

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO  
ELECTRÓNICO MEDIDOR DE DISTANCIAS Y DETECTOR DE  
COLORES PARA AYUDAR A LAS PERSONAS NO VIDENTES  
MEDIANTE COMANDOS DE VOZ.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**DANIEL ESTEBAN POTOSÍ ANRANGO**

**danu2205fut@gmail.com**

**DIRECTOR: ING. CARLOS ROMO HERRERA**

**carlos.romo@epn.edu.ec**

**Quito, Marzo 2019**

## DECLARACIÓN

Yo, Daniel Esteban Potosí Anrango, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Daniel Esteban Potosí Anrango**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Daniel Esteban Potosí Anrango, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Carlos Romo Herrera**

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la persona más importante de mi vida, Luciana Valentina Panta Potosí, gracias a ella he logrado alcanzar la mayoría de las metas que me he propuesto para mi vida. Espero poder brindarle siempre mi apoyo, afecto y cariño ya que ella siempre ha estado en los momentos más difíciles de mi vida, no es fácil brindar tiempo a todas las personas que forman parte de nuestra familia y círculo social, por distintas circunstancias que se presentan día tras día, pero al no estar siempre a lado de alguien que queremos o amamos nos hace apreciar más los momentos en los cuales podemos compartir con dicha persona. Cada momento en nuestra vida debemos aprovecharlo al máximo y tratar de obtener el mayor conocimiento posible de las pequeñas cosas.

Espero que cada día mi sobrina demuestre los valores que le hemos enseñado tanto su madre, su abuela y yo, estoy seguro que será una persona honorable, responsable, respetuosa, disciplinada y sobre todo de buen corazón.

Gracias nuevamente Luciana por demostrarme una y otra vez que el cariño de un ser amado y especial en nuestras vidas nunca termina y siempre aumenta al pasar el tiempo.

Te amo una infinidad Luciana.

Daniel Esteban Potosí Anrango

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a cada una de las personas que me apoyaron para lograr este objetivo, quizás las prioridades que uno piensa tener cambian al pasar los años y solo nos queda esperar a que las decisiones que tomamos sean para un bien mayor en nuestras vidas. Personas como Jenny Falcón, Luciana Panta y Rosa Anrango son muy especiales en mi vida, han superado diversas dificultades que se han presentado en su vida y que en el tiempo que las conozco han realizado muchas acciones que han demostrado una y otra vez lo grande que puede ser su amistad sincera, respeto, confianza y cariño. Siempre están para aconsejarme y sobre todo para ayudarme en situaciones que no sé cómo enfrentar, por eso y mucho más este trabajo se lo dedico específicamente a ellas.

Daniel Esteban Potosí Anrango

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....  | 16 |
| 1.1. La discapacidad visual en el Ecuador y su problemática.....           | 16 |
| 1.2. Objetivos del proyecto .....  | 18 |
| 1.3. Justificación .....   | 19 |
| 2. MARCO TEÓRICO .....   | 22 |
| 2.1. Datos y cifras de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud ..... | 22 |
| 2.2. Tiflotecnología .....   | 22 |
| 2.3. Sistemas de desplazamiento .....                                      | 23 |
| 2.4. Técnicas de orientación .....   | 26 |
| 2.5. Bastón Blanco .....   | 26 |
| 2.6. Bastones Electrónicos .....   | 28 |
| 2.7. Bastón electrónico Egara .....  | 29 |
| 2.8. Trekker Breeze handheld talking GPS .....                             | 29 |
| 2.9. Step Hear Navigation .....  | 30 |

|   |    |
|---|----|
| 2.10. Arduino Uno .....   | 31 |
| 2.11. Tipos de Memoria Arduino Uno .....                        | 32 |
| 2.12. Tipos de Arduino .....                                    | 34 |
| 2.13. Sensores .....  | 36 |
| 2.14. Sensores final de carrera o interruptor de posición ..... | 37 |
| 2.15. Sensores de proximidad .....                              | 37 |
| 2.16. Sensores Fotoeléctricos .....                             | 42 |
| 2.17. Sensor de infrarrojos .....                               | 43 |
| 2.18. Sensor ultrasónico .....                                  | 44 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                 | 46 |
| 3.1. Introducción .....   | 46 |
| 3.2. Recolección de datos.....                                  | 47 |
| 3.3. Elaboración de la infraestructura.....                     | 51 |
| 3.4. Características.....                                       | 51 |
| 3.5. Diseño del dispositivo electrónico .....                   | 51 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.6.  | Sensor detector de obstáculos .....  | 53 |
| 3.7.  | Sensor de color TCS230 .....   | 55 |
| 3.8.  | Módulo mp3 WTV020SD-16P .....  | 56 |
| 3.9.  | Adaptación de sensor de ultrasonido HC-SR04 y sensor de color TCS230 ..... | 57 |
| 3.10. | Identificación de colores .....  | 58 |
| 3.11. | Operación del dispositivo.....   | 61 |
| 3.12. | Programación .....   | 64 |
| 3.13. | Desarrollo del programa .....  | 65 |
| 3.14. | Implementación .....   | 66 |
| 3.15. | Pruebas de funcionamiento .....  | 71 |
| 3.16. | Análisis Económico .....   | 72 |
| 3.17. | Resultados obtenidos .....   | 73 |
| 3.18. | Análisis de resultados.....  | 75 |
| 4.    | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                       | 76 |
| 4.1.  | Conclusiones.....  | 76 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.2. Recomendaciones .....                       | 77  |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                | 79  |
| ANEXOS .....                                     | 84  |
| ANEXO A: Manual de usuario.....                  | 84  |
| ANEXO B: Manual Técnico HC-SR004.....            | 101 |
| ANEXO C: Manual Técnico TCS 230.....             | 103 |
| ANEXO D: Diagrama de flujo .....                 | 112 |
| ANEXO E: Programa.....                           | 115 |
| ANEXO F: Resultados de encuestas realizadas..... | 135 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 2. 1 Braille Hablado .....                          | 23 |
| Figura 2. 2 Persona no vidente usando el bastón guía ..... | 24 |
| Figura 2. 3 Perro Guía para personas no videntes .....     | 25 |
| Figura 2. 4 Desplazamiento por acompañamiento .....        | 25 |
| Figura 2. 5 Bastón electrónico Egara .....                 | 29 |
| Figura 2. 6 Trekker Breeze handheld talking GPS .....      | 30 |
| Figura 2. 7 Step Hear Navigation .....                     | 31 |
| Figura 2. 8 Arduino Uno. ....                              | 32 |
| Figura 2. 9 Arduino Pro Mini .....                         | 35 |
| Figura 2. 10 Almond PCB .....                              | 36 |
| Figura 2. 11 Sensor final de carrera .....                 | 37 |
| Figura 2. 12 Sensor de proximidad infrarrojo .....         | 38 |
| Figura 2. 13 Sensores de proximidad capacitivos .....      | 39 |
| Figura 2. 14 Sensor de proximidad inductivo .....          | 40 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 2. 15 Sensor de proximidad magnético .....                                  | 42 |
| Figura 2. 16 Sensores fotoeléctricos .....   | 43 |
| Figura 2. 17 Principio de triangulación de la luz .....                            | 44 |
| Figura 2. 18 Variantes de sensores ultrasónicos .....                              | 45 |
| Figura 3. 1 Cuestionario para determinación de necesidades. Parte 1.....           | 48 |
| Figura 3. 2 Cuestionario para determinación de necesidades. Parte 2.....           | 49 |
| Figura 3. 3 Cuestionario para determinación de necesidades. Parte 3.....           | 50 |
| Figura 3. 4 Diagrama de bloques, conexión de hardware.....                         | 52 |
| Figura 3. 5 Estructura de apoyo para Arduino Uno .....                             | 52 |
| Figura 3. 6 Estructura para sensor de ultrasonido .....                            | 54 |
| Figura 3. 7 Sensor de ultrasonidos HC-SR04 .....                                   | 54 |
| Figura 3. 8 Conexión del HC-SR04 en el Arduino Uno .....                           | 55 |
| Figura 3. 9 Implementación de led y carcasa para control de incidencia de luz..... | 55 |
| Figura 3. 10 Conexión del sensor TCS230 y led de luz blanca en Arduino Uno .....   | 56 |
| Figura 3. 11 Conexión del módulo WTV020SD-16P al Arduino Uno .....                 | 57 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 3. 12 Estructura de gafas del dispositivo.....                               | 58 |
| Figura 3. 13 Estructura para el sensor de color TCS230 .....                        | 58 |
| Figura 3. 14 Programación de filtros RGB del sensor TCS230 .....                    | 59 |
| Figura 3. 15 Muestreo de valor de frecuencia en los filtros RGB .....               | 60 |
| Figura 3. 16 Mando de control de encendido y selección de función .....             | 61 |
| Figura 3. 17 Diagrama de flujo operación del dispositivo electrónico.....           | 63 |
| Figura 3. 18 Pantalla de programación .....   | 64 |
| Figura 3. 19 Armazón para componentes .....   | 66 |
| Figura 3. 20 Dispositivo de reproducción de audio WTV020SP16P .....                 | 67 |
| Figura 3. 21 Dispositivo de detección de color .....                                | 67 |
| Figura 3. 22 Gafas con sensor de ultrasonido para detección de obstáculos. ....     | 67 |
| Figura 3. 23 Control de función y fuente de energía .....                           | 68 |
| Figura 3. 24 Diagrama funcional del dispositivo electrónico para no videntes .....  | 69 |
| Figura 3. 25 Diagrama multifilar del dispositivo electrónico para no videntes ..... | 70 |
| Figura 3. 26 Usuario con la implementación de dispositivo electrónico .....         | 71 |

Figura 3. 27 Resultados pruebas realizadas función de color ..... 74

Figura 3. 28 Resultados pruebas realizadas función detección de obstáculos ..... 74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Comparativa placas Arduino ..... 33

Tabla 3. 1 Rango de valores de frecuencia de cada color en los filtros RGB.....60

Tabla 3. 2 Registro de costos de materiales ..... 72

## RESUMEN

En este proyecto, previo a la obtención del título de tecnólogo en electrónica y telecomunicaciones, se propone el diseño y la implementación de un dispositivo electrónico medidor de distancias y detector de colores para ayudar a las personas no videntes mediante comandos de voz, el cual funcionará como un sistema de guía asistida que proporcionará seguridad y comodidad al usuario al momento de moverse por distintos entornos.

El prototipo electrónico permitirá a las personas que carecen de visión a desplazarse con relativa libertad, al tiempo que los guiará y alertará ante la presencia de objetos cercanos.

Este dispositivo electrónico cumple dos objetivos principales: el primero implementar la función de detección de colores primarios, secundarios y terciarios diseñada para que las personas no videntes identifiquen dichos colores en prendas de vestir y cualquier objeto del cual necesiten mencionada información, el segundo objetivo es implementar una función la cual permita a las personas no videntes localizar objetos que podrían ser un obstáculo al momento de moverse.

Se pretende brindar una mejor forma de notificación acerca de las funciones descritas anteriormente ya que la mayoría de dispositivos desarrollados hasta el momento lo realizan de una forma poco interactiva con el usuario, por lo que se va a hacer uso de comandos de voz con el fin de complementar este dispositivo y de cierta forma mejorar los beneficios que brinda el bastón blanco que utilizan la mayoría de personas no videntes actualmente como herramienta de orientación principal.

## **ABSTRACT**

Prior to obtaining the title of technologist in electronics and telecommunications, this project intends to design and put into operation an electronic distance measuring device and color detector to help blind people by means of voice commands. It will work as an assistance guidance system that will provide safety and comfort to the user when moving around in different surroundings.

The electronic prototype will allow people who lack vision to travel with relative freedom, while guiding and alerting them to the presence of nearby objects.

This electronic device fulfills two main functions. The first will detect primary, secondary and tertiary colors so blind people are able to identify these colors in clothing and any object for which they need such information. The second will allow blind people to locate objects that could be an obstacle when moving.

The intention is to provide a better way of reporting the functions described above since most devices developed so far do so in a non-interactive way with the user. This device will be enhanced by using voice commands and in this way improve upon the white cane that most blind people currently use as their main guidance tool.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. La discapacidad visual en el Ecuador y su problemática

En la actualidad existen grupos de personas con distintas discapacidades, uno de estos grupos son las personas no videntes, la dificultad de este grupo de personas para tener acceso a los nuevos cambios que se producen a su alrededor es estadísticamente bajo entre ellos el cambio tecnológico, el cual es uno de los más importantes que están experimentando.

La tecnología avanza de manera rápida y es de mucha utilidad, los avances tecnológicos desarrollados cumplen la función de facilitar ciertas actividades que realizamos, la mayoría de los dispositivos electrónicos creados han mejorado la calidad de vida de las personas, indudablemente las personas que poseen algún tipo de discapacidad se han visto beneficiadas con muchos de los avances tecnológicos desarrollados, dichos avances tecnológicos han favorecido a que estas personas puedan realizar ciertas actividades que por su discapacidad no las podían efectuar a plenitud. Se tiene así por ejemplo el desarrollo de dispositivos electrónicos destinados a curar ciertas enfermedades, recuperar parcialmente algún sentido esencial que tienen las personas (olfato, gusto, tacto, oído, vista), prótesis para reemplazo total o parcial de alguna parte del cuerpo, etc.

Se han desarrollado un sin número de proyectos electrónicos para ayudar a las personas con algún tipo de discapacidad en varios países del mundo, las personas con discapacidad visual es la parte de la población en la cual se va a enfocar este proyecto con el fin de facilitar a una persona invidente a acceder a un tipo de tecnología electrónica de bajo costo que brindará una ayuda esencial para el desarrollo de ciertas actividades.

En el Ecuador el porcentaje de deficiencias reconocidas por la población alcanza el 2.66% de la población, lo cual aproximadamente equivale a 435865 personas, de este porcentaje el 11.90% corresponde a la deficiencia visual en la población nacional. [7]

La atención a las personas con discapacidad visual en el Ecuador es identificada como un problema de clase social, por ser de baja cobertura y deficiente calidad, muchas de las empresas no brindan el respaldo suficiente para insertar a las personas no videntes en un ambiente laboral confortable que fortalezca su autoestima y ayude al desarrollo de su economía, incluso en empresas públicas esto se hace notable pero con menor número de casos registrados, muchas instituciones no fomentan prácticas de inserción de personas con alguna discapacidad por el hecho de que para ellos es generar pérdidas en el negocio de su empresa. [10]

La situación de las personas no videntes es muy compleja, en vista de que tienen que lidiar con algunas dificultades, se deben tener en cuenta las necesidades que las personas no videntes tienen y deben ser cubiertas. Es una tarea esencial conocer las actividades diarias que por su discapacidad no pueden realizar y necesitan ayuda para poder llevarlas a cabo, para así encontrar la manera más adecuada de desarrollar un dispositivo que pueda facilitar el desarrollo de dichas actividades. Las personas sin capacidad de ver tienen que adaptarse al medio que los rodea, percibir el constante cambio mediante los demás sentidos lo cual no es nada fácil, la información que aporta cualquier otro sentido es siempre más restringida y parcial; el ojo proporciona al cerebro sensaciones que le permiten interpretar: color, tamaño, distancia y también seguir el movimiento mientras el cuerpo permanece estático.

Las personas que sufren esta discapacidad tienen una serie de dificultades para obtener una fuente de trabajo, generalmente muchos de ellos trabajan como vendedores, lo cual conlleva un gran riesgo por el gran número de obstáculos en las calles y las circunstancias adversas que pueden presentarse [10].

En el mercado mundial existen varios tipos de dispositivos electrónicos orientados a un fin similar pero que tienen un costo muy elevado. Es por esta razón y por la relación de dependencia que tienen las personas no videntes que se propone el diseño y construcción de un dispositivo electrónico cómodo para el usuario, económico, útil y fácil de usar que permita realizar algunas tareas como brindar más seguridad al momento de movilizarse por determinados lugares, proporcionar ayuda al momento de elegir el color de ropa la cual las personas no videntes desean utilizar, identificar colores de objetos, reducir el índice de dependencia que tienen las personas no videntes, fomentar la inclusión social, efectuar el correcto uso del espacio, dominio de sus movimientos y lograr mejores condiciones de vida, este dispositivo electrónico es un complemento para el uso del bastón blanco que generalmente poseen las personas con discapacidad visual.

## **1.2. Objetivos del proyecto**

El presente proyecto se enfocará en desarrollar un dispositivo electrónico que permita al usuario no vidente adaptarse de mejor forma al entorno que lo rodea. Esta tarea comprende el estudio de necesidades de las personas no videntes (el análisis), el estudio técnico-teórico (el diseño), la validación mediante simulación (la verificación y validación) y finalmente el estudio práctico (la implementación). Para este fin se analizarán los diferentes dispositivos electrónicos en el mercado que actualmente cumplen con un fin similar al propuesto. Como resultado de los distintos estudios se obtendrá un producto final el cual será fácil usar y de bajo costo económico. Los objetivos de este proyecto se resumen en el objetivo general y objetivos específicos a continuación.

### **Objetivo General**

Diseñar e implementar un dispositivo electrónico medidor de distancias y detector de colores para ayudar a las personas no videntes mediante comandos de voz.

## **Objetivos Específicos**

- Recopilar información relevante acerca de la situación actual de las personas no videntes en Ecuador.
- Reunir la documentación necesaria que aporte información de proyectos electrónicos destinados a facilitar las actividades de las personas no videntes o que poseen alguna discapacidad visual.
- Revisar los parámetros técnicos de distintos dispositivos electrónicos que permitirán realizar el diseño y la implementación del proyecto y puedan adaptarse a la plataforma electrónica de Arduino Uno para su programación.
- Elegir los dispositivos electrónicos más adecuados para los fines pertinentes.
- Implementar el programa para cada uno de los dispositivos electrónicos mediante la utilización de la plataforma de Arduino Uno.
- Realizar las pruebas correspondientes para confirmar su correcto funcionamiento.
- Interconectar los distintos módulos previamente programados (ultrasonido, sensor de colores, plataforma ARDUINO UNO) y demás dispositivos electrónicos necesarios en una infraestructura adecuada para la utilización del dispositivo electrónico en su totalidad.

### **1.3. Justificación**

El dispositivo electrónico medidor de distancias y detector de colores para ayudar a las personas no videntes mediante comandos de voz, se lo realizará con el fin de proporcionar seguridad al momento de movilizarse y mejorar la autoestima entre la

comunidad de personas no videntes. Para una persona con discapacidad visual, el desconocer información que aportan los colores de los objetos causa dificultades para realizar una integración natural en la sociedad y desarrollar ciertas actividades.

Una persona que ha perdido su vista por cualquier circunstancia, conoce los colores y su uso, entonces teniendo esto en cuenta, muchas de las personas no videntes memorizan características propias de un objeto para así establecer una relación la cual permita usar esa información para realizar actividades así por ejemplo: vestirse.

