facilitar el desarrollo de la aplicación tecnológica a partir de las sugerencias depositadas en las mismas.
- Dar a conocer la iniciativa e indagar sobre las nuevas tecnologías desarrolladas en nuestra población, enfocadas al objeto de estudio.

Dentro del desarrollo de entrevistas, los jóvenes con discapacidad auditiva, Johan Ariza y Surelys Amaya, líderes en su comunidad, manifiestan el impacto positivo de este tipo de iniciativas a favor de la comunidad sorda, pues comentan que muy poco es el número de investigadores dentro del perímetro urbano de Barranquilla, que se dedican a mejorar la calidad de vida de la población anteriormente mencionada. Además de esto, dentro de la comunidad, se gestiona un proyecto que involucra tecnología para desarrollar un traductor en línea para hablantes y no hablantes, pero no poseen el personal capacitado para su desarrollo, ni la tecnología a utilizar, por lo que el Sistema de Reconocimiento de Gestos No Móviles, se convierte en el inicio de una era que anhelan, continúe extendiéndose, para llegar a diseñar un proyecto del calibre mencionado y que revolucionaría de manera positiva, su entorno, y aumentaría las oportunidades en el mercado tanto educativo como profesional, cerrando las amplias brechas sociales a las que se encuentra diariamente afectada esta comunidad. (Ver Anexos)

Inmediatamente al conocer la realidad de los no hablantes, se continúa con una búsqueda de proyectos similares por medio de trabajos de grado, y artículos científicos para contextualizar ideas. Se describe a continuación, la metodología de desarrollo del Sistema de Reconocimientos No Móviles:

Figura 3. Diseño Metodológico del Sistema de Reconocimiento



Fuente: los autores.

Se selecciona así, el programa Matlab para desarrollar toda la aplicación junto con la interfaz de usuario mediante el procesamiento digital de imágenes y la técnica de segmentación SIFT. La captura de imágenes de prueba se da a partir de la cámara digital Canon PowerShot A4000 IS Azul, (ver figura 4), la cual nos brinda una alta calidad de las fotografías capturadas teniendo en cuenta sus 16 Megapíxeles, y Zoom Óptico 8x, con el fin de construir la Base de Datos que se

utiliza en el desarrollo del sistema de reconocimiento, utilizando el mismo lenguaje de programación.

Figura 4. Canon PowerShot A4000 IS. Cámara utilizada.

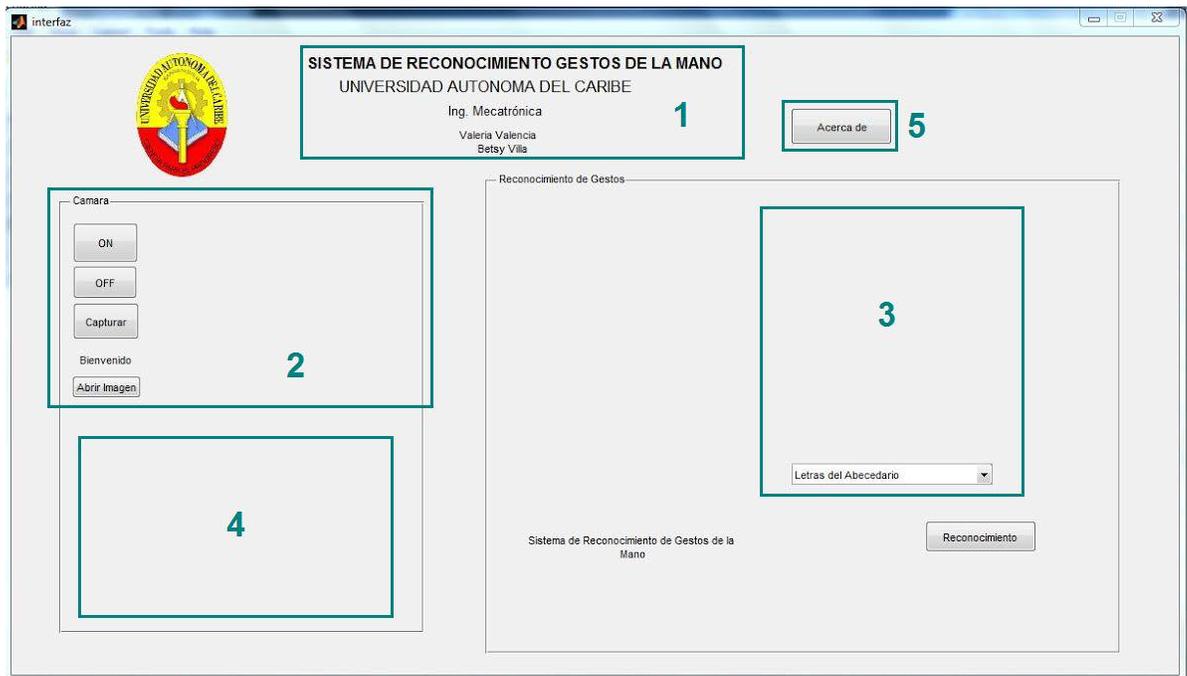


Fuente: www.canon.es/For_Home/Product_Finder/Cameras/Digital_Camera/PowerShot/PowerShot_A4000_IS/

