

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.



Facultad de Ciencias de la Computación.

*Desarrollo de un prototipo basado en sistemas
multisensor para personas con debilidad visual.*

Tesis para obtener el título de:

Ingeniero en Ciencias de la Computación.

Presenta:

Luis Gustavo Prieto Pérez

Asesor:

Gustavo Trinidad Rubín Linares

Puebla, Puebla. Mayo 2015

Congresos

Congreso Nacional de Ciencias de la Computación
CONACIC 2014

<http://conacic.cs.buap.mx/>

Puebla, México, Octubre 2014

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Facultad de Ciencias de la Computación

2do. Concurso Estudiantil Prototipos de Innovación Tecnológica

<http://www.ditco.buap.mx/>

Puebla, México, Mayo 2015

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Congreso de Instrumentación

SOMI XXX

<http://somi.ccadet.unam.mx/somi30/index.html>

Durango, México, Octubre 2015

Instituto Tecnológico de Durango

Agradecimientos

A Dios por brindarme la oportunidad de obtener otro triunfo personal, por no dejarme caer ante las situaciones de la vida y permitirme lograr esta meta.

Quiero dedicar todo mi proyecto y mi esfuerzo a mi abuelo Miguel porque se lo importante que es para el ver a un hijo suyo titularse y yo como su primer nieto pude lograr esta meta y sé que estará orgulloso de mí.

A mi mamá Hilda María Pérez Ramírez por siempre alentarme y no dejarme caer, Mami gracias por tu apoyo, esfuerzo y ánimos para que pudiera concretar el proyecto, jamás me dejaste solo y siempre estas para escucharme y sacarme adelante, te agradezco no dejarme caer y que pueda contar contigo en los momentos más difíciles. Te amo.

A mi papá Luis Prieto Fuenlabrada, por ser mi mejor amigo aun que no pueda verte y sentirte todos los días, sé que siempre estás conmigo. Gracias por tu paciencia, apoyo y motivación, sé que gracias a ti soy el hombre que soy ahora porque he aprendido mucho de todo lo que hemos vivido y jamás has faltado como mi padre. Te amo.

A mi hermana Hilada Karina, sé que a veces no soy el mejor hermano o el mejor amigo pero sabes que puedes confiar en mí siempre y que en todo lo que te propongas estaré para apoyarte. Mil gracias por escucharme o leerme cuando no estaba bien. Te amo hermanita.

A mi hermanito Jorgito por llegar a mi vida cuando menos lo esperaba y ayudarme a madurar como hermano, me encanta poder hablar contigo y verte porque siempre me platicas lo mucho que te diviertes y aprendí de ti que jamás debes de dejar de ser un niño.

A mis abuelas Hilda y Ruth por todas sus atenciones conmigo y siempre estar al pendiente de cómo iba mi tesis.

A mi abuelo Gustavo Prieto y a mi bisabuela Magdalena Moro, con mucho respeto a su memoria.

A mi tío Francisco Pérez Ramírez, por ser más que un tío un gran amigo y ayudarme siempre a salir adelante escuchándome y aconsejándome.

A Celia Vite, gracias por motivarme a lograr esta meta, tú fuiste por quien empezó todo este sueño y hoy que puedo hacerlo realidad no tengo palabras para agradecerte y decirte todo lo que significas para mí. Nos vemos en el camino. C'est la Vie. Te amo.

Gracias de todo corazón, a mi tutor, el doctor Gustavo Trinidad Rubín Linares, por confiar en mí, y en el proyecto, parece como si hubiera sido ayer cuando platicamos por primera vez y las metas que propusimos, todas esas metas hoy con usted las estoy cumpliendo. Gracias por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento. Ha sido un privilegio para mí poder contar con su guía y ayuda.

A mis amigos del laboratorio de Robótica Móvil de la FCC, en especial a Pilar por ser mi amiga durante toda la carrera, por escucharme siempre y dedicarme siempre palabras de ánimo cuando más lo necesitaba. A Alejandro por toda tu ayuda guiándome durante el proyecto, siempre estuviste para decirme como hacer algo que no sabía o simplemente para darme un componente que necesitaba mil gracias. A Rodrigo, Zcraps por apoyarme durante la programación del prototipo y siempre responder a mis dudas y comentarios.

A mis hermanos de la carrera Rafael, Cristhian, Javier y Eric, amigos como ustedes no hay otros. Porque con ustedes inicié en el mundo de la Robótica y gracias a todas las experiencias que adquirimos durante nuestra carrera, hoy el proyecto por fin está terminado. Fue un camino difícil pero sabía que contaba con ustedes para hacer un proyecto o pasarnos un examen. Los quiero.

Contenido

Congresos	2
Agradecimientos	3
Tabla de figuras	8
Resumen	9
1	11
Capítulo 1: Introducción	12
2	15
Capítulo 2: Estado del Arte	16
2.1 Ojo Dobelle u ojo biónico.....	17
2.2 Retina artificial.....	18
2.3 Gafas con sistema GPS	19
2.3 Prototipos desarrollados en México.....	21
2.4 Smart Glasses.....	22
Capítulo 3: Discapacidad Visual	25
3.1 Que es Discapacidad	25
3.2 Discapacidad Visual	26
3.3 Definiciones.....	29
3.4 Grados de deficiencia visual.....	30
3.5 Etiología	32
Capítulo 4: Sensores	36
Un sensor es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.....	36
4.1 Sensor ultrasónico HC- SR04.....	37
4.1.1 Características	39
4.1.2 Ángulo efectivo	40
4.2 Sensor Infrarrojo Sharp GP2Y0A21YK0F.....	42

4.2.1 Características	43
4.2.2 Ángulo efectivo	44
4.2.3 Salida Analógica	45
4.2.4 Señal pulsada	46
5	48
Capítulo 5. Sistema de Control	49
5.1 Características básicas de Arduino	49
5.1.1 Hardware	49
5.1.2 Software	50
5.2 Circuito del prototipo	51
5.3 Modulo de conexión Bluetooth	53
5.3.1 Diagrama de Flujo.....	54
5.4 Sistema de control del Prototipo	55
5.4.1 Diagrama de Flujo del Sistema de Control	56
5.5 Diseño del prototipo	58
Conclusiones y Trabajos futuros.....	61
6.1 Costos	61
6.2 Trabajos Futuros.....	62
6.3 Conclusiones	63
Anexos	65
Anexo 1. Arduino	65
Summary	66
Schematic & Reference Design	66
Power	67
Memory	68
Input and Output.....	68
Anexo 2. Sensor Ultrasonico.....	70

Anexo 3. Sensor Sharp.....	71
Anexo 4. Programa en Arduino del Prototipo	72
Bibliografía.....	76

Tabla de figuras

Figura 1 En el gráfico se muestra la población con deficiencias visuales comparado con la población total mundial.	13
Figura 2 Ojo Dobbelle.	18
Figura 3 Retina Artificial.	19
Figura 4 Gafas con sistema GPS.	20
Figura 5 Cinturon con camara kinect.	21
Figura 6 Visual White Cane.	22
Figura 7 Edades en las que se encuentra el mayor numero de personas con discapacidad en México.	27
Figura 8 Porcentaje de la población con discapacidad según dificultad en la actividad.	28
<i>Figura 9</i> Sensor ultrasónico HC-SR04.	37
Figura 10 Funcionamiento básico de un sensor ultrasónico.	38
Figura 11 Diagrama de tiempo.	39
Figura 12 Tabla de relacion Distancia/Ángulo.	41
Figura 13. En el grafico se puede notar la comparacion del tiempo en los angulos de -15°, 0° y 15°.	42
Figura 14 Sensor Sharp GP2Y0A21YK0F.	43
Figura 15 Grafico de voltaje.	44
Figura 16 Angulo del Sensor infrarrojo Sharp GP2Y0A21YK0F.	45
Figura 17 Tabla de Mediciones Sensor Sharp.	46
Figura 18 Arduino 1.	49
Figura 19 Opto acoplador 4n25.	51
Figura 20 Circuito impreso.	52
Figura 21 Circuito vista 3D.	52
Figura 22 Modulo Bluetooth HC-06.	53
Figura 23 Pantalla principal de la Aplicación.	55
Figura 24 Diagrama de flujo del Sistema de Control.	56
Figura 25 Diagrama de flujo del Sistema de Control.	57
Figura 26 Parte Frontal. Diseño 3D.	58
Figura 27 Brazos del prototipo. Diseño 3D.	59
Figura 28 Tabla de costos.	61
Figura 29 Propuesta para los sensores ultrasonicos.	62

Resumen

En esta tesis se desarrolla un prototipo para personas con debilidad visual parcial o total, basado en un sistema de múltiples sensores como de infrarrojo, ultrasonido etc. En conjunto es posible obtener información acerca de la distancia a la que se encuentran los objetos e incluso con un sistema de procesamiento más sofisticado, se puede llegar a reconstruir el entorno que rodea o esta próximo al usuario.

El sistema de sensores se encontrara en un prototipo de lentes y para este fin se analizaron sensores que no sean muy robustos, pero principalmente que sean comerciales a fin de que el prototipo sea accesible para usuarios con un presupuesto medio – bajo.

Para el desarrollo del proyecto se realizó una investigación de dispositivos que ayudan al no vidente mediante sensores de distintas tecnologías. Los ya existentes que se encontraron, tienen un alto costo y en otros casos algunos son dispositivos de prueba y no se les ha encontrado en el mercado.

También se expone acerca de la discapacidad para comprender su significado y la discapacidad visual en nuestro país, la cual es la segunda más afectada. Se analizaron las principales causas o enfermedades que ocasionan la pérdida del sentido de la vista.

Se diseñó el diagrama del sistema, y el uso del microcontrolador que se seleccionó. Además se mencionara el módulo de comunicaciones Bluetooth que fue usado mediante un App con celulares Android. Así mismo se diseñó un prototipo de gafas tomando medidas estándares para no afectar la adaptación al mismo, para poder integrar los

sensores con satisfacción. Se hizo un análisis de costos para saber que tan aceptable puede ser para las personas ciegas mediante el precio final del prototipo de lentes.

Finalmente se concluye el proyecto mediante los trabajos futuros y las propuestas que se hicieron en base a las pruebas a las que los sensores fueron sometidos.

1

Introducción

Capítulo 1: Introducción

El avance tecnológico en nuestros tiempos, camina a pasos agigantados y se ha posicionado en muchos sectores de nuestra sociedad.

Si esta tecnología ha revolucionado para satisfacer necesidades y gustos del ser humano “común”, porque no ponerla a disposición de un sector específico de la sociedad que prescinde de algún sentido o parte física de su cuerpo. En este caso a la sociedad con discapacidad visual. Por desgracia, es poca la tecnología que existe en ayuda a ello, sin contar los elevados costos de la misma y lo que es peor que sea casi nula en nuestro país.

Este trabajo de tesis es parte de un proyecto mayor en el cual se pretende construir un prototipo para apoyar a las personas con discapacidad visual. Debe ser un prototipo que sea competitivo en el mercado y se pueda producir económicamente en México. Y comparado con otros dispositivos que actualmente se encuentran en el mercado, el prototipo de lentes sea accesible para usuarios con un presupuesto medio-bajo.

De acuerdo a la organización Mundial de la salud (OMS), se estima que a nivel mundial 285 millones de personas tienen deficiencias visuales, de las cuales 39 millones tienen ceguera y 246 millones son débiles visuales. Las personas que presentan discapacidad visual requieren utilizar sus otros sentidos (auditivo, táctil, olfativo y gustativo), estos juegan un papel fundamental para que los invidentes logren interactuar con su entorno.

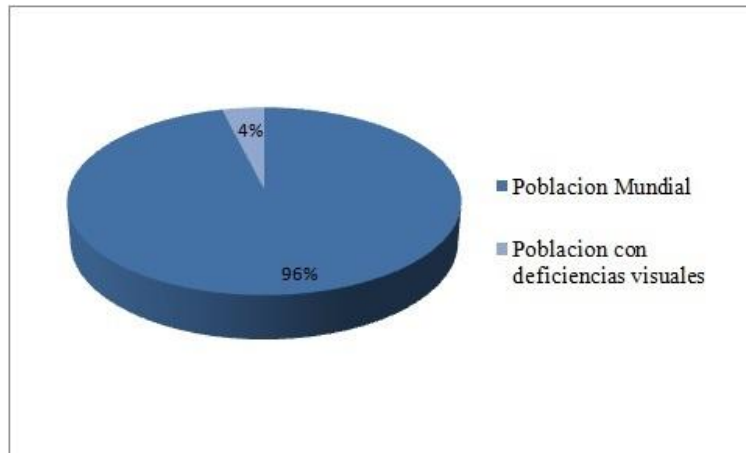


Figura 1 En el gráfico se muestra la población con deficiencias visuales comparado con la población total mundial.