La acción de memorizar las cosas por características propias del objeto se dejará a un lado con la función de identificación de colores del dispositivo electrónico a desarrollarse, las personas no videntes podrán identificar colores de prendas de vestir u otro objeto y así usar la información proporcionada. Muchas personas no videntes haciendo uso de los demás sentidos han desarrollado una serie de acciones que les permiten detectar obstáculos sin necesidad de tocarlos.

El sistema para detectar auditivamente a los objetos se llama ecolocación, es decir, localización por el eco, una persona no vidente puede obtener esta habilidad con entrenamiento. Para lograr esta tarea, las personas no videntes producen ruidos o sonidos, ya sea golpeando los muslos con las manos, zapateando, o golpeando consecutivamente el bastón contra el suelo, esto les permite detectar los obstáculos y eludirlos.

En algunos lugares alrededor del mundo se ha venido desarrollando una serie de dispositivos electrónicos destinados a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual, estos dispositivos han mejorado con el pasar del tiempo para brindar calidad y confort a las personas no videntes.

La mayoría de dispositivos actualmente desarrollados así por ejemplo: los bastones electrónicos que vibran al detectar un obstáculo no están enfocados a detectar un objeto

a la altura del rostro de la persona así que si existe un obstáculo a esa altura difícilmente la persona no vidente podrá evadirlo, otra cuestión a tener en cuenta es que algunos de estos dispositivos simplemente mandan una señal auditiva (tono) o vibran para advertir al usuario de la existencia de algún obstáculo, por lo que este dispositivo se diseñará para cubrir tanto el aspecto de la altura como alertar mediante comandos de voz si un objeto se encuentra al frente del usuario.

Por lo mencionado, el dispositivo electrónico a desarrollarse tendrá dos funcionalidades bien definidas; la primera detectar obstáculos a una determinada distancia y alertar al usuario, la segunda detectar, identificar y notificar el color de un objeto al usuario. Cabe recalcar que este dispositivo está enfocado a satisfacer las necesidades de la comunidad de personas no videntes las cuales fueron perdiendo la vista progresivamente o por algún accidente. Para las personas no videntes desde su nacimiento este dispositivo les ayudaría en la funcionalidad de detección de obstáculos.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Datos y cifras de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud [20]**

Según cifras oficiales de la Organización Mundial de la Salud el número de personas con alguna discapacidad visual sobrepasaba los 285 millones en el 2010, de las cuales 39 millones de personas son ciegas y 246 millones de personas presentan baja visión. La mayor parte de la población mundial que sufre algún tipo de discapacidad visual se concentra en los países de bajos ingresos económicos, esto representa un 90% aproximadamente de dicha población.

En las personas de 50 años en adelante se tiene un porcentaje alto de ceguera alrededor de un 82%, en lo global se puede decir que los errores de refracción no corregidos constituyen la causa más importante de discapacidad visual, no obstante en los países de ingresos medios y bajos las cataratas continúan siendo la principal causa de ceguera.

Durante los últimos años se ha reducido el número de personas con discapacidades visuales atribuidas a enfermedades infecciosas, el porcentaje de casos de discapacidad visual que tiene algún tipo de cura en lo que respecta en el ámbito mundial representa un 80%.

### **2.2. Tiflotecnología [15]**

El término tiflotecnología proviene del griego «tiflo», que significa ciego y consiste en el conjunto de recursos, técnicas y conocimientos que tienen al alcance de sus manos las personas que tienen algún tipo de discapacidad visual, proporciona las herramientas auxiliares necesarias, ayudas o adaptaciones tecnológicas, creadas o adaptadas para hacer posible que las personas con discapacidad visual hagan uso de la tecnología, para así contribuir a su autonomía personal y completa integración social, laboral y educativa.

En el mercado actual existe una gran variedad de dispositivos tiflotécnicos, que se dividen en dos grupos. Los que proporcionan herramientas que facilitan o permiten el acceso a la información de un computador, entre los cuales se puede mencionar: sistemas de reconocimiento óptico o inteligente de caracteres, sistemas de reconocimiento táctil y revisores de pantalla.

Los que pueden conectarse directamente al computador para intercambiar información, estos funcionan de forma autónoma y tienen definida su funcionalidad por ejemplo: los sistemas portátiles de almacenamiento y procesamiento de la información, impresoras braille, aparatos de reproducción y grabación, calculadoras parlantes, diccionarios y traductoras parlantes, periódicos electrónicos adaptados para personas con discapacidad visual, programas de gestión bibliotecaria y de acceso a Internet, ampliación de la imagen, códigos de barras comprimidos para información de consumo y audio descripción.

En la Figura 2.1 se puede apreciar una impresora braille que funciona con comandos de voz.



Figura 2. 1 Braille Hablado [26]

### **2.3. Sistemas de desplazamiento [3]**

Existen un gran número de estrategias de comunicación que permiten una relación adecuada con las personas que poseen alguna discapacidad visual las cuales ayudan a

mejorar de forma considerable su calidad de vida. A continuación se tienen algunas pautas de desplazamiento para las personas no videntes y la sociedad en general, que comprenden desde técnicas y ayudas tradicionales hasta ofertas tecnológicas de muy alto costo y nivel.

- **Solo la persona invidente:** En este tipo de sistema es importante el uso de un bastón y técnicas para emplearlo con el fin de detectar irregularidades en el suelo que permitan al usuario desplazarse de un lugar a otro con un cierto grado de seguridad como se puede apreciar en la Figura 2.2. Se recomienda el uso adecuado del bastón por lo que se han fabricado bastones acoplados para cada tipo de persona y cubren aspectos como: tamaño, peso, estética, etc.



Figura 2. 2 Persona no vidente usando el bastón guía [30]

- **Persona invidente con ayuda de perro guía:** Este tipo de sistema no se lo emplea en nuestro país, el motivo principal es que se debe acudir a un lugar en el exterior para poder disponer de un perro adiestrado. En la Figura 2.3 se puede apreciar una persona no vidente utilizando el perro guía para poder movilizarse de un lugar a otro.



Figura 2. 3 Perro Guía para personas no videntes [21]

- **Persona invidente con ayudante o acompañamiento:** Este sistema emplea a una persona como guía la cual ayuda en todo momento a la persona invidente, esta persona puede ser un amigo, un familiar o alguien cercano. En la figura 2.4 se puede ver un ejemplo del funcionamiento del sistema de desplazamiento por acompañamiento.



Figura 2. 4 Desplazamiento por acompañamiento [9]

## **2.4. Técnicas de orientación [3] [29]**

El principio fundamental de la orientación se basa en establecer puntos de referencia que sirven como guía para realizar determinada acción. Las personas invidentes al no poder realizar el establecimiento de estos puntos de referencia mediante la vista, se valen de otros sentidos que brindarán la ayuda necesaria para llevar a cabo dicha tarea, algunas de estas acciones pueden ser: sonoras, táctiles, térmicas, olfativas, las cuales deben ser reforzadas con un aprendizaje adecuado y un entrenamiento.

La persona no vidente por ejemplo haciendo uso del olfato determinará que se encuentra cerca de la cocina, restaurante, etc. Mediante el tacto conoce las texturas del terreno que pisa con sus pies y determina si se encuentra en el parque, en pasillos, en la calle, entre otros lugares. Con el eco, percibido por el oído, permite determinar si se encuentra en un lugar abierto o cerrado.

Al momento de desplazarse de un lugar a otro el determinar dónde se encuentran ciertos obstáculos es imprescindible para poder movilizarse con mayor seguridad, si la persona con discapacidad visual transita por un lugar de acceso frecuente sabrá con exactitud dónde se encuentra una pared por ejemplo, la cuestión se complica cuando el lugar por donde transita es de mínima frecuencia.

Las personas no videntes usualmente usan la eco localización la cual consiste en producir un sonido el cual se reflejará en los objetos a su alrededor, dicha acción produce un sonido de retorno que advierte la presencia de dichos objetos.

## **2.5. Bastón Blanco [2]**

El bastón blanco se considera como un dispositivo que proporciona ayuda a las personas con algún tipo de discapacidad visual para poder desplazarse con mayor seguridad, autonomía e independencia, al mismo tiempo les identifica y les facilita la detección de

los obstáculos que se encuentran en su camino, es decir las funciones que cumple el bastón blanco son: servir como distintivo de las personas no videntes, como artefacto informador de obstáculos y como protección.

Entre las ventajas que proporciona el bastón blanco podemos mencionar las siguientes:

- **Anticipación perceptiva:** Permite detectar un obstáculo antes de que la persona no vidente choque contra el mismo, aplica su funcionamiento hasta determinada altura.
- **Proteger la parte inferior del cuerpo:** Protege la parte inferior al detectar un obstáculo e identifica cambios de nivel como puede ser escaleras, escalones y posibles agujeros en la línea de desplazamiento.
- **Trasmite información háptica y acústica de la superficie:** Se refiere al tacto indirecto a través del bastón así puede ser por ejemplo conocer en qué clase de superficie se está desplazando o con qué clase de objeto se tiene contacto.
- **Adecúa la postura corporal con baja visión:** Muchas personas con baja visión lo que hacen en muchas ocasiones es bajar la cabeza al tratar de identificar objetos en el suelo lo que provoca que pierdan la capacidad de anticipación perceptiva a través de la visión, con el uso del bastón esto se rectifica para así establecer una línea de desplazamiento.
- **Adaptable a las condiciones personales:** Se adapta a personas con características diferentes como pueden ser: el tamaño, personas con problemas de equilibrio, etc.

Algunas de las desventajas que posee el bastón blanco son las que se mencionan a continuación:

**No protege con obstáculos más arriba de la cintura:** Como se dijo anteriormente el bastón sirve como protección y está limitada a la altura de la cintura, esto se puede complementar con otras técnicas o dispositivos que complementen la protección total del cuerpo.

**Provoca tropiezos:** En caso de no utilizar el bastón de manera adecuada puede provocar tropiezos, que pueden causar daños a la integridad de la persona por lo cual antes de su uso las personas no videntes deben tener una capacitación adecuada sobre la utilización del mismo.

## 2.6. Bastones Electrónicos [5]

Actualmente alrededor del mundo y con el avance tecnológico se han ido desarrollando varios dispositivos electrónicos los cuales han sido adaptados al bastón blanco para mejorar y complementar sus funciones. Entre algunos casos se tiene bastones electrónicos que advierten al usuario acerca de un obstáculo mediante pequeñas vibraciones que pueden generarse en un guante, en el mismo bastón blanco o cualquier otra estructura utilizada para colocar algún dispositivo de alerta que emita un sonido. Generalmente la señal que emiten estos dispositivos electrónicos aumenta al momento de que el usuario se aproxima al obstáculo.

Las personas que van a usar estos dispositivos electrónicos adaptados al bastón blanco deben someterse a un periodo de formación, en algunos casos esta formación se suma al costo del dispositivo, en el tiempo que se desarrolla dicho aprendizaje se presenta una

serie de dificultades que el usuario debe superar hasta que aprenda a interpretar claramente las señales o alertas emitidas por estos distintos dispositivos.

## 2.7. Bastón electrónico Egara [27]

Este tipo de herramienta es la implementación de una mejora en la parte del sujetador del tradicional bastón blanco. La característica de esta herramienta es poder detectar obstáculos aéreos que usando el bastón blanco tradicional no serían localizados. Esta acción se la puede lograr por medio de 3 sensores localizados en la parte inferior del sujetador del bastón los cuales detectan obstáculos que se encuentren a media altura, siendo éstos un peligro para el usuario. Al detectar un obstáculo, el usuario del bastón recibe una señal en una muñequera que está conectada al sujetador. En la Figura 2.5 se puede apreciar el diseño y el modo de funcionamiento del bastón electrónico Egara.



Figura 2. 5 Bastón electrónico Egara [9]

## 2.8. Trekker Breeze handheld talking GPS [12]

Esta herramienta es un GPS portátil de fácil uso el cual puede controlarse con una mano. Este GPS es capaz de anunciar verbalmente las calles, los cruces y los puntos de interés mientras el usuario se moviliza de un lugar a otro, adicionalmente este dispositivo permite

planear y seguir rutas. Básicamente está compuesto por un asistente digital personal externo, un receptor GPS y un altavoz, que están conectados vía bluetooth. En la Figura 2.6 se puede observar el dispositivo Trekker Breeze handheld talking GPS



Figura 2. 6 Trekker Breeze handheld talking GPS [12]

## 2.9. Step Hear Navigation [12]

Esta herramienta tecnológica posibilita a las personas no videntes localizar las entradas de los locales comerciales. En la Figura 2.7 tenemos los elementos principales de los cuales está constituido el Step Hear Navigation Este dispositivo cuenta con un sistema de audio que facilita la orientación: el funcionamiento se basa en radio frecuencia, el dispositivo receptor debe ser instalado en los locales comerciales cuando el usuario se encuentra en el campo de acción del dispositivo este comienza a vibrar y a sonar. Al presionar el botón de ayuda el dispositivo proporciona indicaciones para llegar a los establecimientos comerciales, adicionalmente este informa sobre los distintos servicios que puede encontrar en mencionado local comercial.



Figura 2. 7 Step Hear Navigation [12]

## 2.10. Arduino Uno [13]

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica digital programable de código abierto (open-source) basada en hardware y software fácil de utilizar, cuenta con un microcontrolador Atmega 328 el cual se puede programar usando el “Arduino Programming Language” (basado en Wiring) y el “Arduino Development Environment” (basado en Processing). La plataforma tiene como propósito facilitar el desarrollo de diferentes proyectos electrónicos.

Como se puede apreciar en la Figura 2.8 Arduino Uno está compuesto por una placa AVR de la familia de microcontroladores RISC, cuenta con un número de 14 pines que pueden ser configurados como entradas y salidas digitales, a las cuales se pueden conectar una serie de dispositivos que se encuentren en la capacidad de transmitir y recibir señales digitales de 0 y 5 voltios.

Dispone de 6 pines de entrada analógicos, por estas entradas analógicas se obtienen datos en forma de variaciones de voltaje de los diferentes sensores conectados a dichas entradas, de los 14 pines mencionados anteriormente 6 pueden actuar como salidas analógicas las cuales se utilizan para enviar señales de control en forma de señales PWM, los pines pueden trabajar con intensidades de corriente de hasta 40mA.

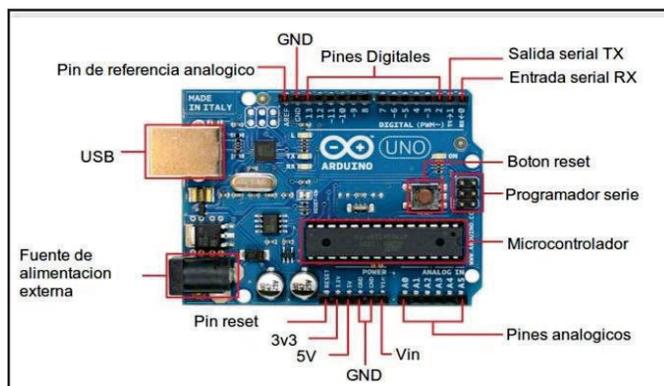


Figura 2. 8 Arduino Uno. [6]

## 2.11. Tipos de Memoria Arduino Uno [1] [13]

- SRAM: Memoria de lectura y escritura, de alta velocidad, en esta memoria se almacenan las variables que se colocan en los programas. Es un tipo de memoria volátil es decir los datos almacenados desaparecen cuando la placa electrónica pierde alimentación. Arduino UNO dispone de 2Kb.
- Flash: En este tipo de memoria es donde se almacena el programa. Su funcionamiento es similar a una pendrive. Solamente puede ser escrita durante el proceso de arranque desde el bootloader, posteriormente la memoria se bloquea ante escritura. En esta memoria se almacenan las instrucciones a ejecutarse en el programa y el propio bootloader, es un tipo de memoria no volátil es decir su contenido no se pierde al desconectar la alimentación de la placa electrónica. Tiene un número máximo de 10.000 reescrituras. Arduino UNO dispone de 32kb
- EEPROM: Memoria de lectura y escritura, su accesibilidad es lenta, pero puede cambiarse desde programa, es por esto que se suele utilizar para guardar configuraciones, estados de un programa que se requiere recuperar después, etc. Es

un tipo de memoria no volátil y tiene un número máximo de 100.000 reescrituras. Arduino UNO dispone de 1Kb.

En la tabla 2.1 se puede apreciar la capacidad de las memorias SRAM, Flash y EEPROM de algunos tipos de Arduino existentes en el mercado.

Tabla 2. 1 Comparativa placas Arduino [31]

| Prestaciones                | Arduino UNO   | Lilipad Arduino                          | Arduino Mega 2560                       | Arduino Fio                              | Arduino ADK                             | Arduino PRO   | Arduino Nano  |
|-----------------------------|---|--|---|--|---|---|---|
| Microcontroller             | ATmega328V  | ATmega168V<br>ATmega328V                 | ATmega256                               | ATmega328P                               | ATmega2560                              | ATmega328V  | ATmega168<br>ATmega328  |
| Operating Voltage           | 5 V   | 2.7-5.5 V                                | 5V                                      | 3.3V                                     | 5V                                      | 5 V   | 5 V   |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V   | 2.7-5.5 V                                | 7-12V                                   | 3.35-12 V                                | 7-12V                                   | 7-12V   | 7-12 V  |
| Input Voltage (limits)      | 6-20V   |  | 6-20V                                   |  | 6-20V                                   | 6-20V   | 6-20 V  |
| Input Voltage for Charge    |   |  |   | 3.7- 7 V                                 |   |   |   |
| Digital I/O Pins            | 14 (of which 6 provide PWM output)                    | 14 (of which 6 provide PWM output)       | 54 (of which 15 provide PWM output)     | 14 (of which 6 provide PWM output)       | 54 (of which 15 provide PWM output)     | 14 (of which 6 provide PWM output)                    | 14 (of which 6 provide PWM output)                                      |
| Analog Input Pins           | 6   | 6  | 16                                      | 8  | 16                                      | 6   | 8   |
| DC Current per I/O Pin      | 40 mA   | 40 mA                                    | 40 mA                                   | 40 mA                                    | 40 mA                                   | 40 mA   | 40 mA   |
| DC Current for 3.3V Pin     | 50 mA   |  | 50 mA                                   |  | 50 mA                                   | 50 mA   |   |
| Flash Memory                | 32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader) | 16 KB (of which 2 KB used by bootloader) | 256 KB of which 8 KB used by bootloader | 32 KB (of which 2 KB used by bootloader) | 256 KB of which 8 KB used by bootloader | 32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader) | 16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader |
| SRAM                        | 2 KB  | 1 KB                                     | 8 KB                                    | 2 KB                                     | 8 KB                                    | 2 KB  | 1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)                                    |
| EEPROM                      | 1 KB  | 512 bytes                                | 4 KB                                    | 1 KB                                     | 4 KB                                    | 1 KB  | 512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)                               |
| Clock Speed                 | 16 MHz  | 8 MHz                                    | 16 MHz                                  | 8 MHz                                    | 16 MHz                                  | 16 MHz  | 16 MHz  |

## 2.12. Tipos de Arduino [6] [13]

Existe una gran variedad de modelos en el mercado que se han desarrollado con el fin de atender ciertas necesidades que se han presentado. Se debe diferenciar entre los dispositivos oficiales y no oficiales.