La interfaz se desarrolla por medio de la GUIDE contenida en el entorno de Matlab, la cual consta de una ventana, que se distribuye de la siguiente forma (ver figura 5):

1. Encabezado: Nombre del Proyecto, Estudiantes, y Universidad
2. Captura de Imagen: Caja para la visualización de la imagen a tomar por parte de la cámara, y la cual posee los siguientes comandos:
 - 2.1 Encender cámara: Comando utilizado para que la cámara aparezca en el cuadro principal donde se encuentra el logo más grande la Universidad Autónoma del Caribe.
 - 2.2 Apagar cámara: Comando utilizado para dejar de utilizarla cámara.
 - 2.3 Capturar: Comando utilizado para realizar captura de imágenes.
 - 2.4 Abrir imagen: Comando utilizado para abrir las imágenes capturadas.
3. Visualización de caracteres del Lenguaje de Señas Colombiano e imagen capturada de entrada al algoritmo principal.
4. Visualización de Imagen de Salida.
5. Información del Proyecto.

Figura 5. Distribución de la Interfaz Gráfica desarrollada en Matlab



Fuente: los autores.

Figura. 6 Estado de la cámara en OFF



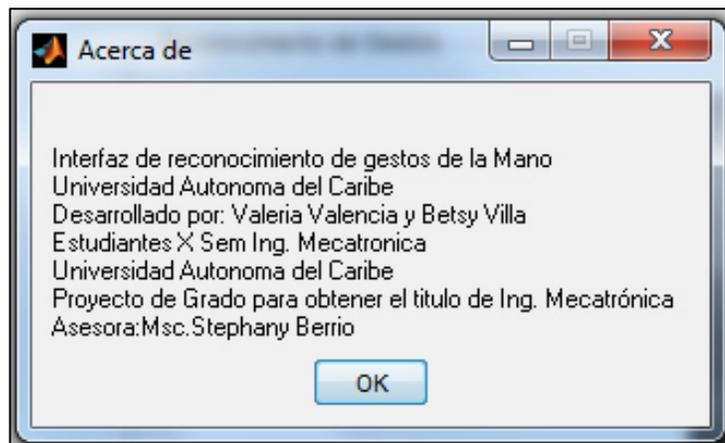
Fuente: los autores.

Figura 7. Visualización de caracteres correspondientes al LSC para aprendizaje inicial



Fuente: los autores.

Figura 8. Acerca de los Autores



Fuente: los autores.

El programa de reconocimiento se inicia a partir del .m donde se desarrolla la interfaz de usuario, teniendo como funciones principales, los controladores de la cámara a usar, que puede ser la del ordenador, configurada para realizar capturas de dimensiones 640x480, y guardar imágenes con dimensiones 320x240.

```
function camoff_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
function capture_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Si por el contrario, se desea elegir una imagen que se encuentra previamente guardada en el ordenador, recurrimos a la opción abrir imagen y se busca la ruta de ubicación de la misma.

```
function openimg_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

Enviando así, la imagen de entrada a la función de reconocimiento, en donde se realiza un tratamiento a la imagen pasándola de rgb a escala de grises por medio del comando `rgb2gray`:

Figura 9. Conversión RGB a Escala de Grises

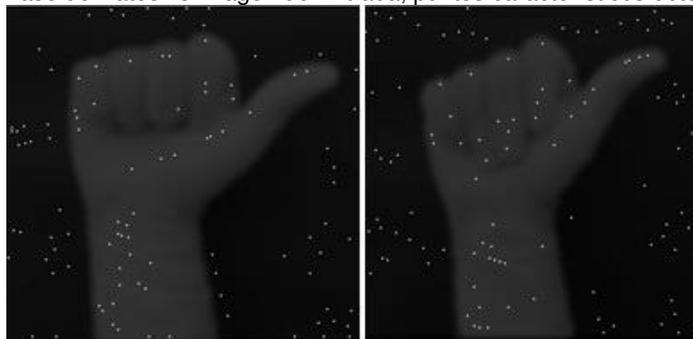


Fuente: los autores.

Seleccionando la imagen en la base de datos que concuerda con la imagen de entrada, teniendo en cuenta los puntos característicos extraídos y comparados con las imágenes patrón.

```
function resultados= reconocimiento(entrada);
```

Figura 10. Imagen en Base de Datos vs Imagen de Entrada, puntos característicos obtenidos

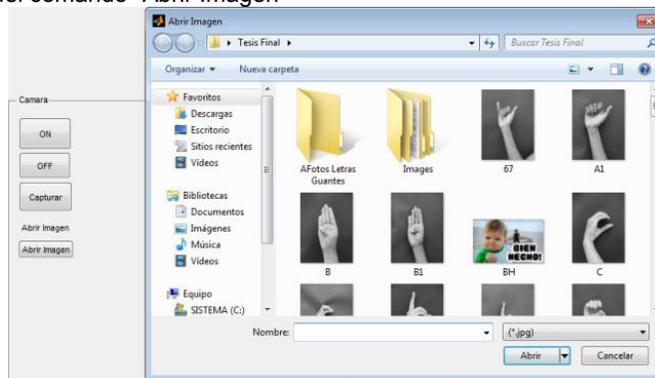


Fuente: los autores.