En el desarrollo de dispositivos de apoyo a personas ciegas y débiles visuales la visión artificial juega un papel importante para substituir la visión humana. Entre las tareas para las cuales se ha usado la visión artificial para apoyo a personas invidentes con resultados prometedores se incluye: movilidad, orientación, reconocimiento de objetos e interacción social.

En los capítulos que componen este reporte se irá explicando los elementos que integran el prototipo de lentes.

En el capítulo 2 se dan a conocer algunos de los dispositivos en los que actualmente se está trabajando en todo el mundo. Revisando las propuestas de otros autores y el costo que tienen una vez que empiezan a comercializarlo.

En el capítulo 3 se revisan diferentes definiciones de lo que es la "Discapacidad". También la discapacidad visual en nuestro país, así como las principales causas y enfermedades que conllevan a la ceguera.

En el capítulo 4 se presenta un estudio de los sensores que se usaron para la creación del prototipo. Un estudio profundo de los sensores y las prácticas a las que fueron sometidos. Finalmente algunas de las propuestas que no se encontraron en la bibliografía de los autores.

En el capítulo 5 se describe el microcontrolador que usamos para la programación del prototipo. Los materiales usados para la construcción de la placa del circuito. Por último el sistema de control y una descripción de este.

Finalmente en el capítulo 8 se obtendrán las conclusiones del proyecto. Los trabajos futuros y las modificaciones que pretendemos realizar para mejorar el prototipo y una tabla de los costos totales del proyecto.

2

Estado del Arte

Capítulo 2: Estado del Arte

A partir de los años 70's se ha extendido el uso de visión artificial para apoyar a las personas invidentes con prototipos basados en computadoras portátiles. Más recientemente la integración de cámaras digitales en los teléfonos inteligentes ha dado inicio a una nueva generación de dispositivos que permiten a las personas invidentes realizar tareas cotidianas como: detectar obstáculos al caminar, reconocer objetos genéricos en supermercados, orientarse en interiores o exteriores, e interactuar socialmente.

El primer y único ETA comercial encontrado en la literatura que usa una cámara como sensor y algoritmos de visión artificial es el sistema vOICe [5]. Este sistema implementa una forma de sustitución sensorial en la cual una imagen es transformada en sonido y posteriormente transmitida al usuario por auriculares. Una de las razones por las que el uso de cámaras no ha proliferado en los ETAs comerciales es debido a que los algoritmos de visión requieren gran procesamiento computacional por encima de las capacidades de los microcontroladores utilizados y se requieren computadoras de mayor tamaño y costo.

La mayoría de los prototipos usan visión estéreo (uso de dos cámaras) para generar mapas de disparidad a partir de los cuales se identifican los obstáculos y su distancia. Por ejemplo: el Virtual Acoustic Space desarrollado en el Instituto de Astrofísica de Canarias, ENVIS (Electron-Neural Vision System) de la Universidad de Wollongong de Australia [6], el TVS (Tactile Vision System) por la Universidad de Arizona [7], el Tyflos de la Universidad de Wright State [8], y el IG (Intelligent Glasses) desarrollado en la Universidad de Paris VI [9].

El problema con la visión estéreo es que requiere de dos cámaras y un algoritmo de disparidad computacionalmente intensivo. Este problema ha sido aliviado en los últimos años con la introducción en el mercado de cámaras de profundidad de bajo costo, como es el Kinect de Microsoft. La ventaja de este tipo de cámaras es que proporcionan directamente el mapa de profundidad reduciendo los cálculos en la unidad central de procesamiento, además de tener un costo bajo. La desventaja es que solamente funcionan en interiores debido a que su modo de operación está basado en un proyector y sensor infrarrojo en el cual la luz solar causa interferencia.

2.1 Ojo Dobbelle u ojo biónico

Actualmente una decena de laboratorios de del Primer Mundo están desarrollando dispositivos de visión para ciegos. Para eso utilizan microchips que se implantan en el sistema visual. Ya realizaron las primeras pruebas en voluntarios. Williams H. Dobbelle es un científico estadounidense que desde hace treinta años trabaja en proyectos de visión artificial para ciegos. Creó un dispositivo que se implanta en el interior del cráneo y que combinado con una diminuta cámara de video que se monta sobre unos anteojos les permite a las personas no videntes lograr una rudimentaria visión. A través de los nervios ópticos, nuestros ojos están conectados al cortex visual situado en la parte posterior del cerebro. Si se decodificara la forma en la que las retinas de los ojos codifican la información y como la interpreta después el cerebro, se podría conectar un cable por detrás de la cabeza de una persona para recrear en el cerebro una realidad alternativa.

El científico Williams H. Dobbelle lo vende como “El ojo de Dobbelle” aunque podría llamárselo ojo biónico y ya se lo pudo implantar, con relativo éxito, a ocho personas. Muy pocos hicieron, hasta ahora,

pruebas concretas en seres humanos. Por eso mismo todos los científicos que trabajan en este campo tratan de ser muy cautos y no generar exageradas expectativas. Advierten que todavía están en una etapa muy primitiva y que a lo sumo podrían lograr que un ciego logre cierta movilidad en un espacio reducido.



Figura 2 Ojo Dobbelle.

2.2 Retina artificial

Un equipo de científicos japoneses ha desarrollado un sistema de visión artificial que permite hacer llegar señales visuales al cerebro. Consiste en unas gafas de sol que llevan incorporadas unas cámaras de filmación de imágenes y en unos electrodos que se implantan en el ojo con una cirugía un poco invasiva. Cada electrodo tiene una resolución similar a la de un pixel de imagen digital y los científicos esperan llegar a implantar hasta 100 electrodos en unos años lo que supondría, que un invidente podría distinguir con nitidez a 30 centímetros de distancia.

El fabricante de productos oftalmológicos de Japón, el profesor Yasuo Tano, de la Universidad de Osaka y el profesor Jun Ota del Instituto

Nara de Ciencia y Tecnología trabajaron conjuntamente en el desarrollo de este sistema, que está compuesto por unas gafas de sol que llevan incorporadas unas cámaras que filman las imágenes de aquello que se encuentre delante del sujeto y un dispositivo electrónico que convierte estas imágenes en señales digitales.

Además, el sistema incluye el implante en el ojo de un juego de electrodos de cuatro milímetros cuadrados que estimulan el nervio óptico. Una vez que las señales alcanzan el cerebro, el paciente puede ver de nuevo.

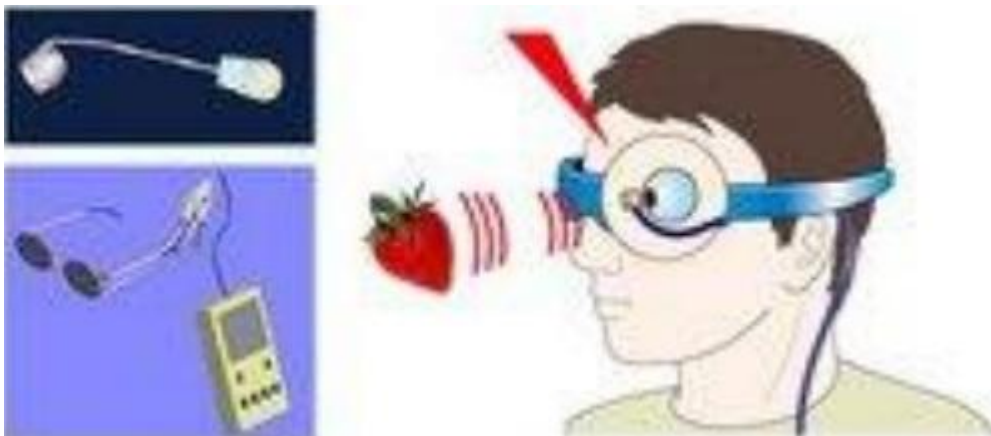


Figura 3 Retina Artificial.

2.3 Gafas con sistema GPS

Investigadores de la Universidad Politécnica de Valencia han desarrollado dos prototipos que emplean la visión artificial, el sonido y tecnología GPS para que las personas ciegas reciban información sobre su entorno y puedan ubicar los obstáculos con los que pueden chocar. Uno de estos dos prototipos consiste en unas gafas que emiten un rayo laser con el que se pueden localizar objetos mediante sonidos a

unos cinco metros de distancia. El otro prototipo alcanza los 15 metros empleando un sistema de estereovisión con dos cámaras integradas en un casco.

Estos avances son el resultado de tres años de trabajo y se estima que dentro de unos cuatro años podrá comercializarse este invento, cuyas pruebas han sido satisfactorias hasta ahora. Las personas invidentes emplean sistemas como los tradicionales bastones o perros guía, métodos que son efectivos ya que estos discapacitados pueden valerse razonablemente bien por si mismos pero está claro que toda ayuda es bienvenida en este caso, así que cuanto antes llegue este invento mejor.

Guillermo Peris ha señalado que el proyecto CASLiP “nació con el objetivo de diseñar una herramienta tecnológica que permita a las personas invidentes la integración en la vida social mejorando su calidad de vida y aportándoles herramientas adicionales a las que ya poseen, como son los bastones y perros”.



Figura 4 Gafas con sistema GPS.

2.3 Prototipos desarrollados en México

Algunos desarrollos tecnológicos en México, a partir del año 2012 en el Instituto Politécnico Nacional, se ha estado trabajando con diversos dispositivos para apoyar a personas invidentes. Uno de ellos consiste en un cinturón con 3 motores vibratorios y una cámara Kinect, usada para obtener un mapa de profundidad a partir del cual se detectan los obstáculos. El sistema de visión está controlado por una computadora embebida PandaBoard.

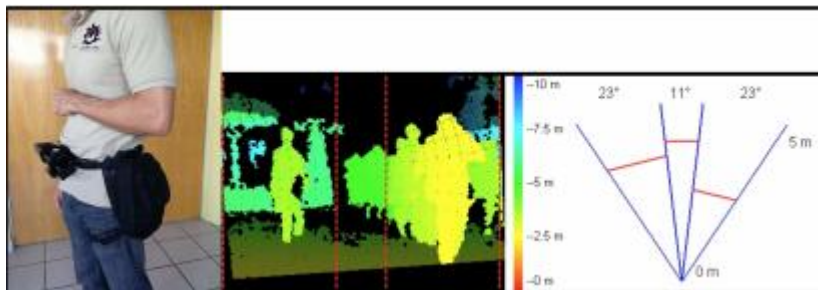


Figura 5 Cinturon con camara kinect.

Otro proyecto de movilidad en el que se trabajo en el IPN en Junio de 2013 es el Visual White Cane, el cual simula un bastón por medio de la combinación de un teléfono y se calcula la distancia de los objetos por triangulación activa. Dicha información es proporcionada al usuario por medio de vibraciones del mismo teléfono, en donde la intensidad de la vibración es proporcional a la cercanía de los obstáculos.



Figura 6 Visual White Cane.

2.4 Smart Glasses

En la Universidad de Oxford desde el año 2011 un grupo de investigadores dirigidos por el Dr. Stephen Hicks han desarrollado un prototipo al que llaman Smart Glasses. El cual son unas gafas que usan cámaras y software para detectar objetos cercanos y presentarlos de forma simple e intuitiva en el campo de visión de la persona que las lleva. Con el dispositivo se busca revolucionar la independencia y la calidad de vida de la que gozan las personas ciegas.

Las gafas usan un tipo especial de cámara que detecta el entorno en tres dimensiones. Se utiliza una escala de grises en la que los objetos más cercanos son claros y los más lejanos aparecen oscuros de esta manera, personas con muy poca visión pueden adivinar el tamaño y la forma de objetos cercanos y usar esa información para sortearlos si son obstáculos, atravesarlos si es una puerta, o decir hola si es una persona. Aunque están experimentando también con ofrecer imágenes en color, se centran en desarrollarlas en blanco y negro teniendo en cuenta que la mayoría de las personas ciegas tiene problemas percibiendo el color.