**Oficiales:** Se consideran placas oficiales a las que son manufacturadas por la compañía italiana Smart Projectso por las empresas estadounidenses SparkFunElectronics (SFE) y Gravitech. Arduino Pro, Pro Mini y LilyPad son las manufacturadas por SFE y Arduino Nano por Gravitech, los restantes tipos de Arduino se crean en Italia. La placas reconocidas oficialmente son las que poseen el logo de Arduino y son las únicas que pueden llevar la marca registrada.

Se puede encontrar un gran número de modelos entre las placas oficiales, cada uno de estos modelos son diseñados para cumplir un fin específico, ser compatibles con los shields, módulos oficiales y Arduino IDE.

A continuación se cita una serie de modelos oficiales: Arduino BT, ArduinoDuemilanove, ArduinoDiecimila, Arduino Primo, Arduino UNO, Arduino TRE,ArduinoLilyPad, Arduino Pro, Arduino/Genuino 101, Arduino Zero, ArduinoYun, Arduino Leonardo, ArduinoDue, Arduino Mega, Arduino Ethernet, Arduino Fio, Arduino Nano, Arduino Pro Mini, Arduino Mega ADK, ArduinoEsplora, Arduino Micro.

En la Figura 2.9 se puede observar la tarjeta Arduino Pro Mini la cual se deriva de la tarjeta Arduino Mini, que es físicamente la más pequeña de las implementadas hasta el momento, las tarjetas Pro Mini son utilizadas para el desarrollo e implementación de prototipos y proyectos finales que no van a requerir cambios muy grandes y que van a estar ubicados en lugares fijos, o al menos instalados semipermanentemente, con conexiones fijas, determinadas y prácticamente ocultos, por lo que el tamaño y sus características lo hacen adecuado para tales características.

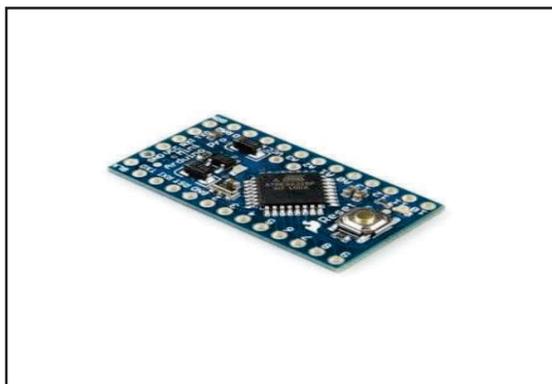


Figura 2. 9 Arduino Pro Mini [6]

**No oficiales o compatibles:** Se consideran placas no oficiales a las que no pueden estar registradas bajo el nombre de Arduino pero son compatibles con el mismo. Son diseñadas y manufacturadas por otras compañías. Estas placas no aportan al desarrollo propio de Arduino sino que son una serie de derivaciones que han sido desarrolladas con el fin de satisfacer ciertas necesidades del mercado. En la mayoría de los casos estas placas usan en su nombre el sufijo “duino” para identificarlas, como por ejemplo Farduino.

A continuación se mencionará solo las más conocidas puesto que existen centenares de modelos no oficiales. Se debe aclarar que en los modelos oficiales se tiene soporte y foros de ayuda de la comunidad de desarrolladores, pero hay que reconocer de igual manera que ciertas placas compatibles presentan buenas prestaciones como las mencionas a continuación: Banguino, Boarduino, Femtoduino, JeeNode, AVR.duino U+, SainSmart UNO y Mega, Brasuino, ChibiDuino2, Diavolino, Freeduino, Rascal, Romeo 2012, Roboduino, Seeeduino, Twenty Ten, Zigduino, Farduino, Motoduino, FlyDuino Mega, Moteino, PicoDuino, Sanguino, SODAQ, TinyDuino, TinyLily, Versalino Uno, Leaflabs Maple, Bambino 210, ParallaxPropeller, TheUno, Goldilocks, Pingüino, pcDuinoNetduino Plus 2, Freaduino, Teensy, Funduino y Ruggeduino.

Entre las placas no oficiales se tiene la Almond PCB de OpenBlonics como se puede ver en la Figura 2.10, Almond PCB es una placa similar a las de Arduino oficiales la cual incluye un microcontrolador Atmega 2560, 11 SALIDAS, 9 pines E/S configurables digitales, 2 pines ADC, 256KB de flash, 4KB de EEPROM, USB, I2C, UART, SPI. Es muy utilizada para proyectos de robótica y en particular las manos robotizadas

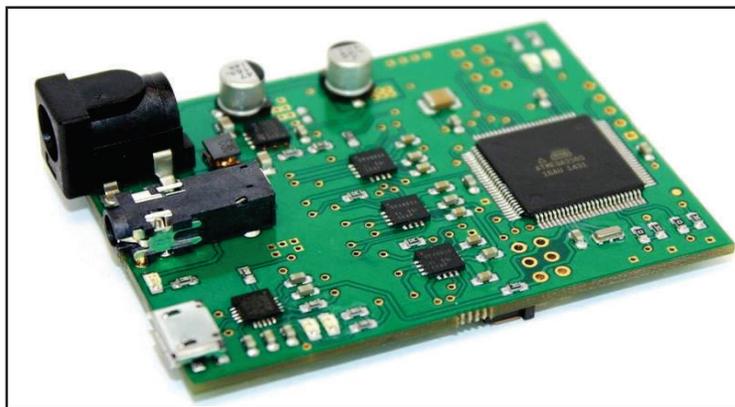


Figura 2. 10 Almond PCB [6]

### 2.13. Sensores [11]

Son dispositivos los cuales permiten identificar una señal analógica externa (variable), medirla y posteriormente procesarla para mostrar un resultado según las características que presenta dicha variable, estas variables pueden ser intensidad lumínica, temperatura, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc. Es decir que un sensor es el encargado de medir una variable determinada para usar dicha información proporcionada en otro dispositivo.

## 2.14. Sensores final de carrera o interruptor de posición [22]

Son dispositivos electrónicos que se encargan de controlar la activación o la desactivación de otros dispositivos. Generalmente son fabricados en metal, fibra de vidrio o plástico. Como se puede ver en la Figura 2.11 el sensor de fin de carrera generalmente se compone de un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento.

Las aplicaciones de este tipo de sensor se realizan en máquinas que se encuentren en un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que efectúan un recorrido fijo, como por ejemplo ascensores, montacargas, robots, etc. Este tipo de sensor se activa cuando tiene contacto con un objeto.

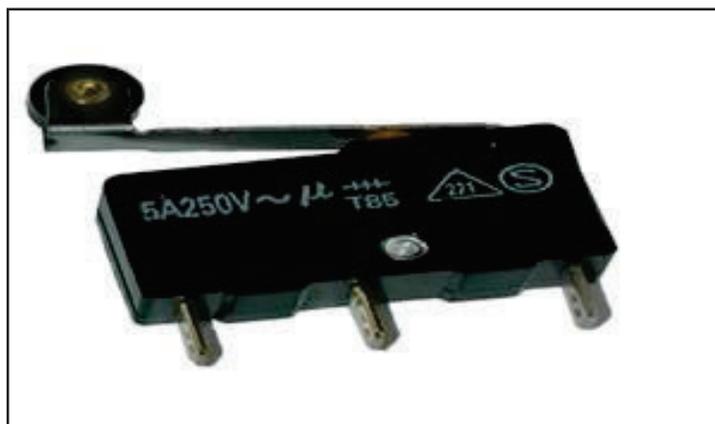


Figura 2. 11 Sensor final de carrera [22]

## 2.15. Sensores de proximidad [22]

Son dispositivos los cuales permite detectar objetos o señales que se encuentran a determinada distancia. Su clasificación es muy variada caracterizada por el principio físico que utilizan, generalmente se puede mencionar los interruptores de posición, los detectores capacitivos, los inductivos, magnéticos y los fotoeléctricos.

El poder detectar la presencia de algún objeto se vincula al correcto uso de la medición de la variable, el aspecto más importante de la detección es conocer dónde se encuentra un determinado objeto. Las aplicaciones son muy variadas así por ejemplo: contar piezas, movilizarlas y accionar otros mecanismos en base a la posición o detección del objeto.

En la Figura 2.12 se puede observar el sensor de proximidad basado en infrarrojos de Sharp (GP2Y0A21YK), el cual dispone de un conector JST de 3 pines y proporciona un valor analógico (voltaje) según la distancia del objeto detectado. La salida proporciona 3,1V a 10cm hasta 0,4V a 80cm por lo que cualquier microcontrolador con una entrada ADC disponible puede fácilmente interpretar su señal sin necesidad de componentes externos.

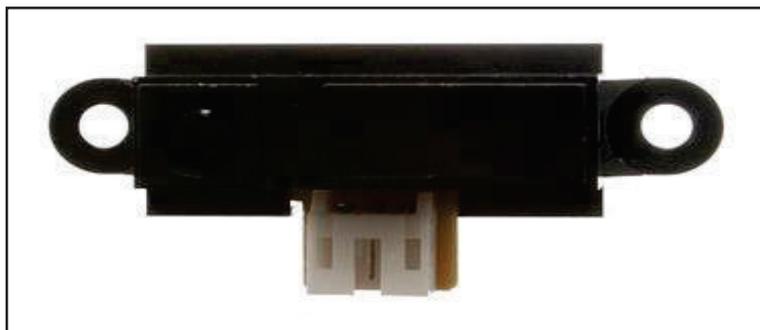


Figura 2. 12 Sensor de proximidad infrarrojo [24]

A continuación se presenta la clasificación de los sensores de proximidad:

- **Sensores de proximidad capacitivos [22]**

Los sensores capacitivos tienen un funcionamiento que no necesita un contacto directo con el obstáculo. La principal característica de este tipo de dispositivo sensor es que puede detectar tanto materiales no conductivos y conductivos, generalmente se utilizan

para detectar objetos como: líquidos, materiales granulados y ciertos tipos de plásticos, etc.

Las aplicaciones que se desarrollan con este tipo de sensor depende de las características de objeto, estas características tienen gran dependencia en la distancia de detección y en el punto de conmutación del sensor. Este tipo de sensores ofrecen una alternativa tecnológica para ser utilizados en aplicaciones donde no es posible hacer uso de sensores inductivos.

En la Figura 2.13 se puede apreciar algunos tipos de modelos de sensores de proximidad capacitivos disponibles en el mercado



Figura 2. 13 Sensores de proximidad capacitivos [22]

- **Sensor de proximidad inductivo [22]**

Este tipo de sensor cumple la función de detectar objetos que se aproximan a dicho sensor, sin establecer contacto con los mismos. Su clasificación tiende a tres tipos de sensor de acuerdo a los siguientes parámetros: el tipo de oscilación de alta frecuencia que utiliza la inducción electromagnética; el tipo magnético que emplea un imán; y el tipo de capacitancia que utiliza la capacidad eléctrica.

Estos sensores funcionan generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente generadas al introducirse en este sensor los objetos de detecciones férricas y no férricas.

Como se observa en la Figura 2.14 existen una gran variedad de sensores de proximidad inductivos entre los más utilizados se puede mencionar los siguientes:

- a. Sensores de proximidad con "Metal Face" los cuales están embutidos en robustas y duraderas carcasas de acero inoxidable, que les hace ser la mejor elección para aplicaciones expuestas a condiciones severas.
- b. Sensores de proximidad para actuadores de válvulas, estos sensores de proximidad se montan directamente sobre el actuador para ofrecer un montaje rápido, un fácil reemplazo y un diseño muy compacto.
- c. Sensores de proximidad anulares los cuales están provistos de una bobina anular que se activa en cuanto un objeto metálico se encuentra dentro del anillo.



Figura 2. 14 Sensor de proximidad inductivo [22]

Las partes de un sensor de proximidad inductivo consisten en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida.

El funcionamiento es similar al capacitivo; la bobina detecta el objeto cuando se produce un cambio en el campo electromagnético y envía la señal al oscilador, luego se activa el disparador y finalmente al circuito de salida hace la transición entre abierto o cerrado. Este tipo de sensores ofrecen una detección robusta y confiable, su rango cubre desde distancias muy pequeñas como la de 1 mm.

- **Sensores de proximidad magnéticos [22]**

Estos sensores funcionan al detectar los campos magnéticos de imanes permanentes o electroimanes, los sensores magnéticos están conformados por contactos tipo red, cuyas placas encapsuladas en un bulbo de vidrio junto con gas inerte, son fácilmente influenciadas por campos magnéticos. Estos sensores se utilizan en conjunto con un imán o una superficie imantada, de tal manera que su salida conmuta al aproximarse al campo magnético.

El principal es el llamado interruptor Reed; consiste en un par de láminas metálicas de materiales ferromagnéticos colocadas en el interior de una cápsula que se atraen en presencia de un campo magnético, cerrando el circuito.

La tecnología que se utiliza en este tipo de sensor es realmente útil cuando se quiere detectar una pieza metálica, en un ambiente con alta presencia de objetos metálicos, magnetizando la pieza a detectar para diferenciarla del resto de los objetos metálicos. El interruptor Reed puede sustituir a los finales de carrera para detectar la posición de un elemento móvil, con la ventaja de que no necesita ser empujado físicamente por dicho elemento sino que puede detectar la proximidad sin contacto directo.

En la Figura 2.15 se puede apreciar el sensor de campo magnético MB-F32-A2-V1, el cual es adecuado para la detección de cilindros hidráulicos magnetizables de acero, este sensor detecta la posición del émbolo a través de la pared del cilindro



Figura 2. 15 Sensor de proximidad magnético [22]

## 2.16. Sensores Fotoeléctricos [22]

Son dispositivos electrónicos que actúan al presentarse un cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor.

Los sensores fotoeléctricos son elementos presentes en máquinas y cintas transportadoras. Ofrecen un tamaño conveniente sin perder robustez, además permiten detectar la presencia de objetos de todos los tamaños, formas y colores.

Generalmente se utilizan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada, para su funcionamiento se hace uso de haces de luz infrarrojo y LED visible o láser, esta señal modulada se propaga a través del medio hasta detectar el objeto.

El sensor de luz más común es el LDR -Light Dependant Resistor o Resistor dependiente de la luz-. Un LDR es básicamente un resistor que cambia su resistencia cuando cambia la intensidad de la luz.

Como se puede ver en la Figura 2.16 existen distintos tipos de sensores fotoeléctricos y se clasifican básicamente en tres categorías: sensores difusos, opuestos y retro reflectores.

- a. **Sensores difusos:** Son aquellos que usan la propia reflexión que presenta el objeto.
- b. **Sensores opuestos:** Son aquellos que utilizan un emisor y un receptor para su funcionamiento.
- c. **Sensores retro reflectores:** Son aquellos que hacen uso de un espejo para reflejar la luz.

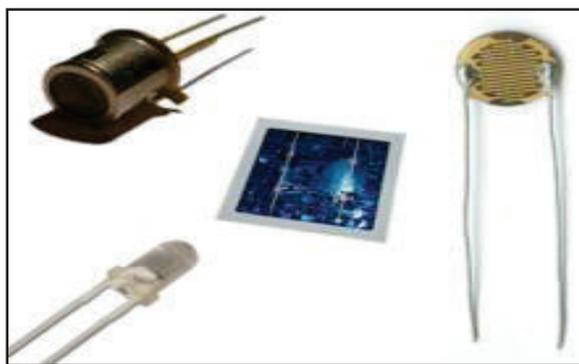


Figura 2. 16 Sensores fotoeléctricos [25]

### 2.17. Sensor de infrarrojos [34]

Este dispositivo opto electrónico es un sensor de medición de distancia, que se basa en un sistema de emisión/recepción de radiación lumínica en el espectro de los infrarrojos. Posee una fuente de luz (diodo emisor) y detector (fototransistor) integrados en un mismo encapsulado, la detección del objeto se realiza mediante la reflexión (o no) del haz infrarrojo sobre la superficie del objeto.

Todos los objetos emiten una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, la técnica generalmente usada

para realizar la medición de la distancia se la realiza haciendo uso del principio de triangulación de la luz que rebota sobre el objeto.

Tal y como se aprecia en la Figura 2.17 el principio de triangulación consiste en enviar un haz de luz, el cual incide con un ángulo diferente en función de la distancia del sensor, el ángulo de incidencia es captado por una película lineal fotosensible que proporciona un valor analógico a la salida en función de la posición en la que el rayo de luz impacta. Se puede concluir que uno de las principales inconvenientes de esta técnica es que el ángulo de incidencia varía un poco para grandes distancias y por esta razón el sensor es poco sensible

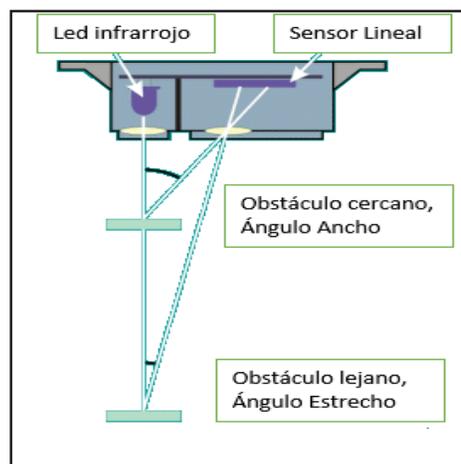


Figura 2. 17 Principio de triangulación de la luz [27]

## 2.18. Sensor ultrasónico [22]

Los sensores de ultrasonido son dispositivos electrónicos que detectan los objetos a determinadas distancias, este tipo de sensores miden la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas, es decir que mide el tiempo que la señal tarda en regresar al ser reflejada por un objeto desde su transmisión, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas. Este tipo de sensor trabaja utilizando como medio de

propagación el aire y una de sus características es detectar objetos de diferentes colores, diferente forma y de distintos tipos de material. Los objetos pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos.

En las aplicaciones industriales, los sensores ultrasónicos se destacan por su fiabilidad y excepcional versatilidad. Los sensores ultrasónicos se pueden utilizar para realizar incluso las tareas más complejas relacionadas con la detección de objetos o mediciones de nivel con una precisión milimétrica, ya que su método de medición es fiable en casi todo tipo de condiciones. Se tiene una gran variedad de sensores de ultrasonido utilizados en distintas áreas como: Alimentación y bebidas, trabajos en madera y mobiliario, agricultura, diseño, manipulación de materiales, etc.