5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante la realización de pruebas al sistema de reconocimiento de gestos no móviles del lenguaje de señas colombiano, se ejecuta inicialmente el algoritmo principal, en el cual se encuentra el código desarrollado para la Interfaz de Usuario y en el que a su vez se lee la imagen de entrada que puede estar guardada en el ordenador, o capturada por medio de la cámara del mismo con dimensiones 320x240. En éste caso, se ingresa la ruta de la imagen de entrada, por medio del botón *Abrir Imagen*.

Figura 11. Despliegue del comando “Abrir Imagen”



Fuente: los autores.

Figura 12. Selección de Imagen de Entrada



Fuente: los autores.

Una vez elegida la imagen, ésta se despliega en la parte superior de la interfaz.

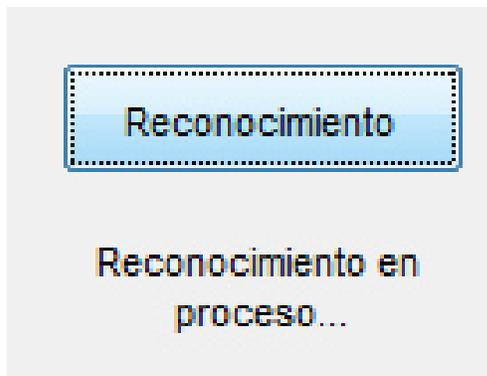
Figura 13. Visualización Imagen de Entrada



Fuente: los autores.

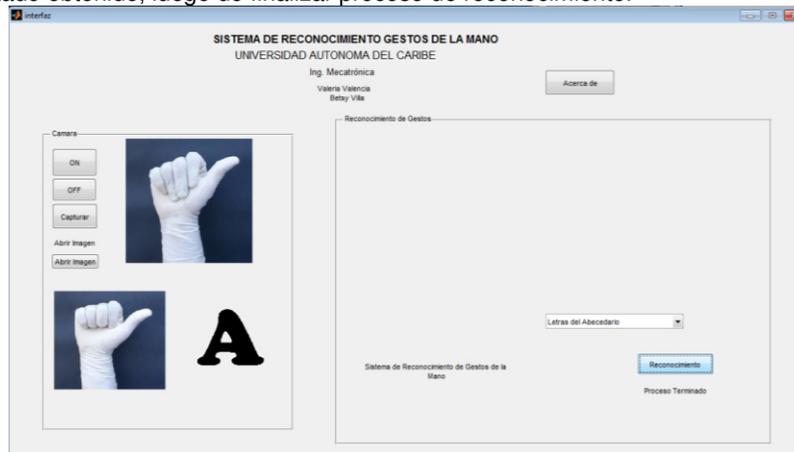
Posteriormente se ejecuta el proceso de reconocimiento, pulsando un botón llamado de la misma forma, con el fin de encontrar los puntos claves ó característicos de la imagen de entrada y las imágenes que se encuentran en la base de datos, y realizando una comparación donde se determina cuál es la imagen encontrada en la base de datos que se asocia a la imagen ingresada al sistema. Después de ejecutar este algoritmo, se reconoce la imagen de entrada, en el LSC, mediante la comparación con todas las imágenes de la bases de datos y el resultado es la representación ASCII equivalente de la misma.

Figura 14. Proceso de Reconocimiento



Fuente: los autores.

Figura 15. Resultado obtenido, luego de finalizar proceso de reconocimiento.



Fuente: los autores.

Para esta implementación, se realizan dos pruebas, donde se utilizan dos bases de datos las cuales contienen los patrones de los gestos no móviles utilizados en el Lenguaje de Señas Colombiano. Las imágenes utilizadas son en formato de archivo ".jpg". Para la aplicación experimental del método propuesto tomamos los 20 signos no móviles del LSC como consulta para la imagen de entrada. Las imágenes contenidas en la base de datos son: A, B, C, D, E, F, I, K, L, M, N, O, P, Q, R, T, U, V, W, Y, las cuales pueden ser visualizadas en la Gráfica 13. Para la aplicación de este método y la ejecución de la GUIDE, se utiliza la programación de Matlab. Mediante el uso de la caja de herramientas de procesamiento de imágenes, realizamos el sistema de reconocimiento de gestos, con procedimientos que incluyen conversión de imágenes en vectores. Estos vectores de características corresponden con el algoritmo de coincidencia de patrones para encontrar la imagen similar a la imagen de entrada. El resultado reconocido se muestra como salida.

Figura 16. Gestos No Móviles del Lenguaje de Señas Colombiano



Fuente: los autores.