Los expertos estiman que el 90% de los ciegos tiene un cierto nivel de visión residual, por lo que Hicks y su equipo creen que sus gafas podrían ser usadas por casi todas las personas ciegas.

En la Universidad de Oxford desde el año 2011 un grupo de investigadores dirigidos por el Dr. Stephen Hicks han desarrollado un prototipo al que llaman Smart Glasses. El cual son unas gafas que usan cámaras y software para detectar objetos cercanos y presentarlos de forma simple e intuitiva en el campo de visión de la persona que las lleva. Con el dispositivo se busca revolucionar la independencia y la calidad de vida de la que gozan las personas ciegas.

En México científicos del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) Unidad Guadalajara realizan un dispositivo para ayudar a las personas con debilidad visual o ceguera a desplazarse con mayor facilidad. Este proyecto, desarrollado en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Ciencias de la Computación, inició de manera formal en 2009, y a menos de cinco años creó un prototipo a punto de transferirse a la empresa jalisciense de tecnología Qualtop, dirigidos por el Dr. Eduardo José Bayro Corrochano.

El dispositivo de navegación consta de una gafa con cámaras estero-sensores de sonido, tecnología de geoposicionamiento GPS y una *tablet*, que ayuda a la persona con ceguera a guiarse en su dirección a un punto específico y a evitar chocar contra obstáculos estáticos o en movimiento, además de reconocer billetes de diferentes denominaciones o color de ropa.

3

Discapacidad Visual

Capítulo 3: Discapacidad Visual

El estudio de las distintas discapacidades, no solo ha llevado a la medicina a identificar estos problemas, sino que los ha llevado a crear distintos dispositivos de terapias y de educación satisfactoria para no hacer tan difícil el convivir con su discapacidad. Esto ha logrado en las personas con capacidades diferentes ha poderse mover con los elementos que la sociedad le proporciona o con los que cuenta la comunidad donde se desarrollan.

Algunas veces a una persona “normal” se le dificulta el desplazarse por algunas partes, y es lógico pensar que para una persona con capacidades diferentes le va a costar más el evitar estos obstáculos. Para ello, se han normalizado una serie de elementos en ayuda a ellos y así tampoco depender de la ayuda de la sociedad en general.

3.1 Que es Discapacidad

De acuerdo con la clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud, las personas con discapacidad “son aquellas que tienen una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales y que al interactuar con distintos ambientes del entorno social pueden impedir su participación plena y efectiva en igualdad de condiciones a las demás”.

Discapacidad es la cualidad de discapacitado. Dicho de una persona, se refiere a aquella que tiene impedida o entorpecida alguna de las actividades cotidianas consideradas normales, debido a la alteración de sus funciones intelectuales o físicas.

La Organización Mundial de la Salud ofrece la siguiente definición:

Discapacidad: Es cualquier restricción o impedimento de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para el ser humano. La discapacidad se caracteriza por excesos o insuficiencias en el desempeño de una actividad rutinaria normal, los cuales pueden ser temporales o permanentes, reversibles o surgir como consecuencia directa de la deficiencia o como una respuesta del propio individuo, sobre todo la psicológica, a deficiencias físicas, sensoriales o de otro tipo.

Lo que uno ve como discapacidad (o personas con discapacidad) dentro de su vida diaria, son gente con sillas de ruedas, gente con bastones largos (bastón blanco), niños con síndrome de Down, e incluso ancianos con bastones normales que les ayudan a apoyarse. Pero claro, nadie sabe que padecimiento en particular sufren. Se puede generalizar el término discapacidad para todos estos casos, mas no se puede generalizar que todas estas personas están incapacitados para realizar otras labores, o que no todos tienen que resolver los mismos problemas.

Al generalizar sus padecimientos, se cree que todos son incapaces de realizar algunas acciones, mas al particularizar se encuentra que no todos sufren por lo mismo, o que pueden resolver situaciones que otros.

3.2 Discapacidad Visual

Después de revisar la definición de discapacidad, se puede decir que muchos de ellos son vistos en nuestra sociedad, desde que se tiene memoria, y que el convivir con estas personas, incluso el ayudarlos, es ya natural.

En México de acuerdo a resultados del INEGI en el año 2013 el 6.6% de la población mexicana reporto tener una discapacidad. En la siguiente tabla de porcentajes se puede notar las edades en las que más se da la discapacidad en México.

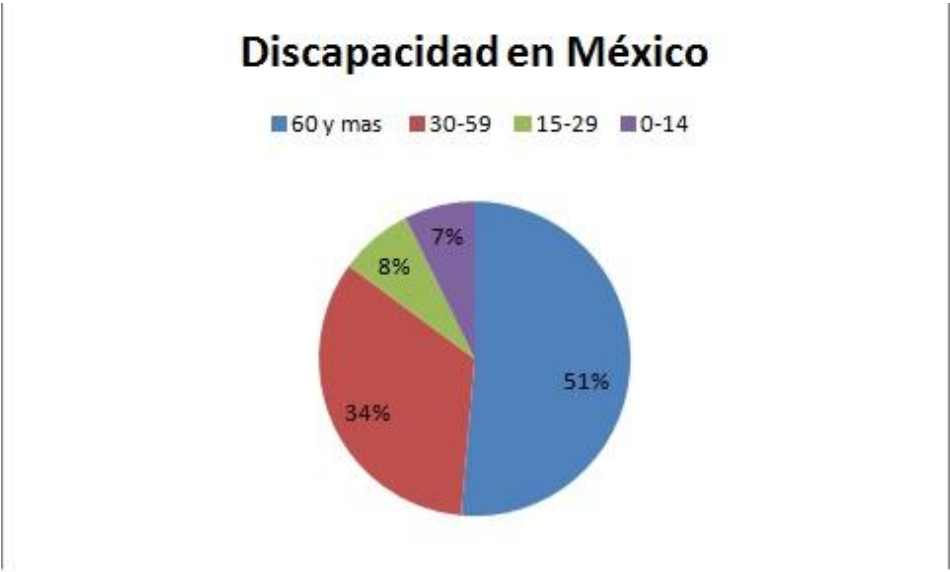


Figura 7 Edades en las que se encuentra el mayor numero de personas con discapacidad en México.

La siguiente tabla hace referencia a los porcentajes con discapacidad dentro de nuestro país, uno se da cuenta de por qué es común verlos en muchas partes.



Figura 8 Porcentaje de la población con discapacidad según dificultad en la actividad.

Como se puede ver, la discapacidad física es la que más afecta a la población en México. Pero también se observa que la discapacidad que ocupa el segundo lugar en esta grafica es la falta de visión.

Claro, La ceguera es el padecimiento más grave dentro de la discapacidad visual ya que se pierde totalmente todo contacto con la gente y los objetos a nuestro alrededor por medio de la vista. Aunque la ceguera puede ser repentina por algún golpe recibido, alguna quemadura, o algo demasiado drástico y peligroso para nuestros ojos, también existen diferentes padecimientos que pueden guiar a ella, como en la actualidad la diabetes.

De acuerdo a la **Organización Mundial de la Salud** la discapacidad visual es "cualquier restricción o carencia (resultado de una deficiencia) de la capacidad de realizar una actividad en la misma forma o grado que se considera normal para un ser humano. Se refiere a actividades

complejas e integradas que se esperan de las personas o del cuerpo en conjunto, como pueden ser las representadas por tareas, aptitudes y conductas".

Existen diferentes grados de pérdida de visión, que abarcan desde las deficiencias visuales (pérdida parcial) a la ceguera (pérdida total de visión).

La ceguera es el padecimiento más grave dentro de la discapacidad visual, ya que se pierde totalmente todo contacto con la gente y los objetos a nuestro alrededor por medio de la vista. La ceguera puede ser repentina por algún golpe recibido, alguna quemadura, o algo demasiado drástico y peligroso para nuestros ojos, existen diferentes padecimientos que pueden guiar a ella, como en la actualidad la diabetes.

Una de las más preocupantes en la actualidad y que está atacando a la sociedad en México, se le llama retinopatía diabética, también dicha como enfermedad de los ojos causada por diabetes, y es la causa más frecuente de nuevos casos de ceguera entre adultos de 20 a 74 años de edad con ampos tipos de diabetes.

3.3 Definiciones

El concepto de deficiencia visual hace referencia tanto a la ceguera propiamente dicha como a otras afecciones de la vista que no llegan a ella, La ceguera es la pérdida de la percepción visual medida a través del campo y de la agudeza visual, con el mejor ojo no se sobrepasa el 1/10 de agudeza visual o no se conserva en ninguno de los dos el 1/20 de la visión normal. La ambliopía es la deficiencia visual de aquellas

personas que mantienen un resto visual por debajo de los criterios anteriores.

Dentro de la ambliopía hay que diferenciar las personas que han adquirido la deficiencia tardíamente (cuentan con experiencia sensorial) de aquellas que son ambliopes de nacimiento.

Definición de ceguera según la OMS (Organización Mundial de la Salud)

La OMS establece 5 categorías que van desde la ceguera total (ausencia de percepción lumínica) hasta la posesión de un resto visual superior a 0'3. La definición de la ceguera varía de un país a otro, no hay acuerdo universal. En España la O.N.C.E. considera ciega a una persona cuando no posee un resto visual superior a 0'1, o sobre pasándolo tiene una reducción del campo visual por debajo de 35 grados (normal 180 grados).

El funcionamiento de la vista depende de la agudeza visual, la amplitud de campo visual, la capacidad de adaptación al campo y del uso de la vista. La alteración producida por alguna causa puede afectar en alguno de los apartados anteriores.

3.4 Grados de deficiencia visual

En función del grado de deficiencia visual existen:

- **Personas con ceguera total:** Ausencia total de visión o percepción mínima de la luz que impide su uso funcional (pueden ser capaces de distinguir entre luz y oscuridad, pero no la forma de los objetos).

- **Personas con baja visión o deficientes visuales:** Aquellos que ven lo suficiente como para hacer uso funcional de su visión pero su agudeza visual es inferior a 1/3 o su campo visual es inferior a 20°. Sujeto que tiene dificultad para realizar tareas visuales, incluso con lentes de corrección prescritas, pero que puede mejorar su habilidad para realizar tales tareas con ayuda de estrategias visuales compensatorias, dispositivos de deficiencia visual y de otra índole, así como con las necesarias modificaciones ambientales.

Las patologías visuales pueden provocar alteraciones en la agudeza visual, en el campo visual o en ambos.

Estos son los grados de deficiencia visual y definiciones que se proponen:

- **Ciego.** Personas que tienen solo percepción de luz sin proyección, o aquellos que carecen totalmente de visión (Faye, 1970). Desde el punto de vista educacional la persona ciega es la que aprende mediante el sistema Braille y no puede utilizar su visión para adquirir, ningún conocimiento, aunque la percepción de luz pueda ayudarle para sus movimientos y orientación.
- **Baja Visión.** Personas limitadas en su visión de distancia, que pueden ver objetos a pocos centímetros. La mayoría de estas personas podrán utilizar su visión para muchas actividades, algunos pocos para leer y otros deberán complementar su aprendizaje visual con el táctil, Bajo ningún concepto se les debe llamar “ciegos”.
- **Limitado visual.** El término se refiere a las personas que de alguna manera están limitados en el uso de su visión. Pueden tener dificultad para ver materiales comunes para el aprendizaje

sin contar con una iluminación especial o pueden no ver objetos a cierta distancia a menos que estén en movimiento. Puede ser también que deban usar lentes o lupas especiales para poder utilizar la visión que poseen.

- **Agudeza visual.** “Agudeza” se refiere a la medida clínica de la habilidad para discriminar claramente detalles finos en objetos o símbolos a una distancia determinada.
- **Impedimento visual.** La palabra denota cualquier desviación clínica en la estructura o funcionamiento de los tejidos o partes del ojo. El impedimento puede ser en la parte central del ojo, la lente o el área que rodea a la mácula, en cuyo caso la persona podrá tener una muy buena visión periférica, pero tendrá dificultad para detalles finos.
- **Percepción visual.** Habilidad para interpretar lo que se ve; es decir, la habilidad para comprender y procesar toda la información recibida a través del sentido de la vista. La información que llega al ojo debe ser recibida en el cerebro, codificada y asociada con otras informaciones. Aun en casos de impedimentos o cuando la agudeza es pobre, el cerebro recibe impresiones visuales y puede interpretar las con relativa exactitud. La percepción visual es un proceso decisivo que se relaciona más con la capacidad de aprendizaje que con su condición visual.