En la Figura 2.18 se puede observar las distintas variantes de los sensores de ultrasonido como por ejemplo los sensores de ultrasonido de barrera por reflexión, de detección directa, de barrera unidireccionales y de dos hojas



Figura 2. 18 Variantes de sensores ultrasónicos [22]

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Introducción

Una vez analizado todo lo referente a la discapacidad visual, el bastón blanco, innovaciones tecnológicas, dispositivos tiflotécnicos, dispositivos electrónicos para detectar colores, medir distancias y reproducir sonidos, plataforma electrónica de prototipos Arduino Uno y análisis de cifras de la discapacidad visual a nivel mundial y nacional. Se procederá a elegir la información útil necesaria para realizar el diseño e implementación del dispositivo electrónico.

Para realizar el diseño de la infraestructura que soportará el dispositivo electrónico a implementar, se tomaron algunas pautas de algunos bastones que se mencionaron en el capítulo 1, en vista de que las funcionalidades que presentaron, resultaron sumamente satisfactorias y lograron satisfacer algunas necesidades de las personas no videntes, con esto no se quiere dar a entender que se va a realizar una copia de alguno de ellos sino más bien realizar un dispositivo electrónico en el cual se tome en cuenta ciertos parámetros como por ejemplo el costo de los elementos, ya que uno de los aspectos más relevantes a cubrir es el económico, puesto que se tiene en cuenta que la mayoría de la población de personas no videntes en nuestro país son de recursos limitados.

Con la implementación de este dispositivo se debe tomar en consideración que dicho dispositivo no cubrirá todos los inconvenientes que tienen las personas no videntes en su vida cotidiana, pero logrará facilitar la realización de ciertas tareas.

Las personas no videntes que van a utilizar este dispositivo electrónico deben recibir una tutoría acerca del funcionamiento del mismo, previo a su uso para posteriormente recibir otra inducción de cómo utilizar dicho dispositivo en conjunto con el bastón blanco que generalmente utilizan para así lograr un desplazamiento de un lugar a otro con la mayor seguridad y confiabilidad posible.

Se procederá a efectuar las pruebas correspondientes en varias personas para determinar el diseño más factible y cómodo para el usuario, el diseño de la infraestructura se adaptará al uso del bastón blanco para así complementar las utilidades que dicho bastón brinda a la persona con discapacidad visual.

Lo que se pretende es brindar una herramienta tecnológica de bajo costo y cómoda para el usuario como se mencionó anteriormente, esta opción tecnológica debe ser capaz de ser transportada sin ningún inconveniente por el usuario es decir que presente poca o ninguna dificultad para ser utilizada en cualquier momento y lugar. Con la implementación del dispositivo se logrará dar una solución a dos tareas diarias bien definidas que realizan las personas con discapacidad visual, las cuales son: movilizarse de un lugar a otro y adquirir conocimiento mediante la información que proporcionan los colores de ciertos objetos.

### **3.2. Recolección de datos.**

Esta tarea está enfocada a determinar las expectativas que tienen las personas no videntes en el desarrollo de este dispositivo, para llevar a cabo esta tarea se realizó una encuesta a un grupo de personas que tienen algún tipo de discapacidad visual.

El objetivo de la encuesta es determinar la manera en que las personas no videntes reaccionarán con el uso de un dispositivo electrónico, conocer si ya poseen algún tipo de ayuda, saber si las ayudas que utilizan cubren todas sus necesidades, determinar cómo desearían que sea el diseño de la infraestructura y determinar si las funciones que se propuso en este proyecto cubrirán un grado alto de satisfacción en estas personas.

El grupo de personas encuestadas se conforma de 10 individuos los cuales presentan varios tipos de ceguera. La mayoría de estas personas desempeñan actividades de venta en los buses, en la calle y en locales comerciales en el centro histórico de la ciudad. En las Figuras 3.1, 3.2, 3.3 se puede visualizar el modelo del cuestionario desarrollado.

|   |  |  |
|---|--|--|
|                              | ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS  |  |
|   | ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES   |  |
|   | Diseño e implementación de un dispositivo electrónico medidor de distancias y detector de colores para ayudar a las personas no videntes mediante comandos de voz. |  |
| ENCUESTA  |  |  |
| 1. ¿Qué grado de seguridad siente al caminar ?  |  |  |
| a) Alta   |  |  |
| b) Baja   |  |  |
| c) Media  |  |  |
| 2. ¿Qué grado de dependencia de otra persona tiene para realizar sus actividades diarias?                     |  |  |
| a) Alta   |  |  |
| b) Baja   |  |  |
| c) Media  |  |  |
| 3. ¿Utiliza algún tipo de ayuda para moverse?, por ejemplo Bastón Blanco                                      |  |  |
| a) Sí   |  |  |
| b) No   |  |  |
| Tipo de ayuda:  |  |  |
| 4. ¿El tipo de ayuda mencionada anteriormente cubre satisfactoriamente la necesidad de moverse con seguridad? |  |  |
| a) Sí   |  |  |
| b) No   |  |  |

Figura 3. 1 Cuestionario para determinación de necesidades. Parte 1.

|   |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|
| 5.¿El tipo de ayuda mencionada anteriormente brinda comodidad y es fácil de usar?   |  |  |  |  |  |  |
| a)Sí  |  |  |  |  |  |  |
| b)No  |  |  |  |  |  |  |
| 6.¿Qué grado de dependiente aporta su sentido de audición?  |  |  |  |  |  |  |
| a)Alta  |  |  |  |  |  |  |
| b)Baja  |  |  |  |  |  |  |
| c) Media  |  |  |  |  |  |  |
| 7.¿Le gustaría probar un dispositivo electrónico el cual le indique la presencia de un obstáculo?   |  |  |  |  |  |  |
| a)Sí  |  |  |  |  |  |  |
| b)No  |  |  |  |  |  |  |
| 8. ¿Cuál sería la forma mas adecuada en que el dispositivo electrónico le notifique la presencia de un obstáculo?                         |  |  |  |  |  |  |
| a)Una especie de vibración  |  |  |  |  |  |  |
| b)Un sonido de tono mediante un audífono  |  |  |  |  |  |  |
| c) Un sonido de tono mediante parlante  |  |  |  |  |  |  |
| d) Un comando de voz mediante audífonos   |  |  |  |  |  |  |
| 9.¿Cuál sería otra tarea que le gustaría que realice el dispositivo electrónico?  |  |  |  |  |  |  |
| a)Notificar la hora   |  |  |  |  |  |  |
| b)Identificar colores   |  |  |  |  |  |  |
| c) Indicar la temperatura   |  |  |  |  |  |  |
| 10.¿ Le gustaría poder identificar el color de algún objeto con el uso de este dispositivo electrónico?, por ejemplo una prenda de vestir |  |  |  |  |  |  |
| a)Sí  |  |  |  |  |  |  |
| b)No  |  |  |  |  |  |  |

Figura 3. 2 Cuestionario para determinación de necesidades. Parte 2

|   |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|
| 11. ¿ Conoce el color de sus prendas de vestir por características propias de dichas prendas?, por ejemplo la camisa azul tiene mangas largas y la gris mangas cortas |  |  |  |  |  |  |
| a) Sí   |  |  |  |  |  |  |
| b) No   |  |  |  |  |  |  |
| 12. ¿Mejoraría su autoestima, conocer el color de las prendas de vestir que va a utilizar?  |  |  |  |  |  |  |
| a) Sí   |  |  |  |  |  |  |
| b) No   |  |  |  |  |  |  |
| 13. ¿Cree que en el Ecuador la tecnología electrónica en los últimos años ha brindado ayuda a las personas que tienen algún tipo de discapacidad visual?              |  |  |  |  |  |  |
| a) Sí   |  |  |  |  |  |  |
| b) No   |  |  |  |  |  |  |
| 14. ¿ En qué lugar cree conveniente que el dispositivo electrónico debería ser implementado ?   |  |  |  |  |  |  |
| a) Una especie de cinturón  |  |  |  |  |  |  |
| b) Gafas  |  |  |  |  |  |  |
| c) En el bastón blanco  |  |  |  |  |  |  |
| d) En alguna prenda de vestir   |  |  |  |  |  |  |
| 15. ¿ Se debería realizar más proyectos de este tipo?   |  |  |  |  |  |  |
| a) Sí   |  |  |  |  |  |  |
| b) No   |  |  |  |  |  |  |
| 15. ¿Qué otro aspecto se podría implementar en este dispositivo? Explique   |  |  |  |  |  |  |
|   |  |  |  |  |  |  |
|   |  |  |  |  |  |  |

Figura 3. 3 Cuestionario para determinación de necesidades. Parte 3.

### **3.3. Elaboración de la infraestructura**

Con los datos obtenidos en las encuestas realizadas, se procedió a buscar la opción más adecuada al momento de diseñar la infraestructura en donde se integrarán los demás dispositivos necesarios para lograr implementar el dispositivo electrónico. Con el fin de satisfacer las necesidades propuestas y brindar una herramienta tecnológica cómoda para el usuario. Ver encuestas realizadas en el Anexo F

### **3.4. Características.**

Las características técnicas que se establecieron en la infraestructura para el dispositivo electrónico que se diseñó, fueron evaluadas para determinar el grado de satisfacción del usuario al analizar cada una de las necesidades manifestadas en las encuestas realizadas los resultados obtenidos pueden observarse en el Anexo F

### **3.5. Diseño del dispositivo electrónico**

Se analizaron los distintos módulos disponibles en el mercado que sean compatibles con la plataforma de prototipos electrónica Arduino Uno y que permitan la implementación del dispositivo electrónico para ayudar a las personas no videntes mediante comandos de voz. Dichos dispositivos deberán brindar las suficientes garantías para un uso confiable y perdurable en un periodo máximo en el cual dicho dispositivo electrónico no presente ninguna dificultad en las funciones que lo caracterizan.

En la Figura 3.4 se puede observar el esquema de bloques para la distribución del hardware del dispositivo electrónico a implementar. El dispositivo electrónico se compone de un elemento electrónico de selección de función que permite elegir si se va a realizar la detección de un color o si se va a realizar la detección de un obstáculo, la señal recibida es enviada a la plataforma electrónica Arduino Uno que es la encargada de procesar las señales recibidas.

La estructura en sí se compone de un elemento electrónico de selección de función, un sensor de color para la detección del mismo, sensor de ultrasonido para la detección de obstáculos, módulo mp3 para la generación de notificaciones, de las cuales éstas varían de acuerdo a la distancia detectada por el sensor de ultrasonido, o el color detectado por el sensor de color, todo esto en conjunto con un parlante por el cual se escucha la notificación del sistema.

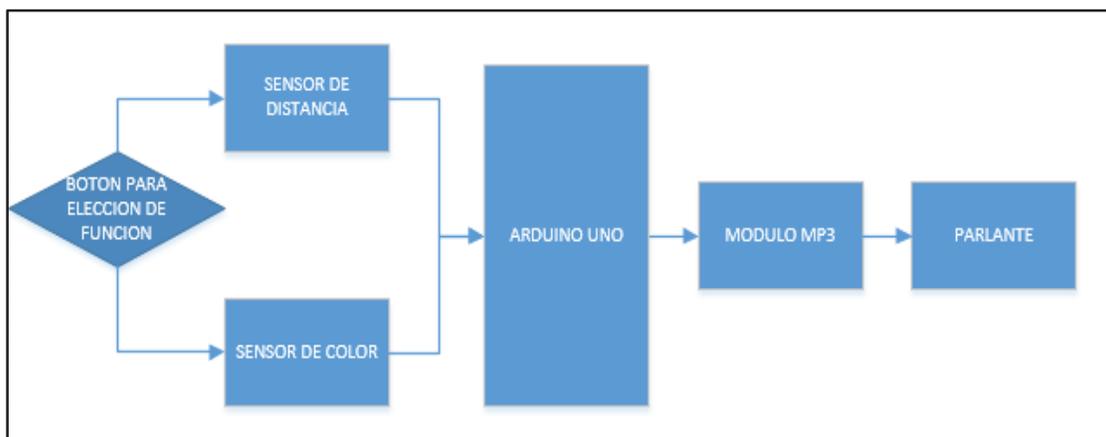


Figura 3. 4 Diagrama de bloques, conexión de hardware

Como se puede apreciar en la Figura 3.5 se tiene la estructura en donde se va acoplar la plataforma electrónica Arduino Uno, mencionada estructura consiste en un cinturón que puede ser calibrado a varias medidas y así pueda ser usado por cualquier persona.



Figura 3. 5 Estructura de apoyo para Arduino Uno

### 3.6. Sensor detector de obstáculos [18]

Para escoger el sensor detector de obstáculos para el dispositivo electrónico a realizar es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros.

- Primero: Verificar que el dispositivo medidor de distancia pueda detectar un objeto a 100 cm como distancia mínima y establecer un rango de medidas que abarcará el dispositivo.
- Segundo: El costo que tendrá el sensor debe cubrir el beneficio que brindará, es lo que se conoce como costo-beneficio.
- Tercero: Se debe tomar en cuenta la facilidad que ofrece para su implementación y operación, así como sus ventajas y desventajas.

Una vez analizados los parámetros mencionados de los dispositivos disponibles en el mercado y citados en el capítulo 2, se optó por elegir el sensor de ultrasonidos HC-SR04 que es un sensor de distancias por ultrasonidos capaz de detectar objetos y calcular la distancia a la que se encuentra en un rango de 1.7 a 450 cm.

El sensor funcionará por ultrasonidos y contiene toda la electrónica encargada de hacer la medición, se lo ubicará en una estructura de Gafas plásticas como se puede observar en la Figura 3.6. Lo cual permitirá al usuario detectar obstáculos que se encuentren a media altura, entre la cadera y la cabeza, siendo éstos un peligro para el usuario.



Figura 3. 6 Estructura para sensor de ultrasonido

Su funcionamiento consiste en emitir un sonido ultrasónico por uno de sus transductores, y esperar que el sonido rebote en algún objeto presente, el eco es captado por el segundo transductor y dependiendo del tiempo que tomó en captar dicha señal se determina la distancia a la que se encuentra dicho objeto, en otras palabras la distancia se determina en función al tiempo que demora en llegar el eco.

En la Figura 3.7 se puede observar apreciar el sensor de ultrasonido HC-SR04 el cual se destaca por su bajo consumo, tamaño pequeño, gran precisión y bajo precio por lo que se está utilizando en una gran cantidad de proyectos electrónicos.

De fácil uso y programación con las placas de Arduino y varios tipos de microcontroladores.

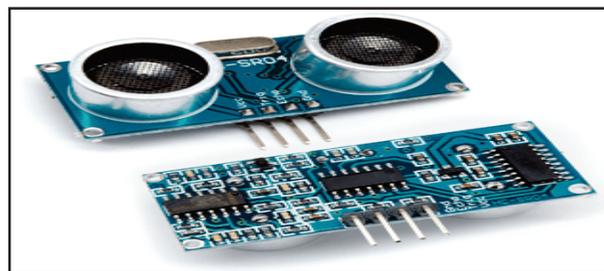


Figura 3. 7 Sensor de ultrasonidos HC-SR04 [18]

En la Figura 3.8 podemos ver el diagrama de conexiones realizadas para el funcionamiento del sensor de ultrasonido HC-SR04 en conjunto con el Arduino Uno.

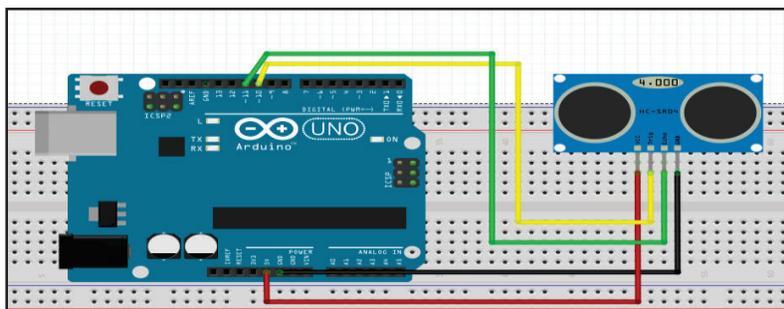


Figura 3. 8 Conexión del HC-SR04 en el Arduino Uno

### 3.7. Sensor de color TCS230 [23]

Para la implementación del módulo sensor de color TCS230 se debe tomar en cuenta que como la luz medida por este dispositivo es la que incide en la matriz de fotodiodos, este sensor debe ser utilizado con fuentes de luz o con objetos bien iluminados que reflejen con suficiente intensidad la luz incidente, es por ello que se colocó un diodo led de luz blanca incluyen iluminación cercana al sensor y una carcasa para aislar al propio sensor de iluminación externa, tal y como se aprecia en la Figura 3.9 y con esta implementación se minimiza errores al momento de recopilar los datos de la luz incidente por un objeto determinado.



Figura 3. 9 Implementación de led y carcasa para control de incidencia de luz

En la Figura 3.10 podemos ver el diagrama de conexiones realizadas en el Arduino Uno para el funcionamiento del sensor de color TCS230 en conjunto con el led de luz blanca para corregir la luz incidente del objeto.

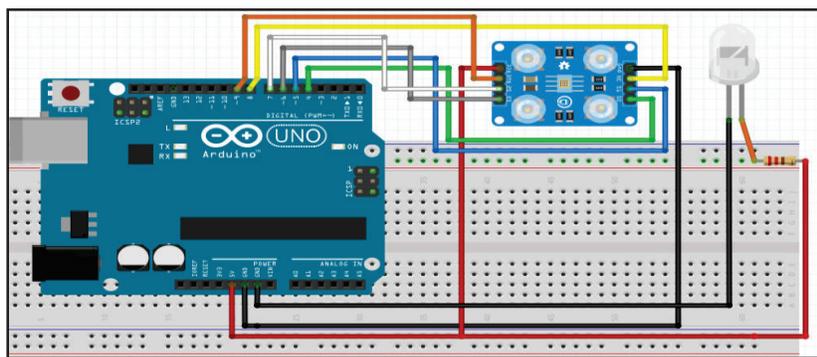


Figura 3. 10 Conexión del sensor TCS230 y led de luz blanca en Arduino Uno

### 3.8. Módulo mp3 WTV020SD-16P [35]

Para realizar la incorporación del módulo de sonido WTV020SD-16P a la placa de Arduino Uno se realizaron los siguientes pasos de acuerdo a las recomendaciones del fabricante:

1. Energizar el módulo con 3.3 V, ya que si se lo energiza con más voltaje puede causar daños al dispositivo.
2. Convertir los archivos .mp3 o .wav grabados a formato .ad4, los cuales se almacenaron en una tarjeta microSD de 2Gb de capacidad como máximo.
3. Formatear la tarjeta microSD en FAT32.
4. Codificar los archivos de audio en 4bit ADPCM.