A continuación se muestra la tabla de los resultados obtenidos en las dos pruebas, utilizando la mano de derecha de 3 personas diferentes, con 10 imágenes por cada caracter de los gestos del alfabeto dada en la figura, en total 400 capturas. En ambas pruebas se utiliza una cartulina de color negro como fondo y la cámara mencionada anteriormente. Durante la primera prueba se capturan imágenes sin ningún tipo de accesorio, con 2 personas de tez blanca y una persona de tez morena, generando los siguientes resultados:

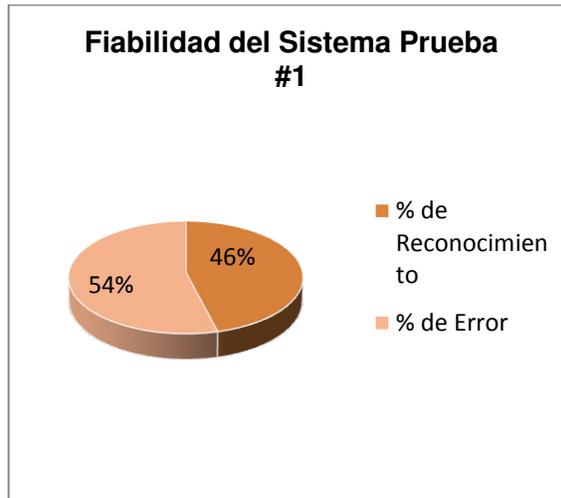
Tabla 1. Resultados Prueba N°1 de Reconocimiento

N°	Imagen	Letra	Porcentaje de Reconocimiento	Porcentaje de Error
1		A	40%	60%
2		B	100%	0%
3		C	70%	30%
4		D	50%	50%
5		E	50%	50%
6		F	50%	50%
7		I	40%	60%
8		K	60%	40%
9		L	20%	80%
10		M	70%	30%

11		N	70%	30%
12		O	50%	50%
13		P	10%	90%
14		Q	20%	80%
15		R	50%	50%
16		T	60%	40%
17		U	40%	60%
18		V	70%	30%
19		W	80%	20%
20		Y	80%	20%

Fuente: los autores.

Gráfica 1. Fiabilidad del Sistema de acuerdo a resultados de la prueba N°1



Fuente: los autores.

Durante la segunda prueba se capturan imágenes utilizando un guante quirúrgico, con el fin de parametrizar el sistema, para minimizar los errores arrojados en la primera prueba, con 2 personas de tez blanca y una persona de tez morena, generando los siguientes resultados:

Tabla 2. Resultados Prueba N°2 de Reconocimiento

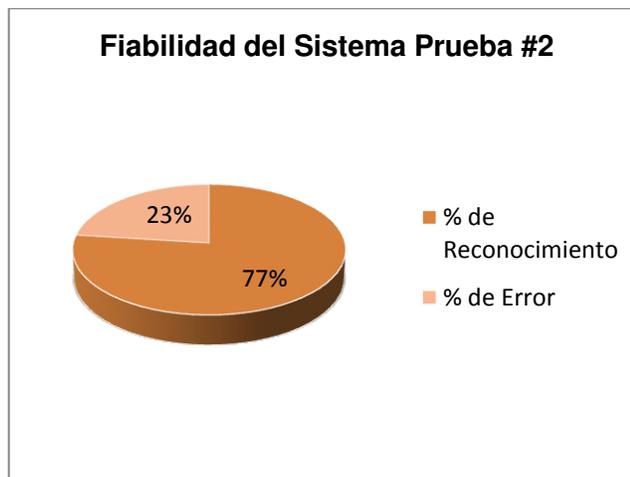
N°	Imagen	Letra	Porcentaje de Reconocimiento	Porcentaje de Error
1		A	90%	10%
2		B	60%	40%
3		C	100%	0%
4		D	90%	10%

5		E	100%	0%
6		F	30%	70%
7		I	70%	30%
8		K	100%	0%
9		L	60%	40%
10		M	100%	0%
11		N	30%	70%
12		O	60%	40%
13		P	100%	0%
14		Q	70%	30%
15		R	90%	10%
16		T	100%	0%
17		U	100%	0%
18		V	70%	30%

19		W	40%	60%
20		Y	60%	20%

Fuente: los autores.

Gráfica 2. Fiabilidad del Sistema de acuerdo a resultados de la prueba N°2



Fuente: los autores.

6. CONCLUSIONES

Actualmente, la implementación de aplicaciones utilizando el procesamiento digital de imágenes es de gran auge, debido al sin número de análisis que se pueden realizar por medio de la captura de imágenes o videos, para solventar distintas necesidades. El trabajo actual, es de gran impacto social, pues no es común el desarrollo de iniciativas tecnológicas en Colombia, y más exactamente en la ciudad de Barranquilla que se encuentren orientadas a la mejora de la calidad de vida de personas con limitaciones auditivas, ni a su inclusión en la sociedad, algo que debería ser imprescindible, pues en la ciudad se encuentran muchas instituciones enfocadas a brindar educación a este tipo de población, y la cual se encuentra sumamente interesada en que el resto de la población conozca su lenguaje para minimizar las brechas de discriminación y aumentar las oportunidades profesionales.