3.5 Etiología

Las causas de la deficiencia visual son diversas, en función del proceso que se vea implicado y del origen de la lesión.

- **Lesiones en los ojos.** Puede causar lesiones a los ojos mientras juega o en el trabajo o debido a accidentes en deterioro

y pérdida de visión. Particularmente lesiones en la córnea son la causa más frecuente de pérdida de la visión.

- **Condiciones heredadas de deterioro de la visión y ceguera.** Retinosis pigmentaria es la causa más común de ceguera hereditaria.
- **Infecciones de los ojos.** A veces si la madre ha tenido una infección viral como sarampión alemán que se transmite de la madre al feto en desarrollo durante el embarazo el bebé puede nacer con ceguera o deficiencia visual. El tracoma de los ojos causada por microorganismos contagiosa llamada *Chlamydia trachomatis* puede también dañar la vista. Esto se ve en los países en desarrollo y subdesarrollados con instalaciones de agua y saneamiento deficientes.
- **Ambliopía.** Esto es básicamente de deterioro de la visión en un ojo debido a la falta de su uso en la primera infancia. Esto es visto en estrabismo o "ojo perezoso" desde el proyecto de ojos diferente y enviar distintos mensajes al cerebro el cerebro entonces puede desactivar o suprimir imágenes desde el ojo más débil. Esto detiene el desarrollo del ojo más débil a ambliopía en ese ojo.
- **Catarata.** Empaño la parte o el todo cristalino del ojo. Normalmente, el objetivo es claro que entre la luz que se enfoca en la retina. Cataratas impiden que pasa fácilmente a través de la lente de la luz, y esto provoca la pérdida de la visión. Esta condición generalmente afecta a los ancianos. Los síntomas incluyen nublado o visión borrosa, dificultad en ver en áreas de poca iluminación y luces brillantes, colores aparecen desapareció, diplopía. Catarata afecta a 20,50 millones americanos (1 en 6) de 40 años en adelante. Por 80 años de edad, más de la mitad de los estadounidenses tienen cataratas.

La catarata es la principal causa de ceguera en el mundo (47,8%) en comparación con otros trastornos de los ojos.

- **Retinopatía diabética.** La diabetes afecta a los pequeños vasos sanguíneos en la retina. Cuando dañado esto lleva a la pérdida de visión. Esta es la causa más frecuente de ceguera y deficiencia visual en los Estados Unidos. Un estimado 23,60 millones personas en los Estados Unidos tienen diabetes. De éstos, 5,70 millones son no diagnosticada. En la actualidad, 1 en 10 personas tiene diabetes. Entre el 40 y el 45% de todas las personas con diabetes tienen retinopatía diabética.
- **Glaucoma.** Resultados de esta condición debido a la elevada presión dentro de los ojos. El aumento de la presión deteriora la visión por daños en el nervio óptico. Esto puede verse en adultos mayores y también algunos bebés que nacen con la condición. Aproximadamente 2,30 millones estadounidenses (1,9%) mayores de 40 años, tiene glaucoma. Los afroamericanos (mayores de 40 años y más) son de 4 a 5 veces más probabilidades que cualquier otro grupo étnico tener glaucoma.

4

Sensores

Capítulo 4: Sensores

Un sensor es un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Los sensores que se analizaran son sensores que no sean muy robustos, pero principalmente comerciales a fin de que el sistema sea accesible para usuarios con un presupuesto medio-bajo.

Los sensores propuestos son Sensores Ultrasónicos y Sensores Infrarrojos. Este tipo de sensores normalmente se utiliza para medir la distancia a la que se encuentra un objeto. Sin embargo, con las prácticas a las que fueron sometidos dichos sensores, no solo se pueden utilizar para medir distancia, también con un algoritmo más sofisticado podemos encontrar la posición del objeto debido a los ángulos en los que los sensores pueden realizar sus mediciones.

A continuación se presenta un estudio de sensores en el que se realizaron mediciones y distintas pruebas a las que fueron sometidos los sensores para lograr saber el comportamiento de estos en diferentes entornos y las pruebas prácticas del desempeño para poder determinar su funcionamiento.

4.1 Sensor ultrasónico HC- SR04

El sensor ultrasónico HC-SR04 es uno de los sensores más utilizados dentro de la comunidad debido a su bajo costo e intervalo de detección ya que es bastante amplio. Va desde los 2 cm hasta 5 m a una resolución o precisión de 3 mm.



Figura 9 Sensor ultrasónico HC-SR04.

Este sensor envía pulsos a alta frecuencia en este caso ultrasónicos. Está compuesto por dos piezoeléctricos: un transmisor y receptor ambos en forma de cilindro. El transmisor se encarga de emitir la señal ultrasónica para luego ser rebotada a través de un objeto llegando al cilindro receptor. Debido a que la señal le tardará un tiempo en regresar desde que se emite, es obvio pensar que la velocidad con la cual llegará al receptor está íntimamente relacionada con la distancia de transmisión y rebote.

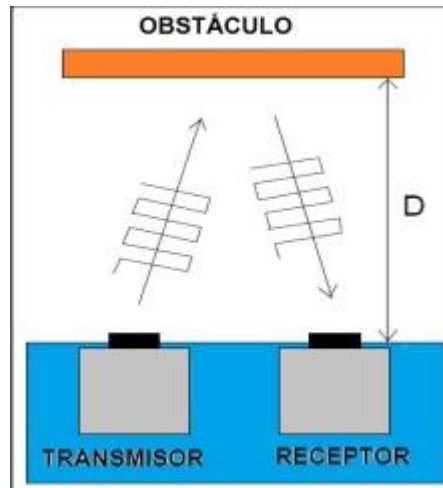


Figura 10 Funcionamiento básico de un sensor ultrasónico.

Al ser un sensor ultrasónico, éste trabaja en la banda de los 40 kHz casi el doble de la frecuencia de muestreo para una señal de audio. Esto quiere decir que para el ser humano es imposible percibir a través de los oídos esta señal ya que supera el ancho de banda del oído humano que es de hasta aproximadamente 20 kHz. Un sensor ultrasónico puede trabajar en áreas donde se tenga completa oscuridad ya que las luces no afectan o detienen su funcionamiento.

En este tipo de sensor al medir el tiempo entre la transmisión y recepción de la onda, la distancia al obstáculo puede ser obtenida con la siguiente ecuación:

$$d = 1/2 V \cdot t$$

Donde

V = es la velocidad del sonido en el aire

t = el tiempo entre la emisión y la recepción del pulso

4.1.1 Características

1. Este sensor tiene únicamente cuatro pines.

- VCC: Voltaje de alimentación
- TRIG: Pin de disparo
- ECHO: Pin de eco
- GND: Ground

2. Medición mínima: 2 cm

3. Medición máxima: 5 m

4. Ángulo efectivo <math>< 15^\circ</math>

En la datasheet del fabricante se presenta un diagrama de tiempo que es muy importante conocerlo y dominarlo. Funciona de la siguiente manera:

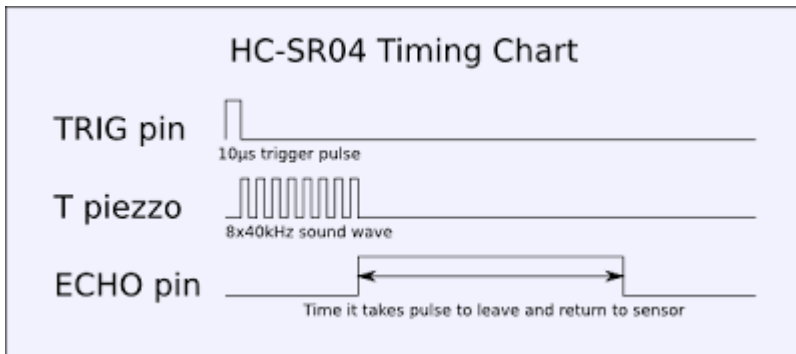


Figura 11 Diagrama de tiempo.

Se tienen tres canales: el canal del disparo, el canal donde se emite la señal desde el módulo y el canal del eco respectivamente.

Para que el módulo inicie su trabajo es necesario enviar un pulso TTL (típicamente 5 V) con una duración de 10 us. Una vez se haya enviado este pulso a través del pin TRIG entonces el módulo comenzará a trabajar internamente enviando varios pulsos ultrasónicos de 40 kHz aproximadamente. Una vez que el módulo haya enviado ocho pulsos, el

pin de eco enviará la distancia a la cual está el objeto en forma de pulsos con nivel TTL de amplitud más baja. Dependiendo del ancho del pulso que emita el receptor, se tendrá distintos valores de distancias. El ancho de pulso para el pin eco va desde aproximadamente 150 us a 25 ms. El caso especial ocurre a 38 ms que es cuando el sensor indica que no hay obstáculo. Y así es que funciona el sensor.

4.1.2 Ángulo efectivo

Este sensor presenta una gráfica similar a la de un patrón de radiación, con esta información se puede saber a qué ángulo desde una referencia inicial se pueden obtener mejores resultados en las lecturas. El patrón de radiación es una gráfica que presenta propiedades importantes en base a coordenadas espaciales, generalmente esféricas. La propiedad más relevante en este tipo de gráfica es la distribución de energía, es decir cuántos dB tenemos en función de un punto de referencia a lo largo de un radio que no cambia. Para este caso se comenta a qué distancia se puede detectar un objeto en función del ángulo.

El ángulo efectivo para este sensor es de 15 °, esto indica que el sensor podrá detectar objetos a un rango de 30 °, 15 ° hacia la derecha e izquierda del ángulo cero.

En la siguiente tabla de relación Distancia/Angulo se muestran ángulos del sensor en los que puede medir. Se tomo como punto fijo los 0° midiendo desde 10 cm hasta 1 m. El resultado que depende de la distancia como del ángulo sensado, se cuenta el tiempo que tardo en recibirse la señal desde que se envía un pulso digital al pin disparador Trig, hasta que se recibe el rebote de las ondas.

Ángulo	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	70cm	80cm	90cm	100cm
-22.5°	.690	1.300	1.900	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango
-15°	.600	1.105	1.720	2.350	3.000	3.700	4.350	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango
-10°	.475	1.115	1.620	2.500	2.800	3.480	4.300	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango
-5°	.460	1.016	1.585	2.141	2.768	3.430	3.900	4.500	Fuera de rango	Fuera de rango
0°	.450	.950	1.580	2.100	2.650	3.200	3.810	4.480	5.220	5.690
5°	.455	1.010	1.574	2.200	2.768	3.420	3.910	4.520	Fuera de rango	Fuera de rango
10°	.470	1.100	1.800	2.360	2.880	3.420	4.020	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango
15°	.508	1.172	1.770	2.305	2.800	3.800	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango
22.5°	.680	1.250	1.780	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango	Fuera de rango

Figura 12 Tabla de relacion Distancia/Ángulo.

La figura 9 fue una práctica que se realizó para saber el tiempo de respuesta en diferentes ángulos y con esto no solo saber cuánto se tardaría el sensor en detectar el objeto si no también es posible saber la posición, esta práctica realizada no se encontró en la documentación a la que nos hace referencia el autor, por lo que es una propuesta nueva. A simple vista se puede notar que mientras el objeto se encuentre en una posición de 0° el tiempo de respuesta será menor a que si se encontrara ligeramente desplazado en -15° o 15° y mientras más lejano

se encuentre el objeto a detectar solo será detectado mientras se encuentre en el rango de los 0°, como se puede observar en la siguiente figura (Figura 10).