5. Guardar los archivos de audio en la raíz de la tarjeta microSD sin archivos de otro tipo.
6. Nombrar los archivos de audio con la numeración de 4 dígitos desde 0000.ad4 hasta 0512.ad4

En la Figura 3.11 se puede observar cómo se integró el módulo mp3 WTV020-16P a la plataforma electrónica Arduino Uno mediante un protoboard diseñado para ajustarse a dicha placa electrónica

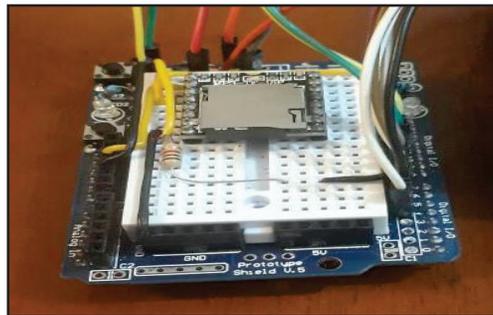


Figura 3. 11 Conexión del módulo WTV020SD-16P al Arduino Uno

### **3.9. Adaptación de sensor de ultrasonido HC-SR04 y sensor de color TCS230**

Indudablemente se conoce que el uso del bastón blanco no cubre muchas de las necesidades de movilización que tienen las personas no videntes, es por eso que usando el sensor de ultrasonido se cubrió dicha falencia.

Como se puede observar en la Figura 3.12 el sensor de ultrasonido fue ubicado en una gafas las cuales usarán las personas no videntes para así alertar al usuario de obstáculos cercanos que se encuentren en la dirección que ellos coloquen su mirada, de esta forma se podrá detectar obstáculos que se encuentran a la altura de su rostro.



Figura 3. 12 Estructura de gafas del dispositivo

### 3.10. Identificación de colores

Para la obtención, identificación, configuración y notificación de los colores de distintas prendas de vestir se procedió a usar el sensor TCS230 que permite convertir en frecuencia la intensidad de luz medida por una matriz de fotodiodos, el valor de la frecuencia otorgada por el sensor TCS230 es proporcional a la luminosidad que se detecte, con el fin de conseguir valores de frecuencia que no varíen al exponer el sensor de color a la luz del ambiente se colocó un diodo de luz blanca como se puede observar en la Figura 3.13, de esta forma se logra minimizar los errores que se pueden presentar al momento de identificar los valores de frecuencia de las distintas prendas de vestir.

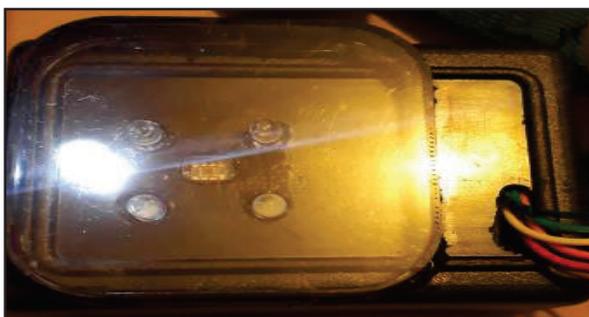


Figura 3. 13 Estructura para el sensor de color TCS230

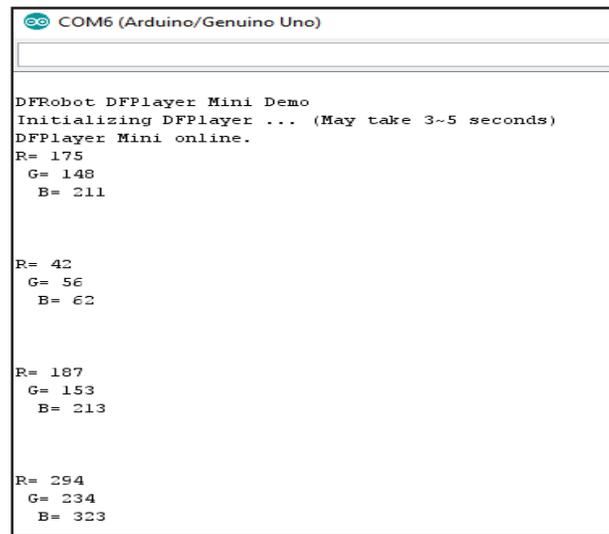
Básicamente el sensor de color TCS230 permite obtener un valor promedio del valor medido para equilibrar las diferencias de color en la superficie muestreada, los filtros de color RGB que posee este sensor permite ir alternando su estado, para distinguir el color de cada prenda de vestir.

Para obtener y programar los distintos valores de frecuencias de cada color de las prendas de vestir se utilizó el método empírico de medición el cual consistió como se puede apreciar en la Figura 3.14 en programar el sensor TCS230 para que presente los valores de frecuencia detectados en cada filtro al acercarse una prenda de vestir.

```
digitalWrite(OE, LOW);
digitalWrite(S2,LOW); // CONFIGURA LA DETECCION CON LOS FOTODIODOS ROJOS
digitalWrite(S3,LOW);
r=pulseIn(sensorOut, LOW ); // LECTOR DE FRECUENCIA
delay(25);
digitalWrite(S2,LOW); // CONFIGURA LA DETECCION CON LOS FOTODIODOS VERDES
digitalWrite(S3,HIGH); // LECTOR DE FRECUENCIA
g=pulseIn(sensorOut,LOW);
delay(25); //TIEMPO DE ESPERA PARA ACTIVAR EL SIGUIENTE CONJUNTO DE FOTODIODOS
digitalWrite(S2,HIGH); // CONFIGURA LA DETECCION CON LOS FOTODIODOS AZULES
digitalWrite(S3,HIGH);
b=pulseIn(sensorOut,LOW); // LECTOR DE FRECUENCIA
delay(25); //TIEMPO DE ESPERA PARA ACTIVAR EL SIGUIENTE CONJUNTO DE FOTODIODOS
delay(100); // TIEMPO DE ESPERA PARA MOSTRAR LOS VALORES DE FRECUENCIA DETECTADOS
Serial.print("R= "); // IMPRIME EL CARACTER R (ROJO)
Serial.println(r,DEC); // IMPRIME EL VALOR DE LA FRECUENCIA DETECTADA POR EL CONJUNTO DE FOTODIODOS ROJOS
Serial.print(" "); // SALTA UN ESPACIO
Serial.print("G= "); // IMPRIME EL CARACTER G (VERDE)
Serial.println(g,DEC); // IMPRIME EL VALOR DE LA FRECUENCIA DETECTADA POR EL CONJUNTO DE FOTODIODOS VERDES
Serial.print(" "); // SALTA UN ESPACIO
Serial.print("B= "); // IMPRIME EL CARACTER B (AZUL)
Serial.println(b,DEC); // IMPRIME EL VALOR DE LA FRECUENCIA DETECTADA POR EL CONJUNTO DE FOTODIODOS AZULES
Serial.print(" "); // SALTA UN ESPACIO
Serial.println("\n\n"); // SALTA UNA LINEA
delay(100); //TIEMPO DE ESPERAPARA LA COMPARACION DE LOS VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS
```

Figura 3. 14 Programación de filtros RGB del sensor TCS230

Al acercarse las prendas de vestir de distintas texturas y diferentes colores al sensor de color TCS230 se visualizó el valor de frecuencia detectado por cada filtro usando el monitor serie de la interfaz de programación de la plataforma electrónica Arduino como se puede apreciar en la Figura 3.15.



```

COM6 (Arduino/Genuino Uno)

DFRobot DFPlayer Mini Demo
Initializing DFPlayer ... (May take 3~5 seconds)
DFPlayer Mini online.
R= 175
  G= 148
  B= 211

R= 42
  G= 56
  B= 62

R= 187
  G= 153
  B= 213

R= 294
  G= 234
  B= 323

```

Figura 3. 15 Muestreo de valor de frecuencia en los filtros RGB

Después de realizar el muestreo correspondiente con varios tipos de prendas de distintas texturas y colores se obtuvieron los rangos de frecuencia en los filtros RGB, los cuales fueron registrados dependiendo de cada color en la Tabla 3.1 presentada a continuación.

Tabla 3. 1 Rango de valores de frecuencia de cada color en los filtros RGB

| VALOR DE FRECUENCIA DETECTADO EN CADA UNO DE LOS FILTROS |            |             |            |
|--|------------|-------------|------------|
| COLOR  | ROJO (Khz) | VERDE (Khz) | AZUL (Khz) |
| Rojo   | 130-150    | 215-235     | 325-345    |
| Rojo oscuro  | 180-210    | 250-265     | 375-395    |
| Azul   | 125-150    | 90-110      | 135-170    |
| Gris oscuro  | 205-220    | 200-215     | 250-270    |
| Morado   | 210-260    | 180-220     | 250-290    |
| Café   | 250-270    | 260-275     | 350-375    |
| Azul marino  | 285-310    | 240-255     | 360-380    |
| Gris claro   | 115-125    | 105-115     | 140-150    |
| Gris   | 130-155    | 120-135     | 150-175    |
| Crema  | 45-65      | 45-65       | 60-80      |
| Abano  | 140-160    | 140-160     | 190-205    |
| Marrón trigo   | 80-100     | 80-100      | 95-115     |
| Amarillo   | 65-80      | 140-160     | 90-110     |
| Blanco   | 40-50      | 40-50       | 50-60      |
| Marrón navaja  | 100-115    | 105-120     | 130-150    |
| Negro  | 260-330    | 260-300     | 355-470    |

En el ANEXO E se puede apreciar la programación final de la función de color para la reproducción de la pista de audio correspondiente una vez detectado el rango de frecuencias de cierto color de la prenda de vestir colocada sobre el sensor de color TCS230.

### 3.11. Operación del dispositivo

El sistema de control del dispositivo electrónico para ayudar a las personas no videntes está constituido por dos módulos principalmente los cuales son: el detector de color(TCS230) y el módulo de ultrasonido (HC-SR04), al iniciar el sistema de operación del dispositivo se activa para poder elegir la función que va a desempeñar, dicha elección se realizará mediante la pulsación de un interruptor el cual se encuentra ubicado en el mando de control de encendido y apagado del dispositivo electrónico como se puede visualizar en la Figura 3.16.

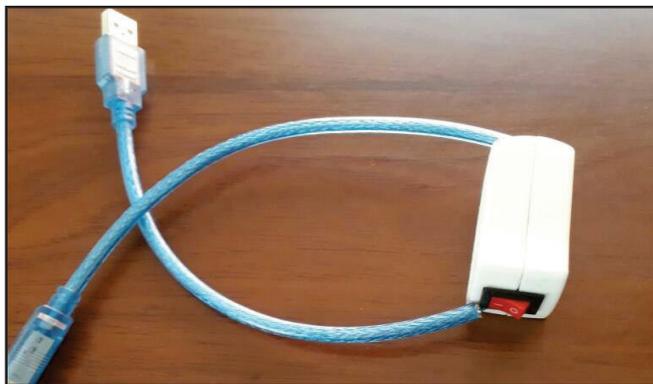


Figura 3. 16 Mando de control de encendido y selección de función

Si se selecciona la función de color comenzará a detectar la frecuencia emitida por el TCS230 y empezará a comparar los valores, con los establecidos en el programa para así obtener el color del objeto, al final notificará al usuario mediante una pista de audio correspondiente al color detectado. Si se elige la función de detección de obstáculos el

módulo de ultrasonido emitirá una señal la cual rebotará en un objeto cercano, a la señal recibida se le realiza un procesamiento, para poder determinar la distancia a la que se encuentra dicho objeto, si la distancia calculada se encuentra en determinado rango programado emitirá una alerta al usuario mediante comandos de voz programados en el WTV020. En la Figura 3.17 se puede observar el diagrama de flujo para el funcionamiento descrito anteriormente.

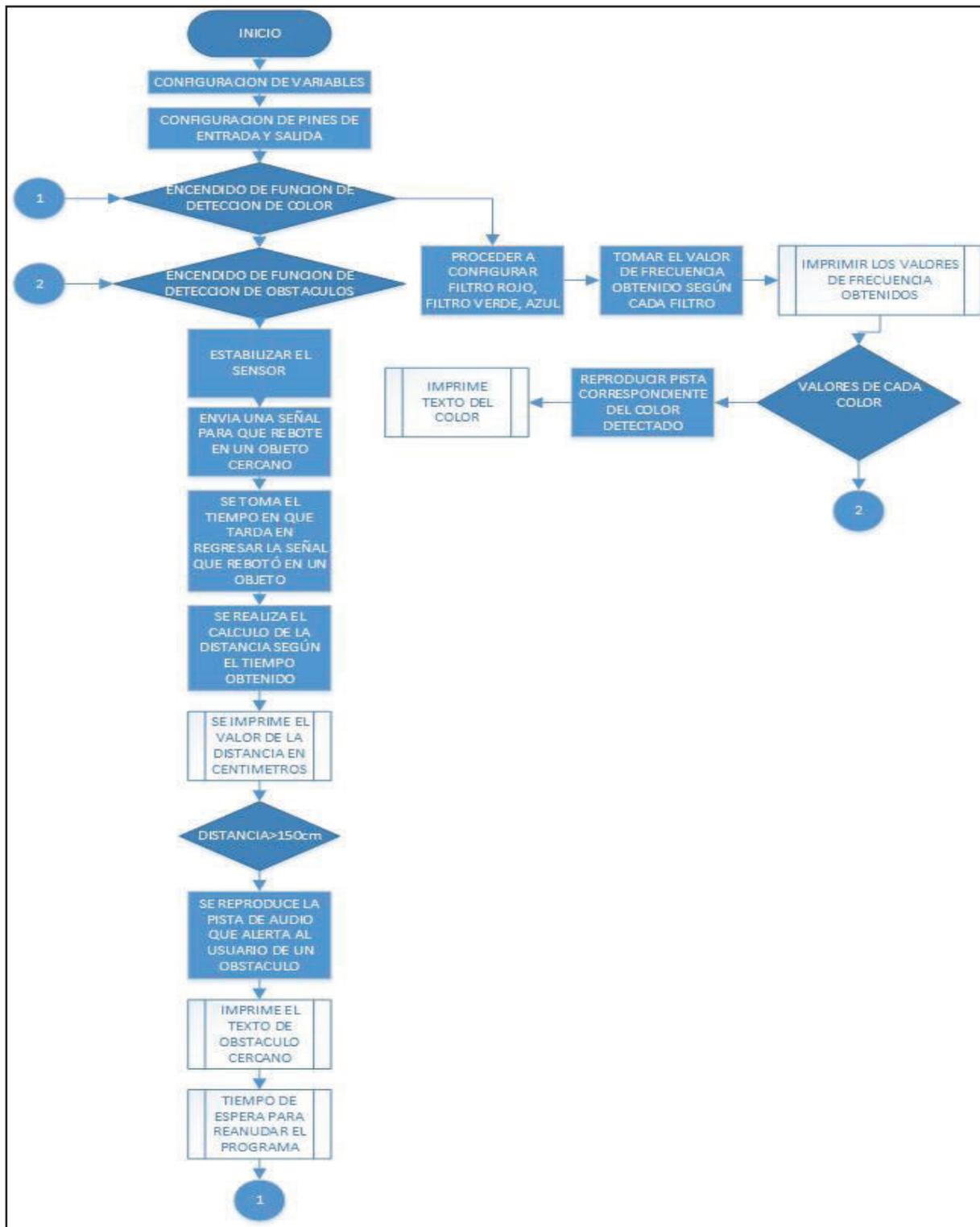


Figura 3. 17 Diagrama de flujo operación del dispositivo electrónico

### 3.12. Programación

Se analizó el lenguaje de programación (Arduino Programming Language (basado en Wiring) y el Arduino Development Environment (basado en Processing)) de la plataforma de prototipos electrónica Arduino Uno que utiliza el microcontrolador Atmega328. Como se puede apreciar en la figura 3.18 se estableció los comandos necesarios para identificar cada variable y activar cada una de las funciones del dispositivo electrónico.

```

PROGRAMA_FINAL_1 Arduino 1.8.2
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Subir
PROGRAMA_FINAL_1
#include <Wtv020sd16p.h> //LIBRERIA DEL MODULO WTV020
#define control 3 // PIN DE CONTROL DE LA FUNCION DE DETECCION DE COLOR DEL DISPOSITIVO
#define control2 0 // PIN DE CONTROL DE LA FUNCION DE DETECCION DE OBJETOS DEL DISPOSITIVO
#define S0 4 // PIN PARA EL SELECCIONAR ESCALA DE FRECUENCIA
#define S1 5 // PIN PARA EL SELECCIONAR ESCALA DE FRECUENCIA
#define S2 6 // PIN PARA EL SELECCIONAR EL FILTRO DEL FOTODIODO
#define S3 7 // PIN PARA EL SELECCIONAR EL FILTRO DEL FOTODIODO
#define sensorOut 8 // PIN DE FRECUENCIA DE SALIDA
#define OE 9 // PIN PARA HABILITAR LA FRECUENCIA
#define trigger 10 // SEÑAL DE ENTRADA DEL HC-SR04
#define eco 11 // SEÑAL DE SALIDA DEL HC-SR04
int resetPin = 12; // PIN DE RESETEO DEL WTV020
int clockPin = 13; // PIN DEL RELOJ PARA EL WTV020
int dataPin = 1; // PIN DE DATOS DEL WTV020
int busyPin = 2; // PIN DEL OCUPACION PARA EL WTV020
int amarillo; // VARIABLE DE COLOR
int azul; // VARIABLE DE COLOR
int rojo; // VARIABLE DE COLOR
int rojo_oscuro; // VARIABLE DE COLOR
int verde; // VARIABLE DE COLOR
int rojo_naranja; // VARIABLE DE COLOR
int naranja; // VARIABLE DE COLOR
int turquesa; // VARIABLE DE COLOR
int agua; // VARIABLE DE COLOR
int celeste; // VARIABLE DE COLOR
int azul_marino; // VARIABLE DE COLOR
int morado; // VARIABLE DE COLOR
<
Compilado
El Sketch usa 2164 bytes (6%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 32256 bytes.
Las variables Globales usan 192 bytes (9%) de la memoria dinámica, dejando 1856 bytes para las variables locales. El máximo es 2048 bytes.

```

Figura 3. 18 Pantalla de programación

### 3.13. Desarrollo del programa

La estructura del lenguaje de programación se conforma de 3 partes principales las cuales son: Creación de variables, Configuración de pines y configuración de funciones.

Creación de las distintas variables a utilizar junto a la invocación de las librerías necesarias para cada uno de los módulos a utilizar. En esta etapa se declaran las variables de los colores a detectar de acuerdo a los valores obtenidos y registrados, se definen con nombres a los pines a los cuales van a ser conectados los dispositivos de ultrasonido, módulo de color TCS230 y el reproductor MP3 WTV020, se incluye la librería para el módulo MP3 WTV020 (`#include <Wtv020sd16p.h>`).

La función de void setup () es la parte del programa en donde se van a configurar los distintos pines de entrada y salida en donde los módulos utilizados están conectados, adicionalmente se configura la velocidad de configuración para la conexión serial. En esta sección se programa la configuración de cada uno de los pines como entrada o salidas digitales donde están conectados los distintos módulos utilizados, además se configura la comunicación serial para poder visualizar lo que se está ejecutando.