El algoritmo de reconocimiento se encarga de extraer características intrínsecas de las imágenes de entrada y base de datos, que resulten ser claves al momento de realizar la comparación que permita determinar la señal correspondiente al Lenguaje de Señas Colombiano. Además, se encarga de recibir una imagen de una señal del Lenguaje de Señas Colombiano dada por el usuario, y hallar, con el mejor grado de certeza posible, en una base de datos.

Para el reconocimiento preciso y fiable, las características extraídas de la imagen de entrada deben ser detectables incluso en los cambios en la escala de la imagen, el ruido y la iluminación. Se encuentra una mejor respuesta del sistema, con la utilización de un elemento que parametrize la mano con respecto a los factores de color, utilizando un guante, en este caso, tipo quirúrgico, logrando disminuir el error en un 31%, y por ende obteniendo una mejor respuesta por parte del sistema.

Como trabajo a futuro se recomienda optimizar el código de reconocimiento, para detectar los caracteres del LSC, en tiempo real, que permitan construir una especie de traductor online, para discapacitados.

BIBLIOGRAFÍA

CAMBRIDGE IN COLOUR. Converting a color photo into back and white. {En línea}. {15 de Septiembre del 2014} disponible en: (<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/color-black-white.htm>)

CHILE. MINISTERIO DE EDUCACION. Guía de Apoyo Técnico-Pedagógico: Necesidades Educativas Especiales en el Nivel de Educación Parvularia. Chile. Ministerio de Educación.

COLOMBIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTADISTICA. Acerca del DANE. {En línea}. {15 de Agosto del 2014} disponible en: (www.dane.gov.co/index.php/acerca-del-dane).

COLOMBIA, INSTITUTO CARO Y CUERVO. MELO, Nancy. Lengua de Señas Colombiana. {En línea}. {12 de Agosto del 2014} disponible en: (www.lenguasdecolombia.gov.co/content/lengua-de-se%C3%B1as-colombiana).

FENASCOL. Reseñas histórica. {En línea}. {15 de Septiembre del 2014} disponible en: (http://www.fenascol.org.co/index.php?option=com_content&view=article&id=15&Itemid=183)

GONZALEZ, Rafael y WOODS, Richard. Digital Image Processing. 2 Edición. Prentice Hall. 2002. ISBN: 0-201-18075-8

HERIGERT, Marilina, *et al.* Reconocimiento de Imágenes mediante Scale Invariant Feature Transformation. Uruguay. Universidad Tecnológica Nacional.

MELLENDEZ, Jaime y SERRADILLA, Francisco. Reconocimiento de Lenguajes de Signos utilizando Guantes de Datos. España. Universidad Politécnica de Madrid.

MUÑOZ, José. Segmentación de Imágenes. Capítulo 6. España. Universidad de Málaga.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Centro de prensa. Sordera y pérdida de la audición. {En línea}. {15 de Septiembre del 2014} disponible en: (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs300/es/>)

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española. {En línea}. {15 de Septiembre del 2014} disponible en (<http://lema.rae.es/drae/?val=gesto>)

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

CHEN, Y. T y TSENG, K.T. Developing a multiple-angle hand gesture recognition system for human machine interactions in Industrial Electronics Society. 33rd Annual Conference of the IEEE. 2007. p 489-492.

HUNT, Brian, *et al.* A Guide to Matlab. Ed. Cambridge. 2 Edición. 2006.

LIU, X. Hand gesture recognition using depth data in proceedings of the 6th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition. 2004. p. 529- 534.

MANRESSA, C *et al.* Hand tracking and gesture recognition for human-computer interaction. Vol 5. p.96 - 104. 2005.

SÁNCHEZ-NIELSEN, E *et al.* Hand gesture recognition for human-machine interaction in WSCG. 2004. p 395-402.

TANIBATA, N, *et al.* Extraction of hand features for recognition of sign language words, in International Conference on Vision Interface. 2002. p 391-398.

ANEXOS

ENCUESTAS:



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE GESTOS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA"

NOTA: La información suministrada será utilizada para fines educativos y de investigación científica.