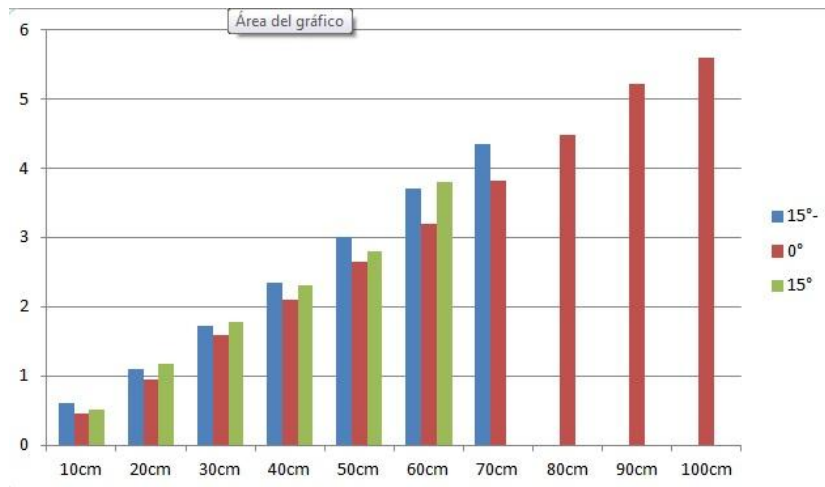


Figura 13. En el grafico se puede notar la comparacion del tiempo en los angulos de -15°, 0° y 15°.

4.2 Sensor Infrarrojo Sharp GP2Y0A21YK0F

El sensor infrarrojo es un dispositivo electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible.

El sensor infrarrojo GP2Y0A21YK0F es una unidad de sensor de medición de distancia compuesto por una combinación integrada de PSD (detector sensible a la posición), IRED (diodo emisor de infrarrojos) y el circuito de procesamiento de señales. Este dispositivo da salida a la tensión correspondiente a la distancia de detección. Así

que este sensor también se puede utilizar como un sensor de proximidad. La variedad de la reflectividad del objeto, la temperatura ambiental y la duración de funcionamiento no son influenciados fácilmente a la detección de distancia.

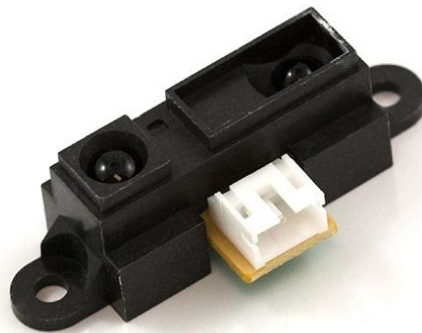


Figura 14 Sensor Sharp GP2Y0A21YK0F.

El sensor Sharp GP2Y0A21YK0F devuelve una tensión analógica que se puede utilizar para determinar que tan cerca está el objeto más cercano. La tensión de salida analógica oscilará entre 3V cuando un objeto está a sólo 10 cm de distancia y 0.4V cuando el objeto es de 80 cm de distancia.

4.2.1 Características

1. Distancia rango de medición: 10 a 80 cm
2. Tipo de salida analógica
3. Tamaño del paquete: 29.5 × 13 × 13,5 mm
4. consumo actual: Typ. 30 mA
5. Tensión de alimentación: 4,5 a 5,5 V

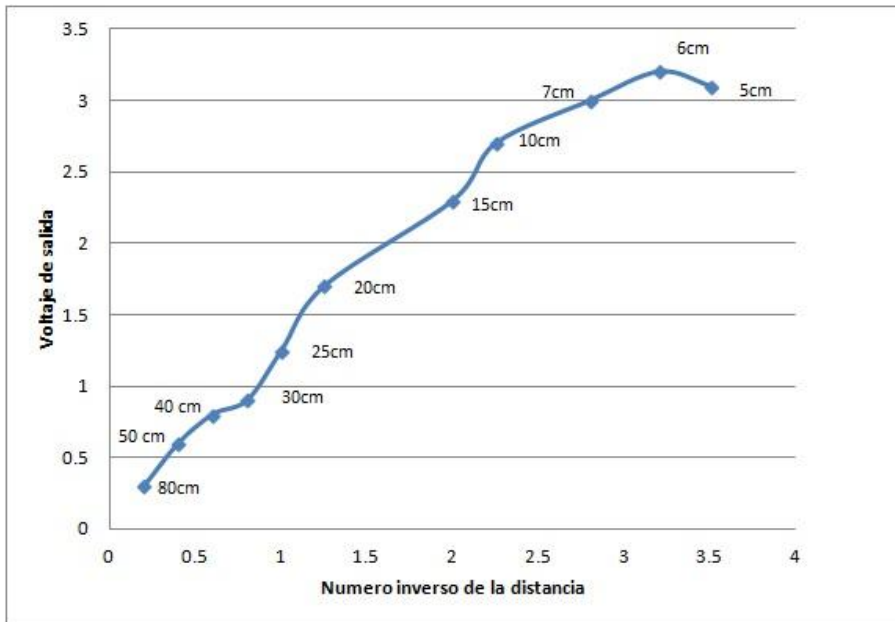


Figura 15 Grafico de voltaje.

4.2.2 Ángulo efectivo

El sensor Sharp GP2Y0A21YK0F se basa en la combinación de un LED infrarrojo y un lente concentrador que forma un rayo único, como emisor, y un fototransistor acoplado a otro lente, como receptor. Los rayos infrarrojos emitidos por el LED infrarrojo son reflejados por los objetos que se encuentran en línea vista frente al emisor, con un ángulo de reflexión agudo que va disminuyendo a medida que dichos objetos se alejan del sensor y finalmente son captados por el receptor.

En la Figura 9, se muestra el modelo de sensor infrarrojo y la trayectoria descrita por el rayo infrarrojo emitido en presencia de dos obstáculos en diferentes distancias.

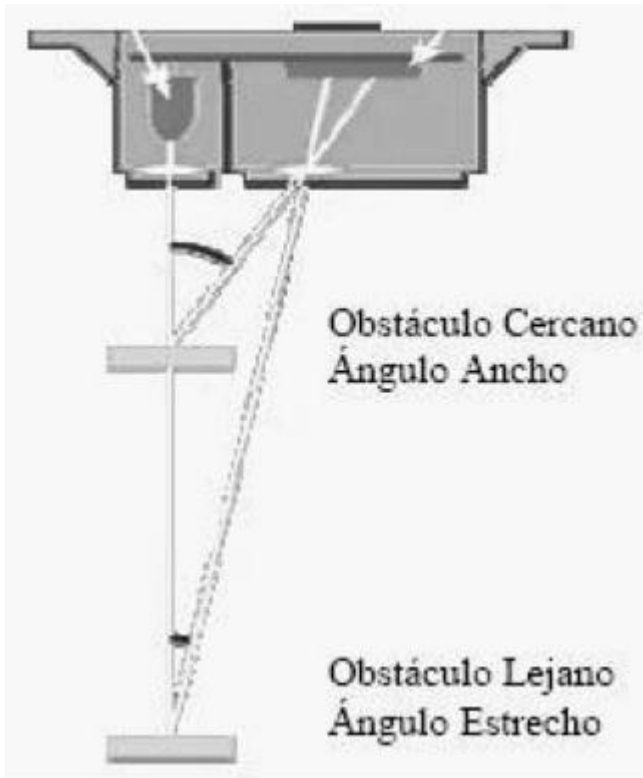


Figura 16 Angulo del Sensor infrarrojo Sharp GP2Y0A21YK0F.

Mientras el objeto se encuentre a menor distancia del sensor el ángulo será más ancho de 31.5° , mientras que si el objeto se encuentre a mayor distancia del objeto el ángulo será menor de 4° .

4.2.3 Salida Analógica

Debido a que la salida es analógica se realizaron pruebas de medición para poder determinar la salida. En la siguiente tabla se muestra la medición en centímetros, el número de la salida analógica y la variación tanto menor como mayor que se noto en las pruebas.

Centímetros	Salida Analógica	Variación	
		Menor	Mayor
10	435	-3	+3
15	327	-3	+3
20	249	-1	+5
25	189	-2	+5
30	170	-3	+3
35	150	-4	+4
40	130	-1	+3
45	114	-4	+4
50	102	-4	+4
55	94	-5	+2
60	89	-4	+1
65	85	-1	+1
70	79	-2	+2
75	69	-2	+2
80	65	-4	+4

Figura 17 Tabla de Mediciones Sensor Sharp.

4.2.4 Señal pulsada

Los rayos infrarrojos emitidos por el LED infrarrojo del sensor Sharp son continuos como se pudo notar en la Figura 9, es por esto que se propuso que la señal fuera pulsada en una frecuencia de 1Khz, por lo que ahora el LED infrarrojo del sensor emite 1000 ciclos en un segundo.

La modulación por ancho de pulsos también conocida como PWM, es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal

periódica, ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación con el periodo. Expresado matemáticamente:

$$D = \frac{t}{T}$$

D es el ciclo de trabajo.

t es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso).

T es el tiempo de la función.

Se pudo comprobar con un osciloscopio que la señal del sensor Sharp fuera periódica en una frecuencia de un 1khz. En el ancho de pulso es posible detectar al objeto. Una vez que se concluyó esta prueba y que los resultados fueron satisfactorios se pudo dar a conocer otra propuesta para el sensor Sharp, no es necesario que la señal sea continua todo el tiempo y es por eso que ahora es pulsada.

5

Sistema de Control

Capítulo 5. Sistema de Control

Una vez montados los sensores en el prototipo es necesario crear un sistema de control que utilice estas señales para tomar “decisiones”. En este capítulo se describirá el sistema de control basado en un Arduino que toma las señales provenientes de los sensores descritos en el capítulo anterior para procesarlas, tomar decisiones de control y emitir órdenes al sistema de audio para dar así una señal de aviso al usuario.

5.1 Características básicas de Arduino

En este apartado describiré los principales elementos que componen una placa Arduino y el entorno de desarrollo en el que se programa el código, es decir la parte de hardware y software que actúan sobre Arduino.



Figura 18 Arduino 1.

5.1.1 Hardware

Al ser Arduino una plataforma de hardware libre tanto su diseño como su distribución puede utilizarse libremente para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto sin haber adquirido ninguna licencia. Es

importante mencionar que debido a su costo la placa Arduino es muy accesible. En la placa es donde se conectarán los sensores y actuadores y otros elementos necesarios para comunicarnos con el prototipo.

La placa tiene un tamaño de 75x53. Su unidad de procesamiento consiste en un microcontrolador ATmega328. Puede ser alimentada mediante USB o alimentación externa y contiene pines tanto analógicos como digitales.

5.1.2 Software

La plataforma Arduino tiene un lenguaje propio que está basado en C/C++ y por ello soporta las funciones estándar C y algunas de C++. Sin embargo es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones populares en Arduino como Java, Processing, Python, Mathematica, Matlab, Perl, Visual Basic etc. Esto es posible debido a que Arduino se comunica mediante la transmisión de datos en formato serie que es algo que la mayoría de los lenguajes anteriormente citados soportan.

El entorno de desarrollo de Arduino es sencillo e intuitivo además puede descargarse gratuitamente desde su página oficial para distintos sistemas operativos. Está formado por una serie de menús, una barra de herramientas con botones para las funciones comunes, un editor de texto donde escribiremos el código, un área de mensajes y una consola de texto.

Es importante mencionar que el sistema de control del prototipo está hecho para que no solo sea la placa Arduino el único microprocesador o dispositivos con el que puede funcionar. Realizando pequeños cambios

en cuanto a la programación es posible usarlo con otro tipo de dispositivos como FPGA, PIC etc.

5.2 Circuito del prototipo

Es importante mencionar que en la placa Arduino los pines de Entrada/Salida de los puertos solo pueden recibir un rango de voltaje que esta dado entre los 0 y los 5 volts. Cualquier voltaje mayor a este puede dañar el puerto de la tarjeta por lo que se utilizaron buffers en las entradas y salidas como medida de seguridad. Un buffer es un circuito electrónico que proporciona conversión de niveles lógicos utilizando un solo voltaje de referencia.

Se adquirieron opto acopladores 4N25, que son circuitos integrados que contienen un diodo emisor de luz acoplado ópticamente a un fototransistor, se envasa en un paquete DIP de 6 pines (figura). Utiliza un solo voltaje de referencia (VDD). Las señales de entrada en nivel alto (V_{IH}) puede exceder el voltaje de referencia VDD cuando se está utilizando como convertidor de niveles lógicos.

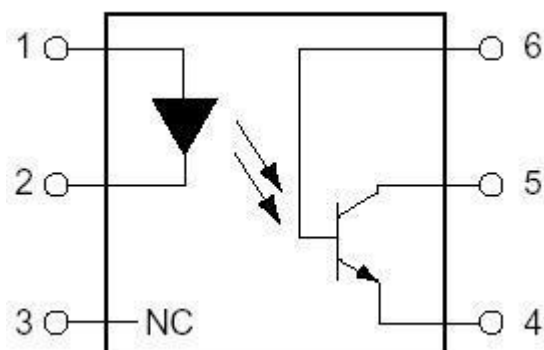


Figura 19 Opto acoplador 4n25.