La función void loop () es la parte del programa en donde se configura el programa en sí, es decir incluye el código necesario que se ejecutará de forma continua. En esta sección se tiene todo lo necesario para realizar las dos funciones del dispositivo electrónico implementado, se activará cada función con dos switch cada uno al detectar un nivel lógico en alto ejecutará su función.

Para la función de detección de color se aplicó una serie de filtros para tomar el valor de frecuencia dependiendo del color del objeto que se está analizando, estos filtros son 4 y se los establece mediante los pines S2 y S3 (pin 6 y 7 de la plataforma electrónica ARDUINO). Dependiendo del filtro aplicado se tomará el valor de la frecuencia devuelta por el pin sensorOut (pin 8 de la plataforma electrónica ARDUINO), se imprime los

distintos valores obtenidos para conocer el rango de la frecuencia obtenidos en cada filtro, para así realizar una comparación de las medidas obtenidas y determinar el color, si se tiene un rango específico se reproducirá una pista la cual representa cada color. Para la función de detección de obstáculos se aplicó un tiempo para estabilización de la señal que transmite y recibe el sensor de ultrasonido, mediante el trigger (pin 11 de la plataforma electrónica ARDUINO) se obtiene la longitud del pulso entrante y según dicha medida se realiza el cálculo de la distancia tomando en cuenta la velocidad del sonido, después se realiza una comparación de la longitud medida con un rango establecido si se supera dicho rango se reproducirá una pista de audio que alerte al usuario de la existencia de algún obstáculo. La programación completa se puede apreciar en el ANEXO F.

### 3.14. Implementación

En las Figuras 3.19, 3.20, 3.21, 3.22 y 3.23 se visualiza la interconexión de los distintos módulos previamente programados: ultrasonido (HC-SR04), sensor de colores (TCS230), módulo MP3 (wtv020-sd-16p), mando de control de función, armazón para componentes y demás dispositivos electrónicos necesarios en la infraestructura diseñada y elaborada para la utilización del dispositivo electrónico en su totalidad.



Figura 3. 19 Armazón para componentes

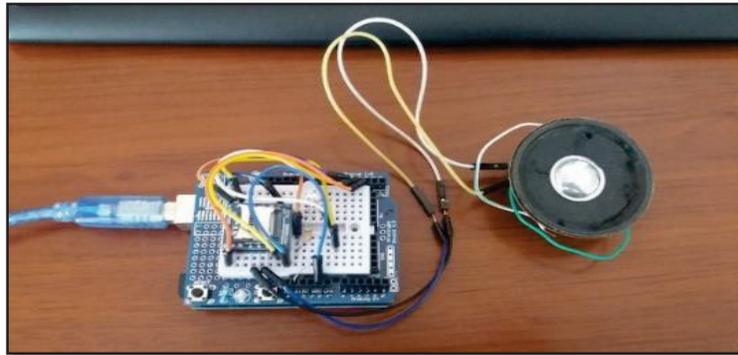


Figura 3. 20 Dispositivo de reproducción de audio WTV020SP16P

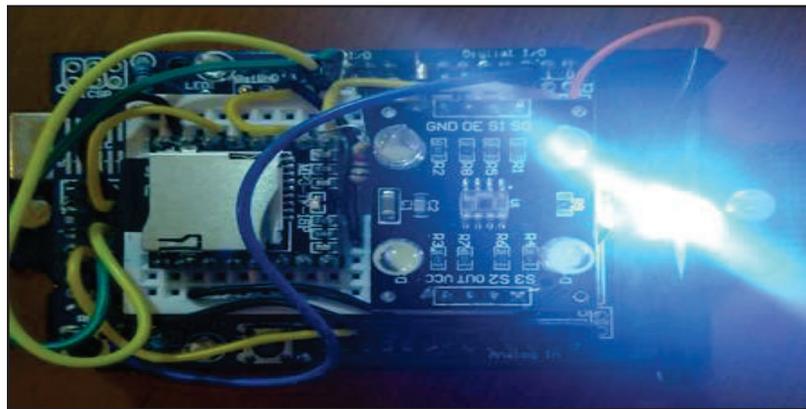


Figura 3. 21 Dispositivo de detección de color



Figura 3. 22 Gafas con sensor de ultrasonido para detección de obstáculos.



Figura 3. 23 Control de función y fuente de energía

En la Figura 3.24 se puede observar el diagrama funcional de conexiones de los distintos elementos electrónicos empleados para la elaboración del dispositivo electrónico medidor de distancias y detector de colores para ayudar a las personas no videntes mediante comandos de voz y en la Figura 3.25 se apreciar el diagrama multifilar de conexiones de los distintos elementos electrónicos utilizados en el dispositivo anteriormente mencionado.

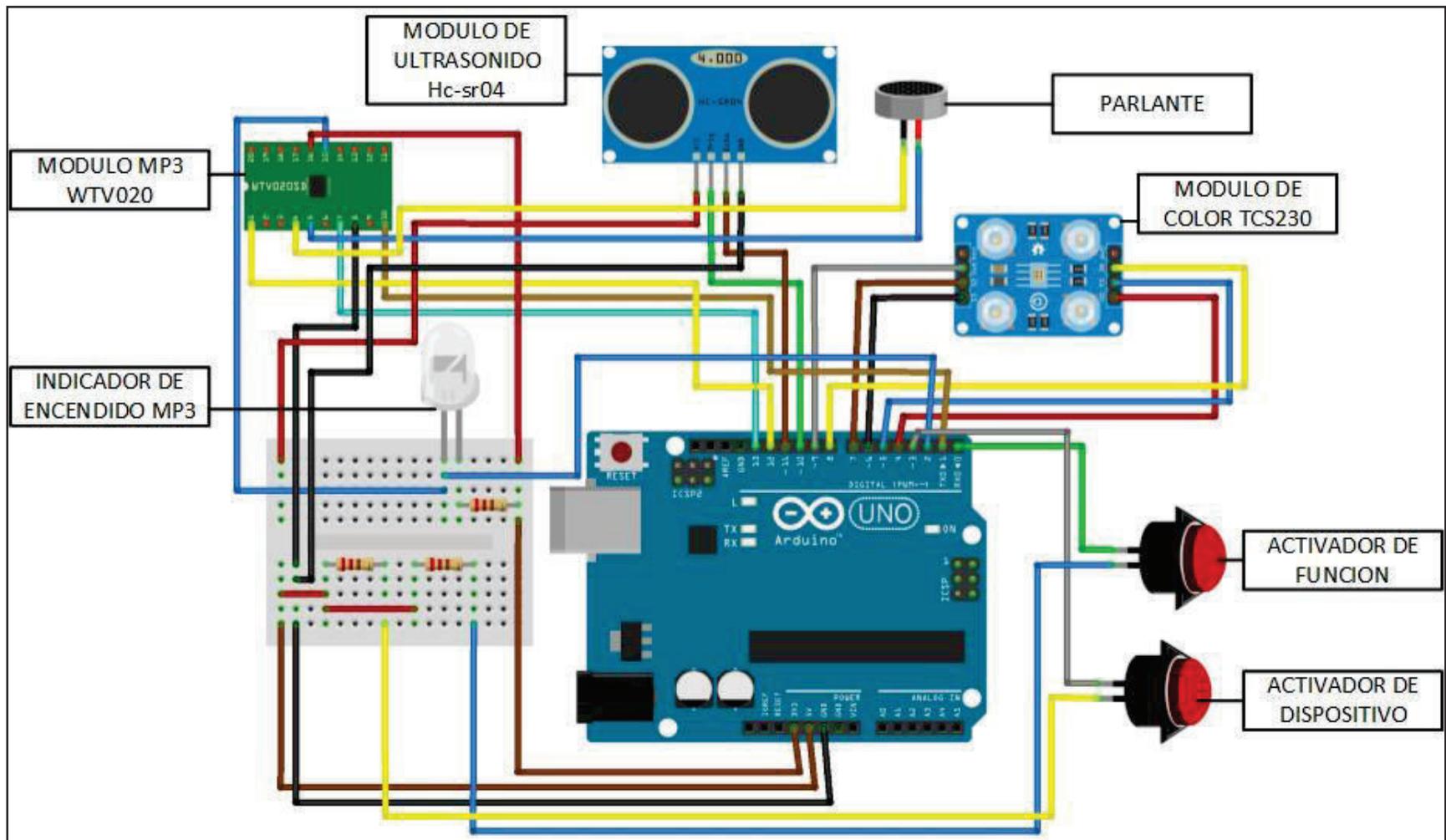


Figura 3. 24 Diagrama funcional del dispositivo electrónico para no videntes

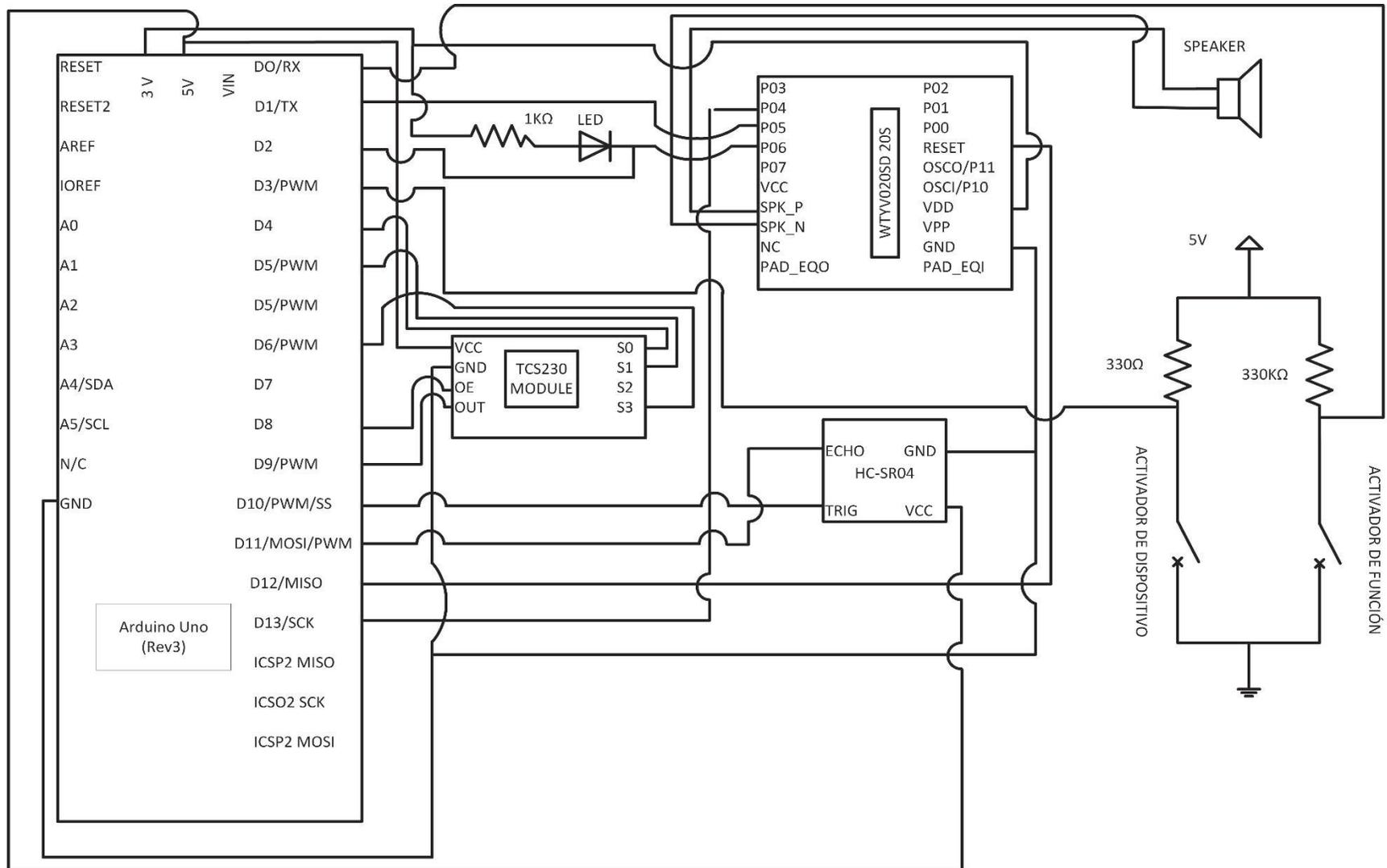


Figura 3. 25 Diagrama multifilar del dispositivo electrónico para no videntes

### 3.15. Pruebas de funcionamiento

Se desarrollaron las respectivas pruebas en la ciudad de Quito por ser la segunda ciudad a nivel nacional en poseer un alto número de personas que tienen algún tipo de discapacidad visual con 6717 casos registrados en el CONADIS [7], se mantendrá una relación directa con las fuentes de información que en este caso son las personas que sufren de una discapacidad visual a las cuales se les efectuó la encuesta, estas pruebas se llevarán a cabo específicamente en las oficinas de PUNTONET, con la colaboración del Sr. Darwin Fernando Aguilar Cherez quien trabaja en la empresa en el área del centro de distribución nacional por 2 años realizando tareas de despacho de utilitarios, se lo observa utilizando el dispositivo en la Figura 3.26. El sistema que facilita la movilidad está compuesto por los sensores de ultrasonido, color y módulo mp3 que se colocaron en lugares específicos para su utilización.



Figura 3. 26 Usuario con la implementación de dispositivo electrónico

### 3.16. Análisis Económico

El proyecto fue desarrollado con el fin de ser una herramienta de fácil acceso y cómoda para el usuario. Por esta razón es necesario establecer costos adecuados y al alcance de la población a la cual está enfocado mencionado proyecto.

En esta parte se dará a conocer la lista de precios de los materiales utilizados como se puede observar en la Tabla 3.2.

Tabla 3. 2 Registro de costos de materiales

|  <b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS</b><br><b>ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES</b> |   |          |                 |                 |
|--|---|----------|-----------------|-----------------|
| Diseño e implementación de un dispositivo electrónico medidor de distancias y detector de colores para ayudar a las personas no videntes mediante comandos de voz.                                     |   |          |                 |                 |
| ITEM   | MATERIALES                              | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL    |
| 1  | SENSOR DE ULTRASONIDO HC-SR04           | 1        | \$ 5,00         | \$ 5,00         |
| 2  | SENSOR DE COLOR TCS230                  | 1        | \$ 5,00         | \$ 5,00         |
| 3  | MÓDULO MP3 WTV020 SD 16P                | 1        | \$ 12,00        | \$ 12,00        |
| 4  | CAJA DE PROYECTOS PLÁSTICA              | 1        | \$ 2,00         | \$ 2,00         |
| 5  | CINTURÓN                                | 1        | \$ 1,60         | \$ 1,60         |
| 6  | BROCHE                                  | 1        | \$ 1,20         | \$ 1,20         |
| 7  | GAFAS                                   | 1        | \$ 3,00         | \$ 3,00         |
| 8  | JUEGO DE CABLE DE CONEXIÓN MACHO-MACHO  | 1        | \$ 2,50         | \$ 2,50         |
| 9  | JUEGO DE CABLE DE CONEXIÓN MACHO-HEMBRA | 1        | \$ 2,50         | \$ 2,50         |
| 10   | BUS DE DATOS                            | 1        | \$ 1,50         | \$ 1,50         |
| 11   | ARDUINO UNO                             | 1        | \$ 11,00        | \$ 11,00        |
| 12   | POWER BANK                              | 1        | \$ 2,00         | \$ 2,00         |
| 13   | PARLANTE                                | 1        | \$ 0,30         | \$ 0,30         |
| 14   | TARJETA DE MEMORIA SD 2GB               | 1        | \$ 4,00         | \$ 4,00         |
|  |   |          | <b>SUBTOTAL</b> | <b>\$ 53,60</b> |
|  |   |          | <b>IVA 12%</b>  | <b>\$ 6,43</b>  |
|  |   |          | <b>TOTAL</b>    | <b>\$ 60,03</b> |

### 3.17. Resultados obtenidos

En base a las encuestas realizadas acerca del dispositivo electrónico a implementarse se diseñó un modelo práctico el cual puede llevarse a cualquier lugar ya que por sus características físicas brinda comodidad al usuario, se tomaron en cuenta varios modelos para realizar el dispositivo final ya que de la información recopilada acerca de prototipos similares satisfacían varias necesidades para el usuario y eso ayudó a desarrollar una infraestructura similar de bajo costo. Al implementar el dispositivo de ultrasonido en las gafas fue indudablemente una mejora en lo que respecta a la detección de obstáculos a la altura del rostro, ya que con el bastón blanco que utilizan actualmente las personas no videntes, esta actividad no era posible, es decir se logró superar una de las limitaciones que tiene el bastón blanco.

Se superó la deficiencia que algunos dispositivos electrónicos en el mercado presentan para alertar a la persona no vidente acerca de algún objeto próximo, ya que estos dispositivos simplemente emitían una vibración o un tono de alerta, con el dispositivo implementado se alerta al usuario mediante comandos de voz. La función de color indudablemente es de suma utilidad por las características que presenta, con esta función el usuario es capaz de elegir el color de la ropa que desea usar o a su vez detectar el color de cualquier otro objeto del cual desea conocer su color para otros fines.

Para la alimentación del dispositivo electrónico se usó una power bank de capacidad de 2600 mAh, el cual es de fácil acceso para el usuario, esto con el fin de que si necesita cambiar la fuente de alimentación del dispositivo no presente ninguna dificultad al momento de realizar dicha acción.