1. ¿Tiene usted algún tipo de relación con personas que presentan discapacidad auditiva?
- Sí
- No
2. ¿Qué tipo de relación tiene con personas que presentan discapacidad auditiva?
- Padre
- Hijo
- Tío
- Profesor (a)
- Otro
¿Cuál? _____
3. ¿De qué manera se comunica usted con la persona que presenta discapacidad auditiva?
- Lenguaje escrito
- Lenguaje oral
- Lenguaje de señas colombiano
- Otro
¿Cuál? _____
4. ¿Qué tipo de dificultad encuentra usted al momento de comunicarse con la persona que presenta discapacidad auditiva mediante el lenguaje de señas?
- Usted no le entiende a la persona discapacitada
- Usted no se sabe correctamente los gestos
- Usted se sabe los gestos, la persona discapacitada no se los sabe correctamente.
- Otro
¿Cuál? _____

5. ¿Le parece conveniente la utilización de un sistema electrónico que permita aprender mejor el lenguaje de señas?
- Sí
- No

ENCUESTA DESARROLLADA POR: VALERIA VALENCIA SIERRA Y BETSY VILLA BROCHERO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

"DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE GESTOS PARA PERSONAS CON
DISCAPACIDAD AUDITIVA"

- ¿Cuáles son las letras que presentan mayor dificultad al comunicarse en el lenguaje de señas? _____

- ¿Qué sugerencias le daría al grupo de investigación encargado de realizar éste proyecto? _____

- ¿Considera que mediante este tipo de iniciativas se está promoviendo la inclusión social de personas con discapacidad auditiva? ¿Por qué?

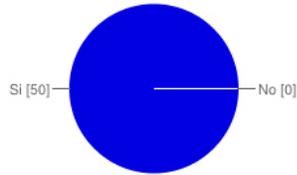
NO COPIAR

¡MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

ENCUESTA DESARROLLADA POR: VALERIA VALENCIA SIERRA Y BETSY VILLA BROCHERO

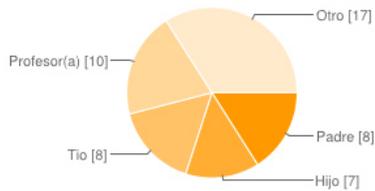
RESULTADOS ENCUESTAS:

¿Tiene usted algún tipo de relación con personas que presentan discapacidad auditiva?



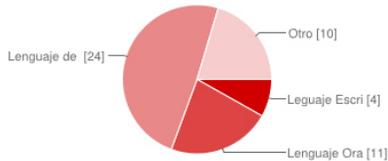
Si	50	100%
No	0	0%

2. ¿Qué tipo de relación tiene con personas que presentan discapacidad auditiva?



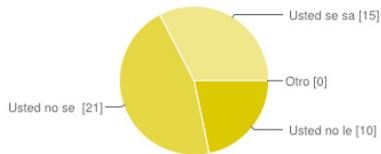
Padre	8	16%
Hijo	7	14%
Tio	8	16%
Profesor(a)	10	20%
Otro	17	34%

3. ¿De qué manera se comunica usted con la persona que presenta discapacidad auditiva?



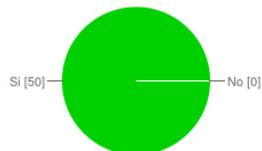
Leguaje Escrito	4	8%
Lenguaje Oral	11	22%
Lenguaje de señas colombiano	24	48%
Otro	10	20%

4. ¿Qué tipo de dificultad encuentra usted al momento de comunicarse con la persona que presenta discapacidad auditiva mediante el lenguaje de señas?



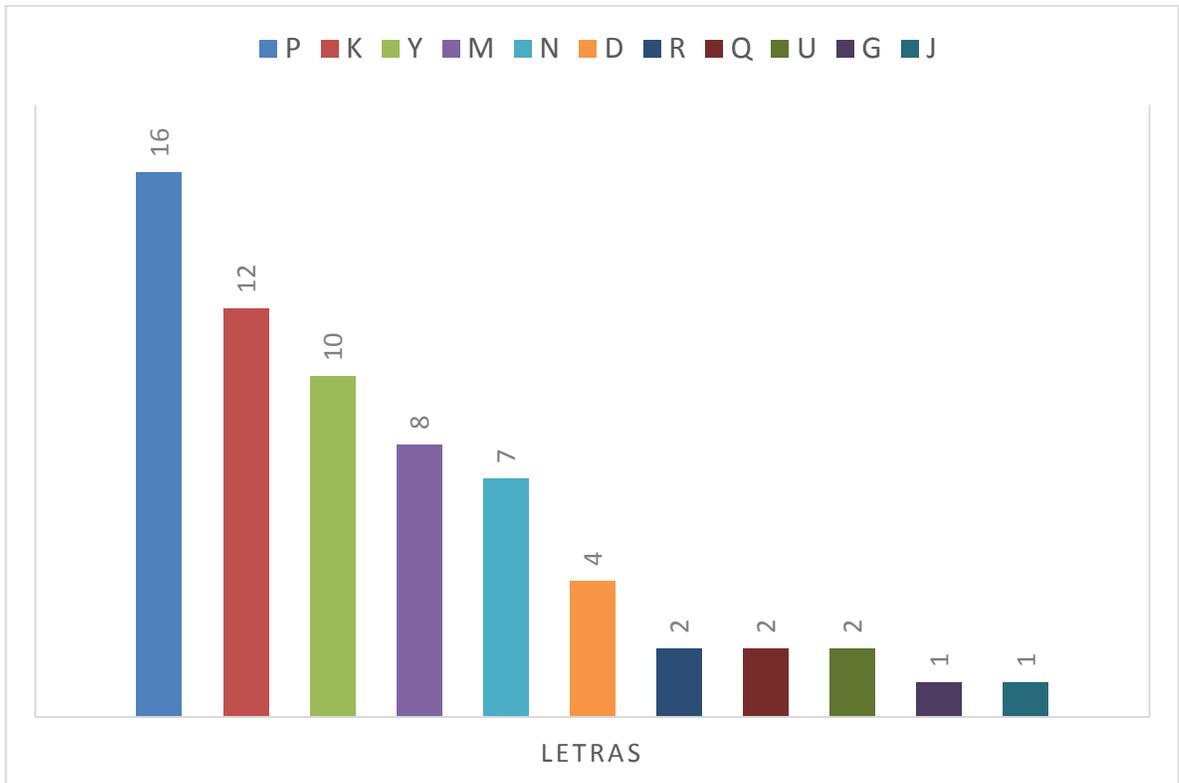
Usted no le entiende a la persona discapacitada	10	20%
Usted no se sabe correctamente los gestos	21	42%
Usted se sabe los gestos, la persona discapacitada no se los sabe correctamente.	15	30%
Otro	0	0%