También se uso un transistor TIP122 con el que se apoyo a la etapa de potencia para el sensor Sharp y con el poder pulsar la señal emitida. A continuación en la Figura se puede aceptar el circuito impreso para los sensores y la vista de sus componentes en 3D. Realizados en el programa Proteus Ares.

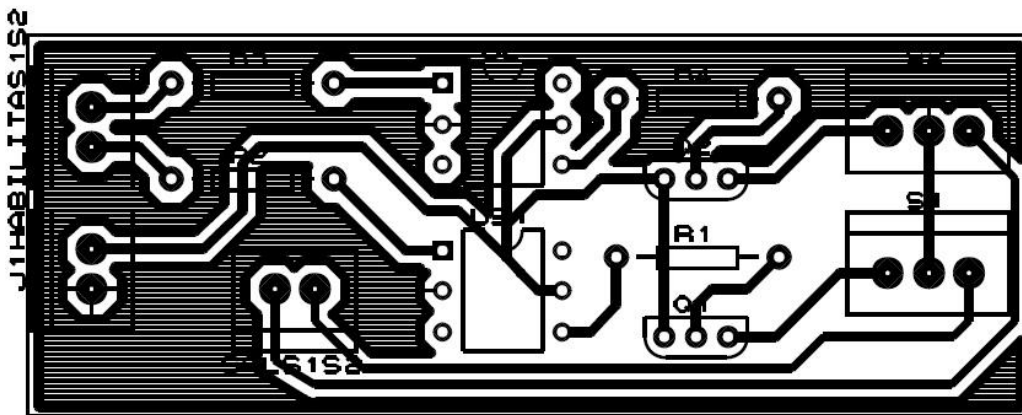


Figura 20 Circuito impreso.

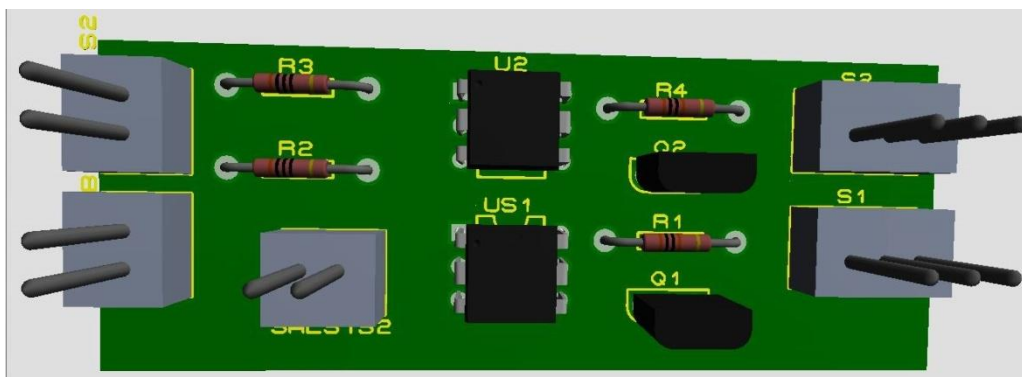


Figura 21 Circuito vista 3D.

5.3 Modulo de conexión Bluetooth

Para tener una mayor comunicación entre el usuario y el prototipo se diseño una sencilla aplicación para celulares. Con la cual el usuario puede modificar el tono en el que el prototipo de la señal de alerta. Por medio del modulo Bluetooth HC-06 es como se logra la comunicación entre el prototipo y la aplicación.

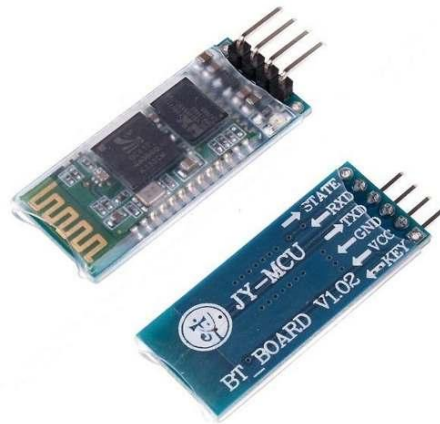
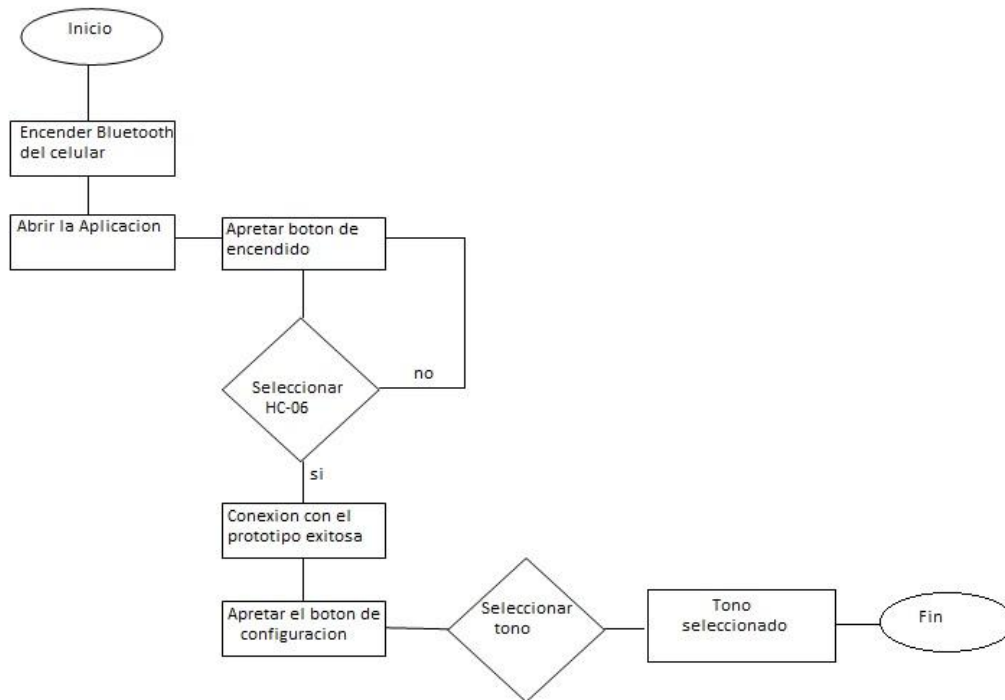


Figura 22 Modulo Bluetooth HC-06.

Una de las ventajas de usar el modulo Bluetooth HC-06, además de su pequeño tamaño y sus buenas características de transmisión y recepción que le brindan un alcance muy amplio, es el bajo consumo de corriente que posee tanto en funcionamiento, como en modo de espera, es decir, alimentado con energía, pero sin conexión a otro dispositivo, por ejemplo, un celular con SO Android. Es importante mencionar que el modulo solo funciona como esclavo es decir, que solo puede recibir información desde una PC o una tablet. Su alimentación es de 3.3 Volts. El modulo Bluetooth HC-06 fue el que se selecciono debido a que es muy económico y fácil de usar.

La aplicación que se creó es para celulares con sistema operativo Android, fue diseñada y programada en App Inventor, que es un entorno de diseño y desarrollo de aplicaciones móviles y tablets con dicho sistema operativo, creado por Google Labs. Con App inventor se puede diseñar y dar comportamiento al programa utilizando bloques que se conectan entre sí. Desde la aplicación creada y por medio del modulo Bluetooth es como existe la comunicación entre el prototipo y el celular o tablet.

5.3.1 Diagrama de Flujo



La aplicación es muy sencilla de usar. Antes de poder usar la aplicación es necesario prender el Bluetooth del teléfono. Al iniciar la aplicación se puede observar una pantalla con dos botones principales. El primero es un botón de “ListPicker”, al apretarlo se despliega un menú con los dispositivos que el celular encontró, se selecciona el Bluetooth del

modulo HC-06, cuando la conexión sea exitosa el modulo Bluetooth en el prototipo encenderá un LED permanentemente. Después debemos apretar el otro botón de la aplicación, que es el botón de configuración, esté, desplegara una nueva pantalla en la que encontraremos un botón de “Spinner”, en el que seleccionaremos el tono con el que el prototipo sonara cuando los sensores detecten un obstáculo.



Figura 23 Pantalla principal de la Aplicación.

5.4 Sistema de control del Prototipo

La programación del prototipo fue hecha para que pudiera poder modificarse para cualquier tipo de microcontrolador. Por lo que su funcionamiento es muy sencillo, sin embargo la eficiencia en las pruebas realizadas nos ha permitido mantenerlo así. A continuación se

presenta un diagrama de flujo para explicar el funcionamiento principal del prototipo de lentes.

5.4.1 Diagrama de Flujo del Sistema de Control

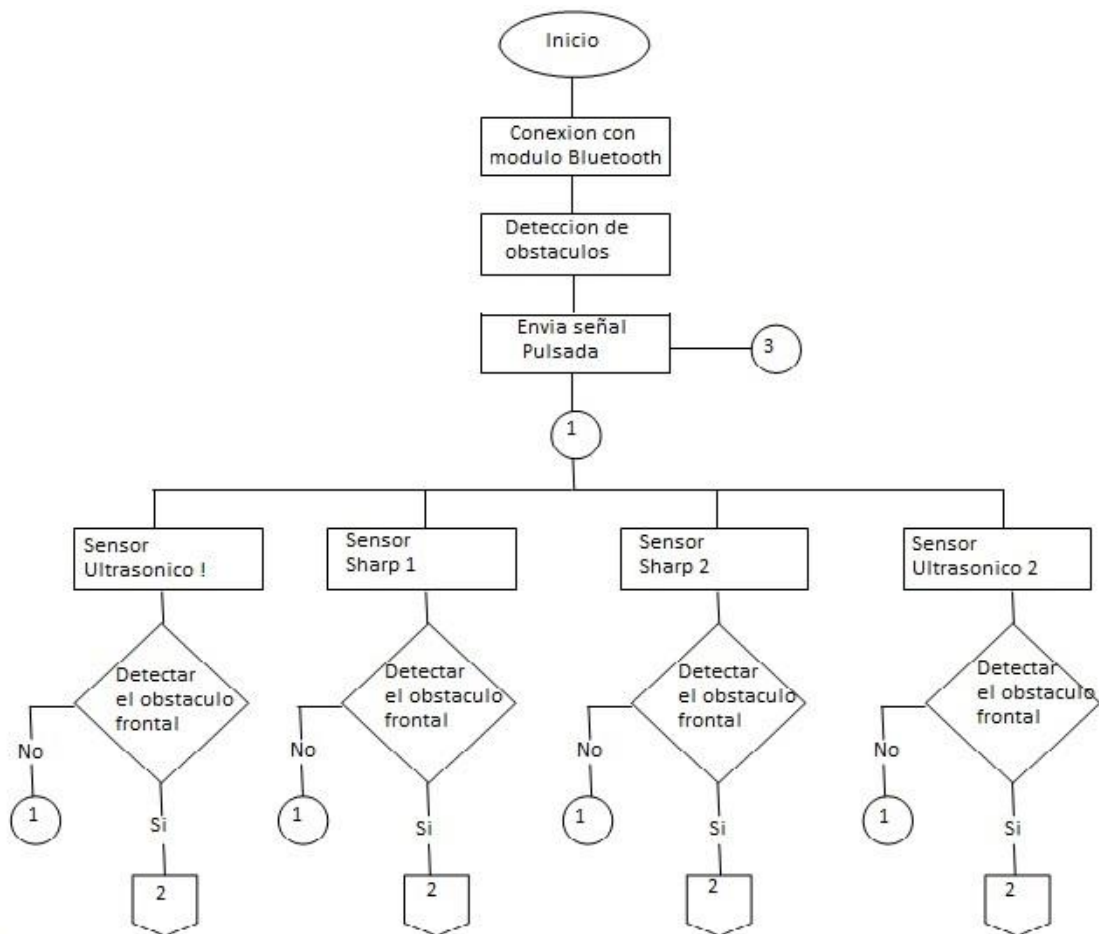


Figura 24 Diagrama de flujo del Sistema de Control.