A continuación en la Figura 3.27 se puede apreciar los resultados de las pruebas realizadas en la función de color y en la Figura 3.28 se observa el rango en grados del campo de acción de la función de detección de obstáculos

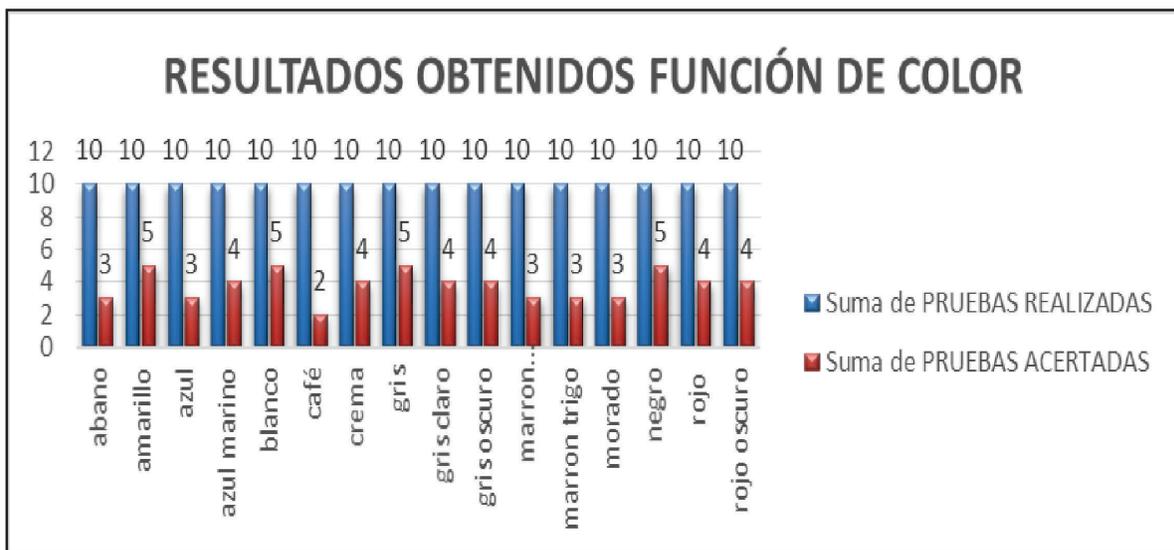


Figura 3. 27 Resultados pruebas realizadas función de color

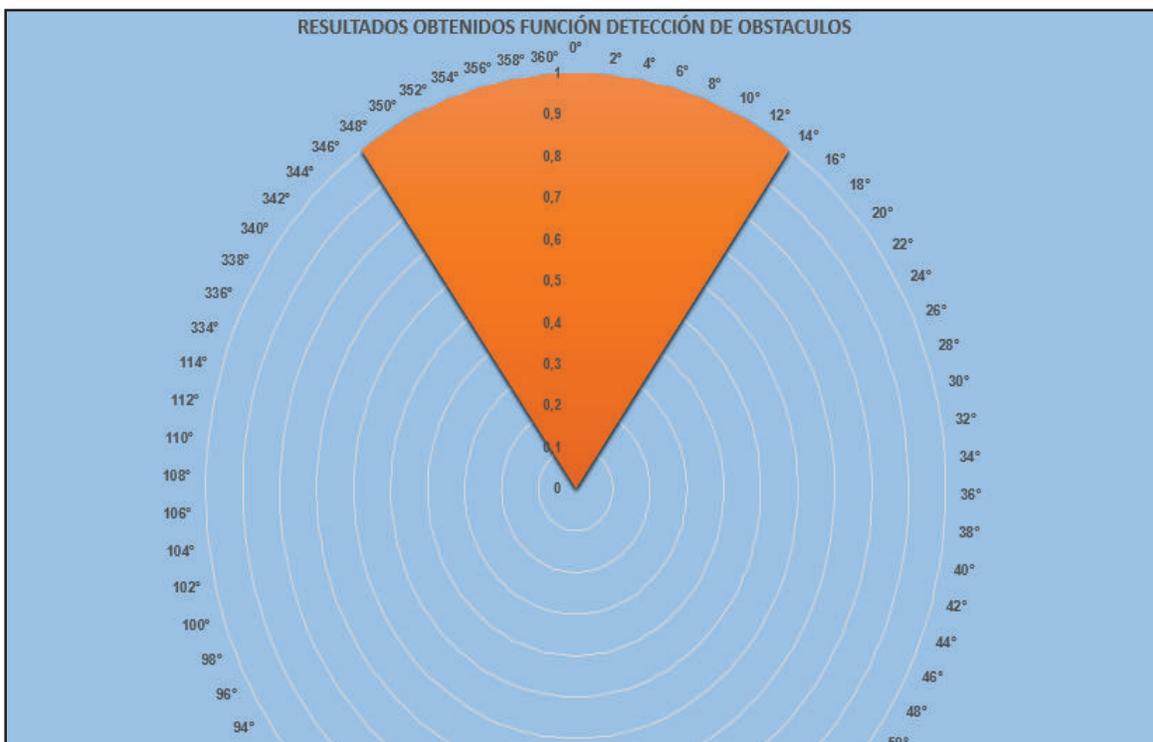


Figura 3. 28 Resultados pruebas realizadas función detección de obstáculos

### 3.18. Análisis de resultados

El diseño e implementación del dispositivo electrónico en conjunto con la infraestructura que lo sostiene puede ser mejorada, con el uso de materiales que presenten mayor durabilidad, calidad y ergonomía, lo cual implica un gasto mayor, es por eso que se desarrolló la infraestructura del dispositivo con el uso de materiales de bajo costo y con características considerables de perduración en el tiempo, con esto no se quiere dar a entender que no se debe realizar mantenimientos en el dispositivo electrónico sino más bien se debe tomar en cuenta que se puede lograr incrementar el tiempo de vida del dispositivo mejorando los materiales de los cuales está conformado.

La función de detección de obstáculos otorga una mayor seguridad al momento de moverse ya que previene al usuario de obstáculos a una distancia de 0,5 metros la cual es suficiente para que la persona tome las medidas necesarias para evitar el obstáculo, adicionalmente con esta función al estar implementada en una gafas logra mayor cobertura porque justamente por su ubicación el usuario puede dirigir el sensor de ultrasonido en la dirección en la cual desee.

La función de color se estableció con el fin de evitar tareas que muchas personas no videntes realizan al momento de vestirse, ellos conocen el color de la prenda a usar por las características físicas de la misma, al usar esta función esta acción quedaría en segundo plano y simplemente con pasar la prenda por el sensor de color se determinará inmediatamente el color de dicha prenda, además esta función puede ser de suma utilidad en el caso de que se desee conocer el color de distintos objetos así por ejemplo muchas personas no videntes clasifican su comida en recipientes de acuerdo a las características de cada recipiente ellos saben qué clase de comida es, al usar el sensor de color simplemente colocando una etiqueta de color se logrará reconocer el tipo de comida, lo cual evitará recordar las características de cada recipiente para determinar que contiene. Esta función también puede ayudar a las personas que sufren de astigmatismo.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- En el trascurso del desarrollo del dispositivo electrónico para ayudar a las personas no videntes, se logró evidenciar la falta de tecnología que tiene nuestro país en comparación con muchos países de la región, en lo que se refiere a avances tecnológicos desarrollados para mejorar en cierta forma la condición de la sociedad y sobre todo la condición actual de las personas que sufren algún tipo de discapacidad.
- Se evidenció la falta de colaboración por parte de las instituciones públicas y privadas al brindar mejores condiciones de vida a las personas no videntes, ya que muchos de ellos no contaban con un empleo digno o las oportunidades suficientes para demostrar lo que pueden hacer.
- Al desarrollar este dispositivo se captó la aceptación de las personas no videntes al conocer que existe la voluntad de emprendedores en realizar artefactos que ayuden y mejoren la situación actual por la que ellos atraviesan.
- Con la implementación de este dispositivo electrónico las personas no videntes contarán con una herramienta que permitirá complementar las funciones que brinda el bastón blanco.
- Sistemas de ayuda para las personas no videntes desarrollados alrededor del mundo en países con un cierto grado más alto de tecnología que el nuestro, tienen un elevado costo de adquisición ya que usan materiales con altas prestaciones, en este caso se logró diseñar un dispositivo práctico y accesible para las personas no videntes.

- Se analizó los diferentes ambientes en donde se utilizará el dispositivo electrónico, partiendo de las necesidades expresadas por una muestra seleccionada de personas no videntes en la ciudad de Quito.
- Se debe tomar en cuenta que este dispositivo no cubrirá todas las necesidades que tienen las personas no videntes en la actualidad, pero se logró mejorar su situación en lo que respecta a ampliar en cierta forma la cantidad de conocimiento que pueden adquirir al movilizarse de un lugar a otro e identificar objetos por su color.
- Con la función de detección de objetos cercanos se cubrió la necesidad de las personas no videntes al buscar un artefacto que les permita detectar objetos que se encuentran por encima de la altura del bastón blanco que generalmente utilizan.
- Finalmente se demuestra que los módulos utilizados para la implementación de este dispositivo pueden ser usados de varias formas ya que son elementos con altas prestaciones y bajo costo, la plataforma electrónica Arduino Uno posee una gran capacidad en lo que refiere al desarrollo de varios proyectos electrónicos por sus características de adaptabilidad a varios dispositivos electrónicos disponibles en el mercado.

## **4.2. Recomendaciones**

- El desarrollo de este dispositivo electrónico puede ser una gran herramienta de ayuda para las personas no videntes, siempre y cuando se logre distribuir entre dicha población, para lo cual se requerirá de la ayuda de instituciones que puedan poner a disposición sus recursos para el desarrollo del dispositivo.

- Antes de utilizar el dispositivo implementado se debe realizar dos capacitaciones, la primera para dar a conocer cómo funciona y cuáles son sus limitaciones y la segunda consiste en realizar una prueba en campo para que la persona no vidente comprenda y se adapte a las funcionalidades que brinda dicho dispositivo.
- Se puede lograr mejorar la adaptación de los distintos componentes utilizados al bastón blanco que utilizan las personas no videntes.
- Se puede lograr realizar más adaptaciones al dispositivo electrónico realizado para cubrir más necesidades que todavía tienen las personas no videntes, así por ejemplo realizar un reconocimiento de forma y adaptación de un GPS.
- Se podría realizar un tamaño compacto del dispositivo mediante la utilización de plataformas electrónicas de Arduino más pequeñas así por ejemplo Arduino Nano.
- Se debería formar centros de ayuda en donde las personas no videntes puedan adaptarse al uso del dispositivo y demás tecnologías que se están implementando en la actualidad en nuestro país.
- Se podría ampliar el campo de acción de la función de detección de obstáculos mediante la implementación de 2 sensores de ultrasonido adicionales.
- Para lograr tener un número mayor de aciertos en la detección de colores de las prendas de vestir se debería tomar una muestra más grande de las prendas utilizadas para este proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1]. *Arduino* - *Introduction*. (s.f.). Obtenido de Arduino.cc:  
<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [2]. asociaciondoce.com. (s.f.). *EL BASTÓN DE MOVILIDAD CONOCIDO POR BASTÓN BLANCO: CARACTERÍSTICAS Y USOS*. Obtenido de DISCAPACIDAD VISUAL D.O.C.E. (DISCAPACITADOS OTROS CIEGOS DE ESPAÑA):  
<https://asociaciondoce.com/2016/10/11/el-baston-de-movilidad-conocido-por-baston-blanco-caracteristicas-y-usos/>
- [3]. B1b2b3.org. (s.f.). *Pautas de comunicación e interacción para/con personas con discapacidad visual*. Obtenido de  
[http://www.b1b2b3.org/es/Telefono\\_Ull/pautas\\_comunicacion.html#tecnicas\\_des\\_plazamiento](http://www.b1b2b3.org/es/Telefono_Ull/pautas_comunicacion.html#tecnicas_des_plazamiento)
- [4]. Cazar, R. (2017). *Icevi.org*. Obtenido de ANALISIS DE LA SITUACION DE LAS DISCAPACIDADES EN EL ECUADOR:  
[http://icevi.org/latin\\_america/publications/quito\\_conference/analisis\\_de\\_la\\_situacion\\_de\\_las\\_.htm](http://icevi.org/latin_america/publications/quito_conference/analisis_de_la_situacion_de_las_.htm)
- [5]. Científicas, S. (02 de 07 de 2013). *Agenciasinc.es*. Obtenido de Un bastón electrónico inteligente ayuda a las personas ciegas a detectar obstáculos:  
<http://www.agenciasinc.es/Noticias/Un-baston-electronico-inteligente-ayuda-a-las-personas-ciegas-a-detectar-obstaculos>
- [6]. *ComoHacer.eu*. (s.f.). Obtenido de Comparativa de todas las placas Arduino:  
<http://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>

- [7]. CONADIS, C. N. (02 de 03 de 2018). *Personas con discapacidad*. Obtenido de Personas con discapacidad: <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- [8]. *El Universo*. (5 de 5 de 2013). Obtenido de Los invidentes, uno de los grupos que menos empleo consigue: <http://www.eluniverso.com/noticias/2013/05/04/nota/900391/invidentes-grupos-que-menos-empleo-consigue>
- [9]. eldiario.es. (s.f.). *El futuro del bastón blanco: tecnología inteligente por y para ciegos*. Obtenido de eldiario.es: [https://www.eldiario.es/hojaderouter/tecnologia/baston\\_blanco-ciegos-invidentes-tecnologia-bastones\\_0\\_396160531.html](https://www.eldiario.es/hojaderouter/tecnologia/baston_blanco-ciegos-invidentes-tecnologia-bastones_0_396160531.html)
- [10]. eltelégrafo. (03 de 09 de 2017). *eltelégrafo*. Obtenido de El Primer Mandatario despierta esperanza en las personas con discapacidad: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/septimo-dia/1/el-primer-mandatario-despierta-esperanza-en-las-personas-con-discapacidad>
- [11]. *Es.wikipedia.org*. (s.f.). Obtenido de Sensor: <https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>
- [12]. Hermida, C. (s.f.). *Tecnología Asistiva para Ciegos*. Obtenido de Young Marketing: <http://www.youngmarketing.co/tecnologia-asistiva-para-ciegos/>
- [13]. *Historia*. (s.f.). Obtenido de Arduino: Tecnología para todos: <http://arduinodhtics.weebly.com/historia.html>
- [14]. *Icevi.org*. (2017). Obtenido de ANALISIS DE LA SITUACION DE LAS DISCAPACIDADES EN EL ECUADOR:

[http://icevi.org/latin\\_america/publications/quito\\_conference/analisis\\_de\\_la\\_situacion\\_de\\_las\\_.htm](http://icevi.org/latin_america/publications/quito_conference/analisis_de_la_situacion_de_las_.htm)

- [15]. Ite.educacion.es. (s.f.). *Educacion Inclusiva*. . Obtenido de Ite.educacion.es:  
[http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad\\_10/m10\\_tiflotecnologia.htm](http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_10/m10_tiflotecnologia.htm)
- [16]. Langner, M. (27 de 12 de 2002). *Lahora.com.ec*. Obtenido de Poco apoyo para las personas ciegas en el Ecuador : Pais : La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo:  
[http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1000130505/-1/Poco\\_apoyo\\_para\\_las\\_personas\\_ciegas\\_en\\_el\\_Ecuador.html#.WJ3NxvIXcV1](http://lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1000130505/-1/Poco_apoyo_para_las_personas_ciegas_en_el_Ecuador.html#.WJ3NxvIXcV1)
- [17]. Llamas, L. (s.f.). *Detector de obstáculos con sensor infrarrojo y Arduino*. Obtenido de Luis Llamas: <https://www.luisllamas.es/detectar-obstaculos-con-sensor-infrarrojo-y-arduino/>
- [18]. Llamas, L. (s.f.). *Medir distancia con Arduino y sensor de ultrasonidos HC-SR04*. Obtenido de Luis Llamas: <https://www.luisllamas.es/medir-distancia-con-arduino-y-sensor-de-ultrasonidos-hc-sr04/>
- [19]. Multimedia, L. (08 de 06 de 2007). *Labpromm.blogspot.com*. Obtenido de Dispositivos electrónicos para invidentes:  
<http://labpromm.blogspot.com/2007/06/dispositivos-electrnicos-para.html>
- [20]. OMS. (2017). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Ceguera:  
<http://www.who.int/topics/blindness/es/>

- [21]. *Pautas y consejos para cuidar a un perro guía.* (2018). Obtenido de Bekiamascotas.com: <https://www.bekiamascotas.com/articulos/pautas-consejos-cuidar-perro-guia/>
- [22]. *Pepperl-fuchs.es.* (s.f.). Obtenido de Pepperl+Fuchs | Productos Industriales para Automatización de Fábrica + Automatización de Procesos: <http://www.pepperl-fuchs.es/spain/es/21.htm>
- [23]. *polaridad.es.* (s.f.). Obtenido de Sensor de color TCS3200: <https://polaridad.es/sensor-color-tcs3200-frecuencia-arduino/>
- [24]. *Sensor de proximidad.* (s.f.). Obtenido de Es.wikipedia.org: [https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_de\\_proximidad](https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_proximidad)
- [25]. *Sensor fotoeléctrico.* (s.f.). Obtenido de Es.wikipedia.org: [https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_fotoel%C3%A9ctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_fotoel%C3%A9ctrico)
- [26]. Sierra, F. (2018). *Braille Hablado.* Obtenido de Aulatiflolarioja.blogspot.com: <http://aulatiflolarioja.blogspot.com/2012/07/braille-hablado.html>
- [27]. Technologies, B. E. (s.f.). *Baston Egara | Instead Technologies.* Obtenido de Instead Technologies: <http://www.instead-technologies.com/baston-egara/>
- [28]. *Tutorial Sensor de Distancia SHARP.* (s.f.). Obtenido de Naylampmechatronics.com: [https://naylampmechatronics.com/blog/55\\_tutorial-sensor-de-distancia-sharp.html](https://naylampmechatronics.com/blog/55_tutorial-sensor-de-distancia-sharp.html)
- [29]. Ugarte, B. (2017). *Infociegos.com.* Obtenido de INFOCIEGOS - Datos curiosos sobre los sentidos en los ciegos:

[http://www.infociegos.com/espanol/index.php?option=com\\_content&task=view&id=27](http://www.infociegos.com/espanol/index.php?option=com_content&task=view&id=27)

- [30]. *USO DEL BASTON PARA CIEGO.* (s.f.). Obtenido de WWW.SINDISCAPACIDAD.TK: <http://discapacidadcero.weebly.com/uso-del-baston-para-ciego.html#.XDOUEWkXeM8>
- [31]. *Vb-Mundo– Visual Basic y mucho más - Comparación de diferentes AVR de Arduino.* (s.f.). Obtenido de Vb-mundo.com: <http://www.vb-mundo.com/comparacion-de-diferentes-avr-de-arduino/>
- [32]. Velasco, V. (20 de 12 de 2009). *Discapacidadrosario.blogspot.com.* Obtenido de Los colores y las personas ciegas: <http://discapacidadrosario.blogspot.com/2009/12/los-colores-y-las-personas-ciegas.html>
- [33]. Villamarín, F. (2017). *Consejodiscapacidades.gob.ec.* Obtenido de Estadísticas | CONADIS: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>
- [34]. Visión, C. (2017). *Medlineplus.gov.* Obtenido de Ceguera y pérdida de la visión: MedlinePlus enciclopedia médica: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003040.htm>
- [35]. *Vistronica.com.* (s.f.). Obtenido de Módulo reproductor de audio WTV020-SD-16P - VISTRONICA SAS: <https://www.vistronica.com/sonido/modulo-mp3-micro-sd-y-tarjeta-wtv020-sd-16p-detail.html>

## **ANEXOS**

### **ANEXO A: Manual de usuario**



# **DISPOSITIVO ELECTRÓNICO MEDIDOR DE DISTANCIAS Y DETECTOR DE COLORES PARA LAS PERSONAS NO VIDENTES**

## **Manual de usuario**

**Español 05/2018.V1.**

**Proveedor DANUMOVIL**

## Lea la siguiente información antes de comenzar

Para comenzar

### Contenido

|  |     |
|--|-----|
| Lea la siguiente información antes de comenzar .....                     | 87  |
| Iconos instructivos .....  | 89  |
| Diseño del dispositivo .....   | 90  |
| Mantener la resistencia al polvo y al agua .....                         | 91  |
| Botones control de mando .....   | 92  |
| Contenidos de la caja.....   | 93  |
| Carga de la fuente de alimentación.....                                  | 93  |
| Encender y apagar el dispositivo .....                                   | 97  |
| Al colocarse el dispositivo.....   | 98  |
| Características técnicas .....   | 98  |
| Uso de la función de detección de objetos cercanos .....                 | 98  |
| Uso de la función de identificación de colores de prendas de vestir..... | 99  |
| Uso del cinturón de detección de color .....                             | 100 |

**Lea la siguiente información antes de comenzar**

Este dispositivo ofrece comunicación mediante comandos de voz con el usuario final, para notificación de dos aplicaciones básicas que una persona no vidente considera necesarias, estas son la detección de obstáculos e identificación de colores para prendas de vestir.