¿Le parece conveniente la utilización de un sistema electrónico que permita aprender mejor el lenguaje de señas?



Si	50	100%
No	0	0%

Cuáles son las letras que presentan mayor dificultad al comunicarse en el lenguaje de señas?



EVIDENCIAS ENTREVISTAS:



Jóvenes de la comunidad sorda: Surelys Amaya y Johan Ariza

LINKS DE ENTREVISTA:

<https://www.youtube.com/watch?v=Xx22vw4rpRk>

<https://www.youtube.com/watch?v=U1c1Q9inEQs>

CÓDIGO PRINCIPAL:

```
function varargout = interfaz(varargin)
% INTERFAZ MATLAB code for interfaz.fig
%   INTERFAZ, by itself, creates a new INTERFAZ or raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = INTERFAZ returns the handle to a new INTERFAZ or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   INTERFAZ('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%   function named CALLBACK in INTERFAZ.M with the given input
arguments.
%
%   INTERFAZ('Property','Value',...) creates a new INTERFAZ or raises
the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value pairs
are
%   applied to the GUI before interfaz_OpeningFcn gets called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property
application
%   stop. All inputs are passed to interfaz_OpeningFcn via varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help interfaz

% Last Modified by GUIDE v2.5 17-Nov-2014 15:34:14

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @interfaz_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @interfaz_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
```

```

% --- Executes just before interfaz is made visible.
function interfaz_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to interfaz (see VARARGIN)

% Choose default command line output for interfaz
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes interfaz wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = interfaz_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in camon.
%Encender Camara
function camon_Callback(hObject, eventdata, handles)
axis off ;
fondoff1=imread('fondolettra.jpg');
axes(handles.salida);
imshow(fondoff1);
x=('Camara ON');
set(handles.textcam,'String',x);
axes(handles.camara);
vid = videoinput('winvideo', 1, 'YUY2_640x480');
vid.ReturnedColorspace = 'rgb';
%vid = videoinput('kinect', 1, 'RGB_1280x960');
vid.FramesPerTrigger = 1;
vidRes = get(vid, 'VideoResolution');
imWidth = vidRes(1);
imHeight = vidRes(2);
nBands = get(vid, 'NumberOfBands');
hImage = image( zeros(imHeight, imWidth, nBands),'Parent',handles.camara
);

```

```

%rectangle('Position',[215 70 250 300],'EdgeColor','r','LineWidth',2);
preview(vid,hImage);
handles.vid = vid;
guidata(hObject,handles);

```

```

% --- Executes on button press in camoff.
%Apagar Camara
function camoff_Callback(hObject, eventdata, handles)
fondoff=imread('fondolettra.jpg');
axes(handles.salida)
imshow(fondoff);
z='Camara OFF';
set(handles.textcam,'String',z);
closepreview;
uni=imread('uac.png');
axes(handles.camara);
imshow(uni) ;

```

```

% --- Executes on button press in capture.
%Capturar Imagen
function capture_Callback(hObject, eventdata, handles)
frame = getsnapshot(handles.vid);
imwrite(frame,'imgrec.jpg');
input4=imread('imgrec.jpg');
resi=imresize(input4,[340 420]);
imwrite(resi,'imgrec.jpg');
input=imread('imgrec.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input);
fondo=imread('fondolettra.jpg');
axes(handles.letra);
imshow(fondo);
y='Captura Exitosa';
set(handles.textcam,'String',y);

```

```

%ESCUDO UAC
function escudo_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
a=imread('uac.png');
imshow(a);
axis off;

```

```

%Acerca de
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
h = msgbox({'Interfaz de reconocimiento de gestos de la Mano'
'Universidad Autonoma del Caribe' 'Desarrollado por: Valeria Valencia y
Betsy Villa' 'Estudiantes X Sem Ing. Mecatronica' 'Universidad Autonoma
del Caribe' 'Proyecto de Grado para obtener el titulo de Ing.
Mecatrónica' 'Asesora:Msc.Stephany Berrio'},'Acerca de');