Descripción:

El sistema de control está constituido por 4 sensores, 2 sensores Ultrasonicos y dos sensores Sharp. Al iniciar el sistema se realiza la

Conexión con el modulo Bluetooth, como ya se explico en el apartado anterior desde la Aplicación se manda el tono que se desea escuchar. Después el sistema de detección de obstáculos, seguido se envía una señal pulsada. Esta señal depende del funcionamiento de cada sensor, determinando el tiempo en el que está en función, hasta que alguno de ellos detecte la tarea que le es destinada. Si ninguno de los sensores es activado por alguna perturbación dentro de las órdenes destinadas, el sistema retorna al punto 1, y seguirá realizando la misma tarea. Las señales como son pulsadas, están en fracciones de microsegundos, lo cual es imperceptible para la persona que esté utilizando el prototipo.

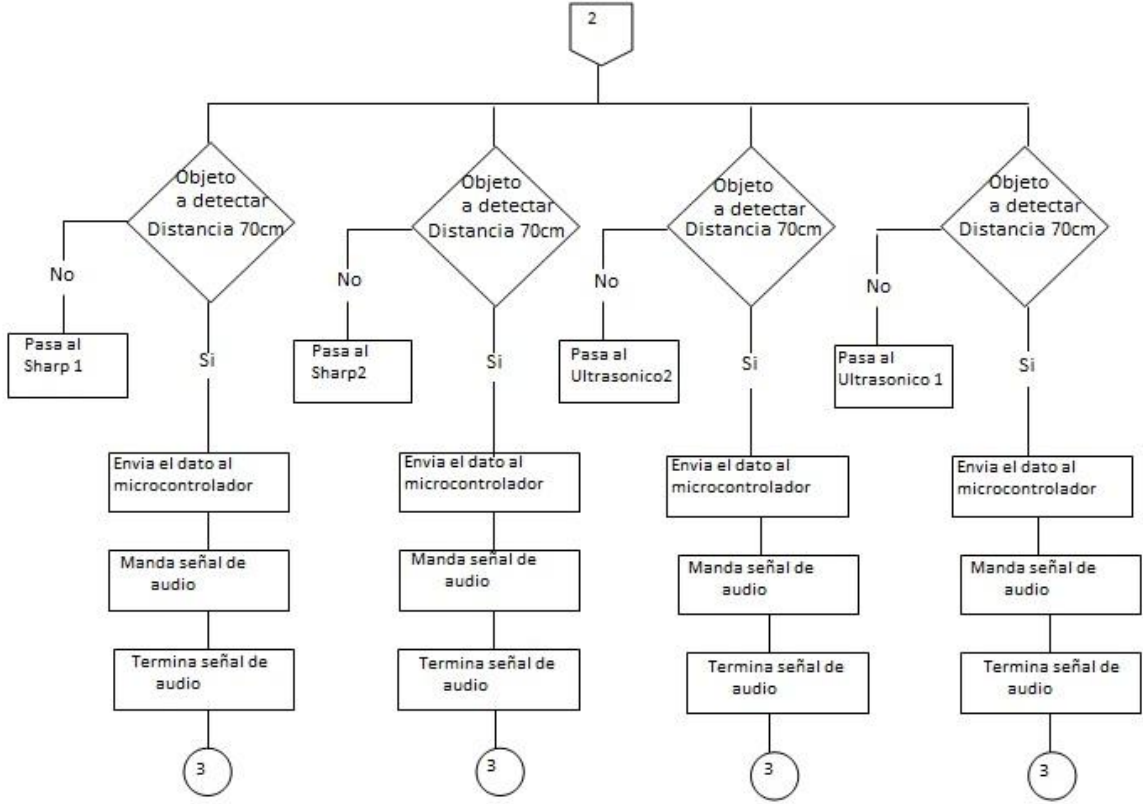


Figura 25 Diagrama de flujo del Sistema de Control.

Si al momento en que cualquiera de los sensores encuentre un objeto de manera frontal en una distancia de 70 cm, el sistema de control enviara una señal al microcontrolador, el que a su vez activara la señal

de audio el tono que previamente se selecciono anunciando a la persona acerca del objeto al que se puede enfrentar y se desactivara después de que en un tiempo considerable la persona realizo la acción de evasión. Si no, continuara activado hasta que se realiza. Cuando se evade el obstáculo y el sensor que detecto al objeto la señal de audio se desactiva y retorna al paso 3, iniciara nuevamente a enviar la señal pulsada.

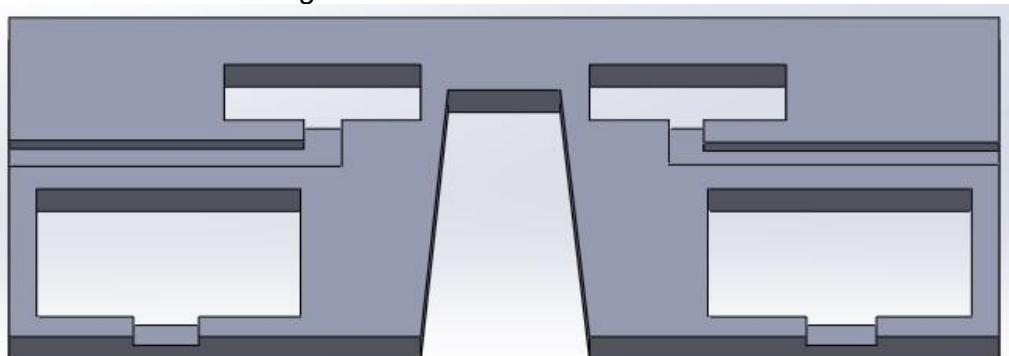
Si al momento en que el sensor no detecte la tarea que se le fue asignada el sistema pasa al siguiente sensor.

5.5 Diseño del prototipo

Para el diseño del prototipo se utilizaron medidas estándares para no afectar tanto a la adaptación del mismo, para poder integrar los sensores con satisfacción. El diseño se realizo en Solid Works, que es un Software de diseño asistido por computadora para el modelado mecánico en 3D.

Primero se diseño la parte frontal del prototipo, agregando en ella la posición en los sensores en base al sistema de control. Las medidas que se usaron son medidas estándares de las gafas que se pueden encontrar en el mercado.

Figura 26 Parte Frontal.Diseño 3D.



También se diseñaron los brazos de los lentes tomando en cuenta la posición del sistema de Audio. Para que los cables de los sensores no se vieran se diseñaron huecos los brazos para poder pasar los cables y no se vieran a simple vista.

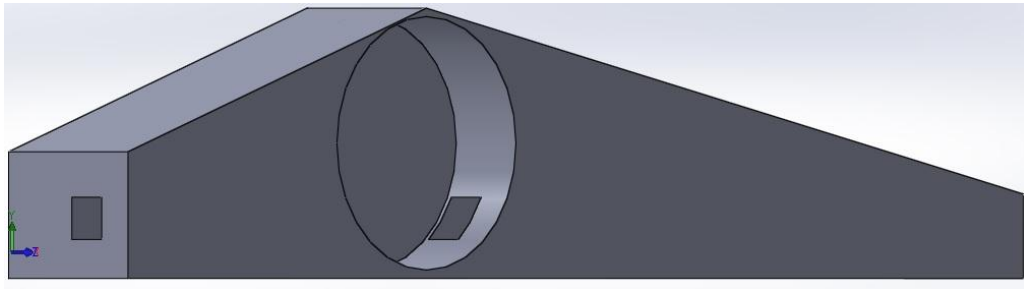


Figura 27 Brazos del prototipo. Diseño 3D

6

Conclusiones y trabajos futuros

Conclusiones y Trabajos futuros

6.1 Costos

Por último, se presenta una tabla de los costos que conllevan la realización del prototipo. Como se comentó al principio del proyecto, no solo se quiere satisfacer las necesidades de detección de obstáculos de las personas con discapacidad visual, sino que también su adaptación por medio del precio. Tomando en cuenta que la mayoría de las personas ciegas en nuestro país son de recursos limitados y que los precios de la tecnología que puede ayudar a que este sea un utensilio básico y de mucha ayuda para ellos, es de alto costo.

Se sabe que todo aquello que ayuda a la vida diaria, y más hablando de cosas que facilitan la vida o entretienen en lapsos de la misma, muchas veces es solo ensamblada en el país, mas no creada, y por lo mismo si es difícil adquirir ciertos productos o limitarse a solo hablar de ellos. El precio de todos ellos es en pesos mexicanos.

Elemento	Numero o código del elemento	Costo
Sensor Ultrasónico	HC-SR04	\$ 110
Sensor Sharp	GP2Y0A21YK	\$ 260
Arduino uno	1 Pieza	\$ 380
Modulo Bluetooth	HC-06	\$ 230
Transistores	TIP 122	\$ 5
Opto acopladores	4n25	\$ 10
Placa	1 Pieza	\$ 100
Cables varios.	25 Piezas	\$ 30
Bocinas	2 Pieza	\$ 26
Impresión 3D	1 Pieza	\$ 1000

Figura 28 Tabla de costos.

6.2 Trabajos Futuros

Con el paso del tiempo y el uso más común del prototipo se pueden lograr más avances con él.

Una propuesta que pretendemos realizar es, con los sensores ultrasónicos que estamos usando y un algoritmo más robusto podemos encontrar la posición del objeto y no solo su distancia. De acuerdo a las prácticas que se realizaron pudimos notar que al poner uno o más sensores secuencialmente, existe un punto en el que por la apertura de los ángulos, existe un punto en el que podrían encontrarse y así saber la posición en la que se encuentra.

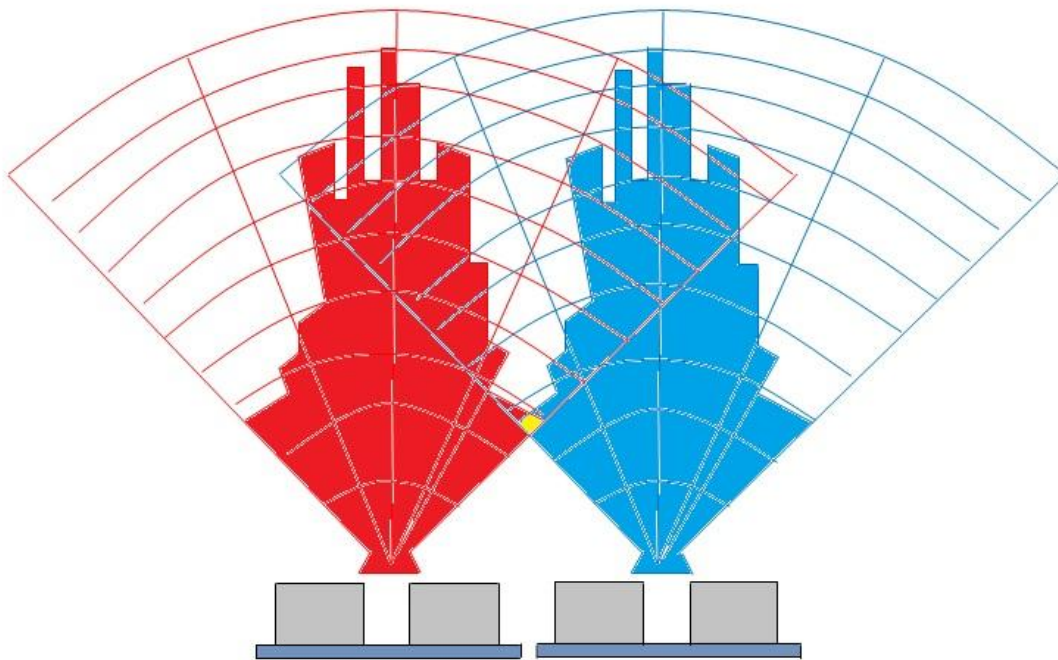


Figura 29 Propuesta para los sensores ultrasónicos.

Con esto, el sistema de audio mejorara pues se podría hacer que no solo diera un tono de aviso, sino que por audios pregrabados

podríamos indicar si el objeto detectado está en la posición exacta y también a la distancia a la que se encuentra para que la persona logre evadir el obstáculo.

Los sensores que propusimos son de costo bajo, si pudiéramos conseguir sensores de mejor calidad y que ocupen menos espacio para así lograr adaptarlos en el diseño y tengan un mejor funcionamiento, teniendo así un mayor rango posible y sea más fácil la detección, con esto la persona tendría un mayor tiempo de respuesta.

Mejorar el diseño en base a la necesidad de las personas que utilizaran el prototipo. Se pretende montar servomotores en cada sensor para que no tengan una posición fija y puedan detectar en diferentes ángulos ampliando el rango de detección.

6.3 Conclusiones

El estudio realizado acerca de las diferentes tecnologías en las que se están trabajando actualmente, muestra que es importante crear este tipo de dispositivos para que personas con la discapacidad que no cuentan con los recursos necesarios puedan tener acceso a este tipo de tecnología con el fin de darles una mejor calidad de vida.

En nuestro país es importante que exista y se produzcan tecnologías para personas con este tipo de discapacidades, ya que solo muy pocas cuentan con acceso a ellas. El tener un prototipo de costo bajo-medio puede servir a que en México las personas con discapacidad puedan contar con él y con el paso del tiempo y el uso más frecuente del prototipo se logre un mayor avance con él.

Gracias a las pruebas a las que fueron sometidos los sensores que en un principio se propusieron satisfacen las necesidades básicas de lo que realiza el prototipo. Sin embargo de acuerdo a las pruebas que realizamos y las propuestas que estamos haciendo, se puede mejorar, cumpliendo así que la persona no solo sepa si está a punto de colapsar con un objeto, sino también en donde se encuentra y a qué distancia esta de este.

El proyecto de Tesis se expuso en el Congreso Nacional de Ciencias de la Computación, gracias a las buenas críticas y comentarios que recibimos sobre las pruebas que estamos realizando el proyecto continuara su investigación.

Actualmente se han enviado artículos para presentarlo en distintos congresos en nuestro país como el Congreso de Instrumentación SOMI XXX, en el cual presentare el proyecto y los avances realizados en este tipo de tecnologías en Durango México en el Instituto Tecnológico de Durango.

Anexos

Anexo 1. Arduino

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 (datasheet). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

The board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible with both the board that uses the AVR, which operates with 5V and with the Arduino Due that operates with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the index of Arduino boards.

Summary	
Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-Rev3-reference-design.zip](#) (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: [arduino-uno-Rev3-schematic.pdf](#)

Note: The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328, Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- VIN. The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- 5V. This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- 3V3. A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- GND. Ground pins.
- IOREF. This pin on the Arduino board provides the voltage reference with which the microcontroller operates. A properly configured shield can read the IOREF pin voltage and select the appropriate power source or enable voltage translators on the outputs for working with the 5V or 3.3V.

Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the EEPROM library).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using `pinMode()`, `digitalWrite()`, and `digitalRead()` functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- Serial: 0 (RX) and 1 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- External Interrupts: 2 and 3. These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the `attachInterrupt()` function for details.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11. Provide 8-bit PWM output with the `analogWrite()` function.
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). These pins support SPI communication using the SPI library.
- LED: 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the `analogReference()` function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin. Support TWI communication using the Wire library.

There are a couple of other pins on the board:

- AREF. Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.

- Reset. Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the mapping between Arduino pins and ATmega328 ports. The mapping for the Atmega8, 168, and 328 is identical.

Anexo 2. Sensor Ultrasonico

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The module includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time × velocity of sound (340M/S) / 2,

Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
Measuring Angle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

Anexo 3. Sensor Sharp

SHARP

GP2Y0A02YK

GP2Y0A02YK

Long Distance Measuring Sensor

■ Features

1. Less influence on the colors of reflected objects and their reflectivity, due to optical triangle measuring method
2. Distance output type
(Detection range:20 to 150cm)
3. An external control circuit is not necessary
Output can be connected directly to a microcomputer

■ Applications

1. For detection of human body and various types of objects in home appliances, OA equipment, etc

■ Absolute Maximum Ratings (T_a=25°C)

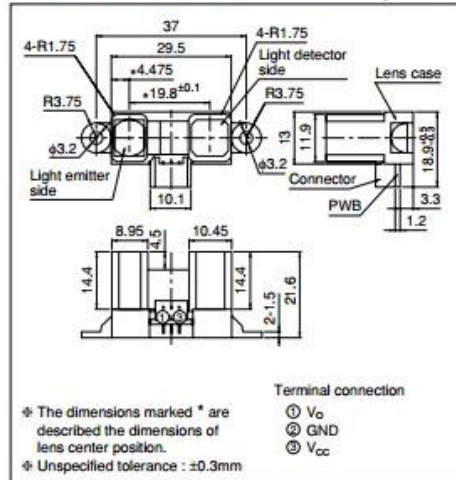
Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V _{CC}	-0.3 to +7	V
^{*)} Output terminal voltage	V _O	-0.3 to V _{CC} +0.3	V
Operating temperature	T _{OPR}	-10 to +60	°C
Storage temperature	T _{STG}	-40 to +70	°C

^{*)}1 Open collector output

■ Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Operating Supply voltage	V _{CC}	4.5 to 5.5	V

■ Outline Dimensions (Unit : mm)



Anexo 4. Programa en Arduino del Prototipo

/*Desconectar el modulo Bluetooth mientras carga este programa al Arduino, luego conecte:

ARDUINO BLUETOOTH

Pin 0 (RX) TXD

Pin 1 (Tx) RXD

5V VCC

GND GND

*/

#include <NewPing.h>

#define TRIGGER_PIN_S1 12

#define ECHO_PIN_S1 13

#define MAX_DISTANCE 50

#define TRIGGER_PIN_S2 11

#define ECHO_PIN_S2 10

#define PIN_S1 A4

#define PIN_S2 A5

#define PIN_Envia 13

#define PIN_Envia2 12

int speakerPin = 9;

int nota_default = 440;

const int NOTA_DO = 262;

const int NOTA_RE = 294;

const int NOTA_MI = 330;

const int NOTA_FA = 349;

const int NOTA_SOL = 392;

const int NOTA_LA = 440;

const int NOTA_SI = 494;

NewPing sonar1(TRIGGER_PIN_S1, ECHO_PIN_S1, MAX_DISTANCE); // NewPing setup
of pins and maximum distance.

NewPing sonar2(TRIGGER_PIN_S2, ECHO_PIN_S2, MAX_DISTANCE); // NewPing setup of pins and maximum distance.

```
boolean leer_sensor_ultra(int index) {  
  int value = -1;  
  if(index == 1)  
    value = sonar1.ping()/US_ROUNDTRIP_CM;  
  else  
    value = sonar2.ping()/US_ROUNDTRIP_CM;  
  if(value <= MAX_DISTANCE && value != 0)  
    return true;  
  return false;  
}
```

```
boolean leer_sensor_sharp(int index) {  
  int value = -1;  
  if(index == 1) {  
    // Serial.print("S1 ");  
    value = analogRead(PIN_S1);  
  }  
  else {  
    value = analogRead(PIN_S2);  
    // Serial.print("S2 ");  
  }  
  if(value >= MAX_DISTANCE && value != 0)  
    return true;  
  return false;  
}
```

```
void playTone(int tone, int duration) {  
  for (long i = 0; i < duration * 1000L; i += tone * 2) {  
    digitalWrite(speakerPin, HIGH);  
    delayMicroseconds(tone);  
    digitalWrite(speakerPin, LOW);  
    delayMicroseconds(tone);  
  }  
}
```

```
void setup() {  
  Serial.begin(9600); // Open serial monitor at 115200 baud to see ping results.  
}
```

```
void loop() {  
  
  int x = Serial.read();  
  
  switch(x)  
  {  
    case 1 :  
      nota_default = NOTA_DO;  
      break;  
  
    case 2 :  
      nota_default = NOTA_RE;  
      break;  
  
    case 3 :  
      nota_default = NOTA_MI;  
      break;  
  
    case 4 :  
      nota_default = NOTA_FA;  
      break;  
  
    case 5 :  
      nota_default = NOTA_SOL;  
      break;  
  
    case 6 :  
      nota_default = NOTA_LA;  
      break;  
  
    case 7 :  
      nota_default = NOTA_SI;  
      break;
```

```
}

//delay(1000);

if(leer_sensor_ultra(1))
  playTone(nota_default,1);
if(leer_sensor_ultra(2))
  playTone(nota_default,1);
  // Serial.println("Sensor Ultra 2");

digitalWrite(PIN_Envia,HIGH);
delayMicroseconds (500);
if(leer_sensor_sharp(1))
  playTone(nota_default,1);
  //Serial.println("Sensor Sharp 1");
  analogWrite(PIN_Envia,LOW);
  delayMicroseconds (500);

digitalWrite(PIN_Envia2,HIGH);
delayMicroseconds (500);
if(leer_sensor_sharp(2))
  playTone(nota_default,1);
  //Serial.println("Sensor Sharp 2");
  analogWrite(PIN_Envia2,LOW);
  delayMicroseconds (500);
}
```

Bibliografía

1. World Blindness Overview.
<http://www.cureblindness.org/worldblindness/>. 2013.
2. Visual impairment and blindness.
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/>. 2013.
3. Mariotti S.(2012). “Technical Report: Global Data on Visual Impairments 2010”,
4. <http://www.nosolousabilidad.com/articulos/tiflotecnologia.htm>
5. Organización Mundial de la Salud OMS. <http://www.who.int/es/>
6. http://ww.infociegos.com/español/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=47
7. <http://www.pensamientoscomputables.com/entrada/vision-artificial-ojo-bionico-dobelle.html>
8. <http://www.ate.uniovi.es/8695/documentos/TRABAJOS%202008/avances/lunes%2026/g2%20el%20ojo%20bionico.pdf>
9. http://www.tendencias21.net/Desarrollan-retinas-artificiales-que-permiten-ver-a-los-ciegos_a2061.html
10. <http://www.muyinteresante.es/nueva-retina-artificial-para-ciegos-argus-ii>
11. <http://www.reportajes.org/ciencia-y-tecnologia/japon-crea-retina-artificial-con-celulas-madre/>
12. <http://lpsolanom.blogspot.mx/2010/03/nuevas-gafas-ofrecen-esperanza-para-los.html>
13. <http://tecnologia21.com/38832/gafas-orientar-ciegos>
14. Kleeman, Lindsay Kuc Roman “Mobile robot sonar for target localization and classification “Intelligent Robotics Research Centre. Monash University. Australia. Intelligent Sensors Laboratory. Yale University. The international journal of robotics research Vol. 14, No 4 Agosto 1995.
15. <http://refbase.cvc.uab.es/files/TSR2013a.pdf>
16. <http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2014/05/16/crean-cientificos-del-cinvestav-lentes-con-inteligencia-artificial-para-invidentes-4412.htm>
17. <http://www.abc.es/tecnologia/20131101/abci-publicar-gafas-inteligentes-para-201310311948.html#>
18. <http://www.opiron.com/portfolio/sensores-de-ultrasonidos-arduino-opiron>
19. http://www.sharpsma.com/webfm_send/1489
20. <http://www.scielo.org.ve/pdf/uct/v13n51/art08.pdf>
21. http://iesmachado.org/web%20insti/depart/electr/apuntes/files/dpe/curso2/proyectos/pic_f_877/FAMILIA_GP2DXX.pdf
22. <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P>

23. <http://www.nl.gob.mx/servicios/personas-con-discapacidad>
24. http://eilunalola.blogspot.mx/2010/11/discapacidad-visual_09.html
25. <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/001014.htm>
26. <http://www.x-robotics.com/sensores.htm>
27. http://www.infoab.uclm.es/labellec/solar/otros/infrarrojos/sensores_infrarrojos_sharp.htm
28. <http://www.americanscience.org/>
29. <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>
30. http://es.wikipedia.org/wiki/App_Inventor
31. <http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
32. <http://www.geekfactory.mx/radio/bluetooth-hc-05-y-hc-06-tutorial-de-configuracion/>
33. Conference & Workshop on Assistive Technologies for People with Vision & Hearing Impairments Technology for Inclusion CVHI 2006, M.A. Hersh (ed)
34. Modelo de Monitoreo de Glucosa en Tiempo Real de manera No Invasiva, Aguila Jurado Aldo Enrique, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; Facultad de Ciencias de la Computación.
35. Roentgen U., Gelderblom G., Soede M., y Witte L. (2008) "Inventory of electronic mobility aids for personal with visual impairments: A Literature Review" Journal of Visual Impairment & Blindness, Vol. 102, No. 11.
36. Meijer P. (1992) "An experimental system for auditory image representations". IEEE Transactions on Biomedical Engineering. Vol. 39.
37. Johnson L. y Higgins C. (2006) "A navigation aid for the blind using tactile-visual sensory substitution". En International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.