```

```

%Menu Opciones

```

```

function menu_Callback(hObject, eventdata, handles)
valor=get(handles.menu,'Value');

switch valor

    case 1 %Letras de Abecedario
fondo=imread('fondoletra.jpg');
axes(handles.imginput)
imshow(fondo);
fondol=imread('fondoletra.jpg');
axes(handles.letra);
imshow(fondol);
    case 2 %A
la=imread('iconoA.jpg');
axes(handles.letra);
image(la);
axis off;

input2=imread('letraA.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

    case 3 %B
lb=imread('iconoB.jpg');
axes(handles.letra);
image(lb);
axis off;

input2=imread('letraB.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

    case 4 %C
lc=imread('iconoC.jpg');
axes(handles.letra);
image(lc);
axis off;

input2=imread('letraC.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

    case 5 %D
ld=imread('iconoD.jpg');
axes(handles.letra);
image(ld);
axis off;

```

```

input2=imread('letraD.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 6 %E
le=imread('iconoE.jpg');
axes(handles.lettra);
image(le);
axis off;

input2=imread('letraE.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 7 %F
lf=imread('iconoF.jpg');
axes(handles.lettra);
image(lf);
axis off;

input2=imread('letraF.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 8 %I
li=imread('iconoI.jpg');
axes(handles.lettra);
image(li);
axis off;

input2=imread('letraI.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 9 %K
lk=imread('iconoK.jpg');
axes(handles.lettra);
image(lk);
axis off;

input2=imread('letraK.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 10 %L
ll=imread('iconoL.jpg');
axes(handles.lettra);
image(ll);
axis off;

```

```

input2=imread('letraL.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 11 %M
lm=imread('iconoM.jpg');
axes(handles.letra);
image(lm);
axis off;

input2=imread('letraM.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 12 %N
ln=imread('iconoN.jpg');
axes(handles.letra);
image(ln);
axis off;

input2=imread('letraN.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 13 %O
lo=imread('iconoO.jpg');
axes(handles.letra);
image(lo);
axis off;

input2=imread('letraO.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 14 %P
lp=imread('iconoP.jpg');
axes(handles.letra);
image(lp);
axis off;

input2=imread('letraP.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 15 %Q
lq=imread('iconoQ.jpg');
axes(handles.letra);

```

```

image(lq);
axis off;

input2=imread('letraQ.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 16 %R
lr=imread('iconoR.jpg');
axes(handles.lettra);
image(lr);
axis off;

input2=imread('letraR.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 17 %T
lt=imread('iconoT.jpg');
axes(handles.lettra);
image(lt);
axis off;

input2=imread('letraT.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 18 %U
lu=imread('iconoU.jpg');
axes(handles.lettra);
image(lu);
axis off;

input2=imread('letraU.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 19 %V
lv=imread('iconoV.jpg');
axes(handles.lettra);
image(lv);
axis off;

input2=imread('letraV.jpg');
axes(handles.imginput);
imshow(input2);

case 20 %W
lw=imread('iconoW.jpg');
axes(handles.lettra);

```

```

    image(lw);
    axis off;

    input2=imread('letraW.jpg');
    axes(handles.imginput);
    imshow(input2);

    case 21 %Y
    ly=imread('iconoY.jpg');
    axes(handles.letra);
    image(ly);
    axis off;

    input2=imread('letraY.jpg');
    axes(handles.imginput);
    imshow(input2);

end

%abrir imagen
function opening_Callback(hObject, eventdata, handles)
w=('Abrir Imagen');
set(handles.textcam,'String',w);
fondo8=imread('fondoletra.jpg');
axes(handles.imginput)
imshow(fondo8);
[baseFileName, folder] = uigetfile('*.jpg', 'Abrir Imagen');
if isequal(baseFileName,0)
    return
else
input=imread(strcat(folder,baseFileName));
imwrite(input,'imgrec.jpg','jpg');
axes(handles.camara);
imshow(input);

fondo3=imread('fondoletra.jpg');
axes(handles.salida);
imshow(fondo3);

end

function camara_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
axis off;

function imginput_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
axis off;

```

```

function letra_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
axis off;

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function menu_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to menu (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function facial_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to facial (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

function textcam_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to textcam (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function opening_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to opening (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% --- Executes on button press in botonrecon.
function botonrecon_Callback(hObject, eventdata, handles, resultados)
% hObject    handle to botonrecon (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
zz='Reconocimiento en proceso...';
set(handles.espera,'String',zz);
entrada='Tesis Final/imgrec.jpg';
resultados=reconocimiento(entrada);
finally=imread('final.jpg');
axes(handles.salida);

```

```

imshow(finally);
finally2=imread('letrareconocida.jpg');
axes(handles.letrareconocida);
imshow(finally2);
zz1='Proceso Terminado';
set(handles.espera,'String',zz1);

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function salida_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to salida (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: place code in OpeningFcn to populate salida
axis off;

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function botonrecon_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to botonrecon (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

```