Este manual de usuario contiene detalles acerca de las funciones del dispositivo.

Lea este manual antes de usar el dispositivo a fin de garantizar el uso correcto y seguro.

Las descripciones se basan en los ajustes predeterminados del dispositivo.

El contenido (contenido de alta calidad) que exija un alto uso de determinada función y la fuente de alimentación afectará el rendimiento general del dispositivo. Las aplicaciones relacionadas con el contenido podrían no funcionar correctamente, según las especificaciones del dispositivo y el entorno en el cual lo use.

Danumovil no se hace responsable por los problemas de rendimiento provocados por aplicaciones de cualquier otro proveedor.

Danumovil no se hace responsable por los problemas de rendimiento o las incompatibilidades provocados por la edición de los ajustes de registro o la alteración del software del sistema operativo.

El intento de personalizar el sistema operativo puede provocar que el dispositivo o las aplicaciones funcionen de forma incorrecta.

El software, las fuentes de sonido, los aditamentos y los demás contenidos que vienen con el dispositivo poseen una licencia de uso limitado. Extraer y usar estos materiales para propósitos comerciales o de otra naturaleza constituye una violación a las leyes de derechos de autor.

Es posible que incurra en gastos adicionales por los servicios de mantenimiento, como los de reemplazo de piezas, la carga y descarga de la fuente de alimentación y la actualización del dispositivo. Para obtener detalles, póngase en contacto con el proveedor de servicios.

Las aplicaciones predeterminadas que vienen con el dispositivo se no encuentran sujetas a actualizaciones por lo que si se necesita una adaptación debe contactarse con el proveedor.

En caso de tener alguna pregunta acerca de una de las aplicaciones incluidas con el dispositivo, comuníquese al email: [danumovil9087@gmail.com](mailto:danumovil9087@gmail.com).

Si modifica el sistema operativo del dispositivo o instala software de fuentes no oficiales, podría provocar el mal funcionamiento del dispositivo y la corrupción o la pérdida de datos.

Estas acciones constituyen una violación del acuerdo de licencia y anularán la garantía.

Lea la siguiente información antes de comenzar

### Iconos instructivos



**Advertencia:** Situaciones que pueden provocar lesiones a usted u a otras personas

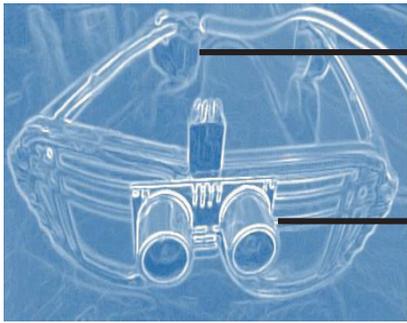


**Precaución:** Situaciones que pueden provocar daños al dispositivo o a otros equipos



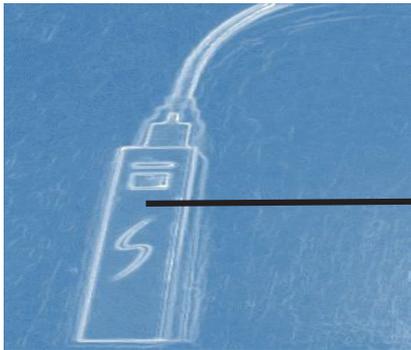
**Nota:** Notas, consejos de uso o información adicional

### Diseño del dispositivo

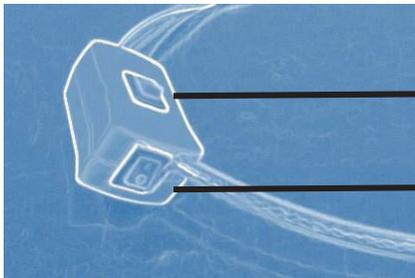


Parlante

Sensor de distancia

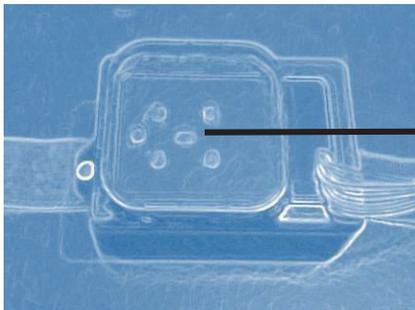


Power bank (fuente de alimentación)



Botón selección de función

Botón on/off



Sensor de color

El parlante que se encuentra en la parte superior de las gafas sólo estará activo cuando use el dispositivo electrónico.



No cubra el área del sensor de distancia con las manos u otros objetos. Esto podría provocar problemas de conectividad.



No use un protector para la caja del sensor de color. Esto provoca fallos en el sensor.

### **Mantener la resistencia al polvo y al agua**

El dispositivo podría dañarse si el agua o el polvo entran en él. Siga estas sugerencias cuidadosamente para evitar daños en el dispositivo y mantener la resistencia al polvo y al agua.

- No sumerja el dispositivo en el agua.
- Asegúrese de que las tapas de la parte posterior y la clavija multifunción estén fuertemente cerradas. De lo contrario, podrían no proteger al dispositivo contra el agua y el polvo.
- No exponga el dispositivo al agua en movimiento, como las olas del mar o una cascada, lluvia.
- No abra las tapas del dispositivo cuando este se encuentre en lugares muy húmedos, como piscinas o baños.
- El sello de goma alrededor de la tapa posterior es una parte importante del dispositivo. Tenga cuidado al abrir y cerrar la tapa posterior a fin de evitar dañar el sello de goma. Además, asegúrese de que el sello de goma esté libre de desechos tales como arena o polvo para evitar daños en el dispositivo.

- No retire la cubierta de la clavija multifunción del dispositivo.

**Si deja caer el dispositivo o si este recibe un impacto**, la tapa posterior, y la de la clavija multifunción podrían aflojarse. Asegúrese de que todas las tapas estén correctamente alineadas y cerradas.

**Si ha sumergido el dispositivo del cinturón en el agua o las gafas electrónicas o el parlante están mojados**, el sonido podría no ser claro durante las notificaciones. Asegúrese de que el parlante esté limpio y seco limpiándolo con un paño seco.

Si el dispositivo se moja, apáguelo, séquelo cuidadosamente con un paño seco y suave. Espere un día sin conectar el dispositivo y enciéndalo nuevamente, si no se tiene una respuesta comunicarse con el proveedor.

Las funciones de detección de obstáculos e identificación de color podrían no funcionar correctamente si usa el dispositivo en el agua o en otros líquidos.

### Botones control de mando

| Botón   | Función   |
|---|---|
| <br><b>Encendido</b> | Ubicación en la parte frontal del control de mando.   |
|   | Púlselo para encender o apagar el dispositivo.  |
| <br><b>Función</b>   | Ubicación en la parte superior del control de mando.  |
|   | Púlselo para seleccionar la función a realizar (detección de obstáculos o identificación de colores). |

## Contenidos de la caja

Busque los siguientes elementos en la caja del producto:

- Dispositivo
- Power Bank (Cargador Portátil)
- Gafas
- Manual de usuario



Los elementos suministrados están diseñados sólo para este dispositivo.

Podrá comprar el accesorio de alimentación de energía por separado en caso que se lo requiera donde su distribuidor local. Asegúrese de que sea compatible con el dispositivo antes de comprarlo.

Use sólo accesorios aprobados por el proveedor. Algunos accesorios, como los dispositivos de detección de obstáculos e identificación de colores, podrían no ser compatibles con el dispositivo o se necesite una configuración previa.

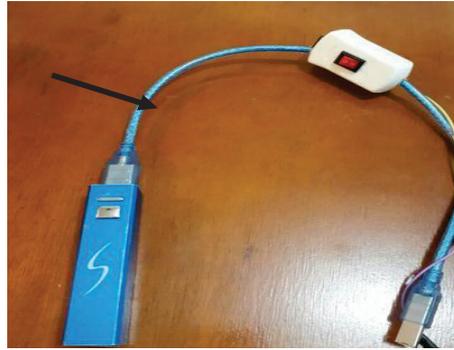
Antes de comprar estos accesorios, asegúrese de que sean compatibles con el dispositivo.

## Carga de la fuente de alimentación



- Use el cargador para cargar la fuente de alimentación antes de usarla por primera vez. También podrá usar un ordenador para cargar la batería mediante el cable USB.
- El dispositivo admite varias fuentes de alimentación que cumplan con los siguientes parámetros: El voltaje de alimentación de salida y entrada debe ser igual a 5[V] y poseer una corriente de suministro superior a 1000mAh. Para un funcionamiento adecuado del dispositivo

1. Retire el cable de alimentación.



Tenga cuidado de no dañar la conexión con el control de mando.



No doble ni gire el conector USB excesivamente. Si lo hace, podría dañar el puerto de carga de la fuente de alimentación o el cable de alimentación.

2. Realizar la conexión de la fuente de alimentación portable con un cargador alámbrico o a su vez con un cable USB conectado a un dispositivo electrónico como una laptop por ejemplo.



No inserte un cargador a la fuente de alimentación que no cumpla con las características mínimas necesarias que requiere la fuente de alimentación para recobrar su carga. Si se atasca el puerto USB del cargador que está utilizando o del cable conectado a un dispositivo electrónico, lleve la fuente la alimentación a un centro de servicios especializado o a su vez reemplace la fuente de alimentación con una de similares características.

3. Inserte nuevamente el cable del control de mando a la fuente de alimentación y verifique el funcionamiento del dispositivo, tomar en cuenta que para tener un tiempo de vida útil adecuado, no debe sobrecargar la fuente de alimentación. Utilice sólo cargadores, baterías y cables aprobados por el proveedor. Los cargadores o cables no aprobados pueden provocar que la batería explote o dañe el dispositivo.



Si la fuente de alimentación está completamente descargada, no podrá encender el dispositivo inmediatamente después de conectar el cargador. Espere a que la fuente de alimentación agotada se cargue durante algunos minutos antes de encender el dispositivo.

Si utiliza las aplicaciones durante un tiempo muy prolongado, la batería se agotará rápidamente. Para evitar esta situación se recomienda utilizar las aplicaciones con moderación o a su vez adquirir una fuente de alimentación de mayor amperaje por hora.



Si conecta el cargador de forma incorrecta, podría provocar daños serios al dispositivo. La garantía no cubre ningún daño provocado por el mal uso.

Asegúrese de que la tapa posterior del sensor de color y la cubierta del mando de control estén fuertemente cerradas para evitar que entre agua o polvo en el dispositivo. Las tapas abiertas o sueltas podrían permitir el paso del agua o el polvo, los cuales podrían entrar en el dispositivo y provocar daños.

Asegúrese de no dañar o retirar la tapa del mando de control. Si la tapa se daña o se sale, el dispositivo podría sufrir daños por agua.

4. Conecte el adaptador de alimentación USB en una toma eléctrica.



Puede utilizar el dispositivo mientras se está cargando, pero puede tardar más en cargar la batería por completo.

Si el dispositivo recibe una alimentación inestable mientras se carga, podría no funcionar. Si esto sucede, desconecte el cargador del dispositivo.

Es posible que el dispositivo se caliente mientras se está cargando. Esto es normal y no afecta la vida útil ni el rendimiento del dispositivo. Si la batería se calienta más de lo normal, el cargador podría dejar de cargar.

Si el dispositivo no se carga correctamente, llévelo junto con el cargador a un centro de servicios del proveedor.

5. Después de cargarlo por completo, desconecte el dispositivo del cargador. Desconecte el cargador del dispositivo primero, y luego de la toma eléctrica.



No retire la fuente de alimentación antes de retirar el cable del cargador. Esto podría dañar el dispositivo.

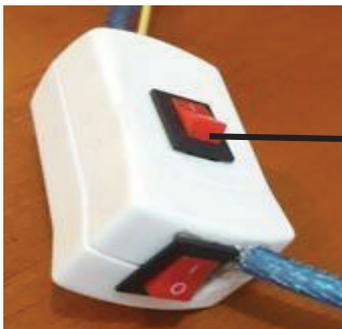


El cargador no tiene interruptor de encendido y apagado, por tanto, para cortar el suministro eléctrico, el usuario debe quitar el cargador de la red, además cuando está conectado debe permanecer cerca del enchufe. Para ahorrar energía, desenchufe el cargador cuando no esté en uso.

## Encender y apagar el dispositivo

Cuando encienda el dispositivo por primera vez siga las instrucciones de los comandos de voz establecidos para poder elegir la función que necesite.

Pulse el botón on/off para encender el dispositivo. Para apagar el dispositivo, pulse nuevamente el botón on/off



Botón de encendido y apagado



Respete todas las advertencias publicadas y las indicaciones en este manual cuando se encuentre en áreas en las que el uso de dispositivos inalámbricos esté restringido, como aviones y hospitales.

## Al colocarse el dispositivo

No cubra el área del sensor de distancia con las manos u otros objetos. Esto podría provocar problemas de conectividad.

## Características técnicas



El dispositivo electrónico fue adecuado para trabajar durante 7 horas diarias con una carga de 2600 mAh.



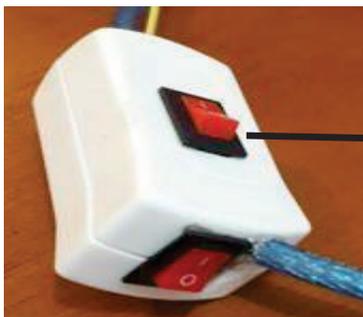
El tiempo máximo de reposo es el tiempo estimado que el dispositivo mantendrá la carga de la fuente de alimentación.

El tiempo de reposo es el tiempo que la batería tarda en descargarse por completo si no usa el dispositivo. El tiempo de reposo puede variar según las condiciones de operación aproximadamente 48 horas.

## Uso de la función de detección de objetos cercanos

Use esta función para detectar obstáculos que se encuentren fuera del rango de detección del bastón blanco, como pueden ser árboles, señaléticas, objetos a una altura superior a la altura de su cintura.

Para elegir esta función debe pulsar el botón que se encuentra ubicado en la parte superior del control de mando, cuando se realice esta acción el dispositivo le notificará mediante comandos de voz la función elegida.



Botón selección de función

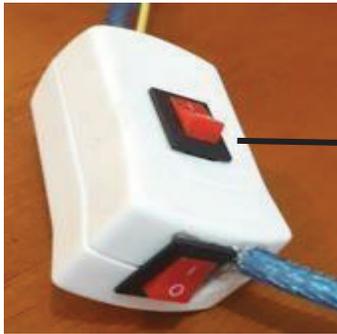


Sensor de distancia

### Uso de la función de identificación de colores de prendas de vestir

Use esta función para identificar los colores de las prendas de vestir, esta función puede ser usada también para identificar el color de otros objetos de los cuales se necesite esa información.

Para elegir esta función debe pulsar el botón que se encuentra ubicado en la parte superior del control de mando, cuando se realice esta acción el dispositivo le notificará mediante comandos de voz la función elegida.



Botón selección de función

### Uso del cinturón de detección de color



El dispositivo electrónico está prácticamente implementado en un cinturón el cual puede ser ajustado a diferentes medidas dependiendo de la necesidad del cliente.



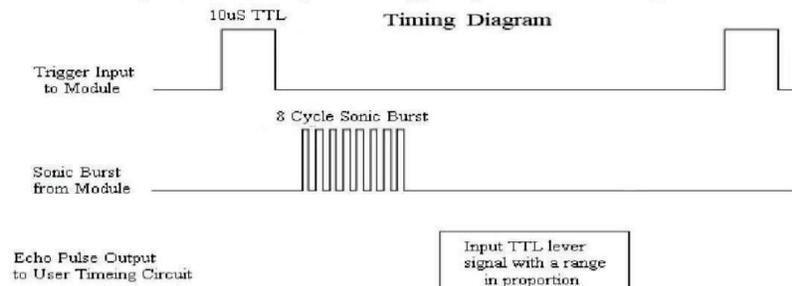
Cinturón Ajustable

## ANEXO B: Manual Técnico HC-SR04



### Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10uS pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula:  $\mu\text{s} / 58 = \text{centimeters}$  or  $\mu\text{s} / 148 = \text{inch}$ ; or: the range = high level time \* velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



---

**Attention:**

- The module is not suggested to connect directly to electric, if connected electric, the GND terminal should be connected the module first, otherwise, it will affect the normal work of the module.
- When tested objects, the range of area is not less than 0.5 square meters and the plane requests as smooth as possible, otherwise ,it will affect the results of measuring.

[www.ElecFreaks.com](http://www.ElecFreaks.com)



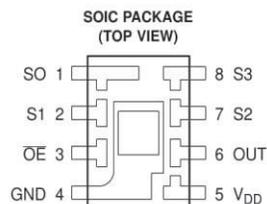
## ANEXO C: Manual Técnico TCS 230



### TCS230 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS046 - FEBRUARY 2003

- High-Resolution Conversion of Light Intensity to Frequency
- Programmable Color and Full-Scale Output Frequency
- Communicates Directly With a Microcontroller
- Single-Supply Operation (2.7 V to 5.5 V)
- Power Down Feature
- Nonlinearity Error Typically 0.2% at 50 kHz
- Stable 200 ppm/°C Temperature Coefficient
- Low-Profile Surface-Mount Package

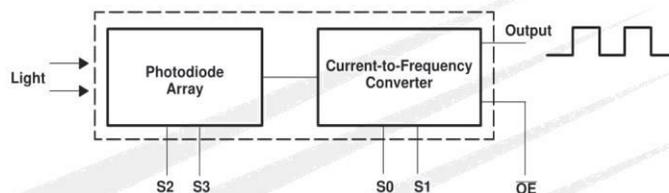


#### Description

The TCS230 programmable color light-to-frequency converter combines configurable silicon photodiodes and a current-to-frequency converter on single monolithic CMOS integrated circuit. The output is a square wave (50% duty cycle) with frequency directly proportional to light intensity (irradiance). The full-scale output frequency can be scaled by one of three preset values via two control input pins. Digital inputs and digital output allow direct interface to a microcontroller or other logic circuitry. Output enable (OE) places the output in the high-impedance state for multiple-unit sharing of a microcontroller input line.

The light-to-frequency converter reads an 8 x 8 array of photodiodes. Sixteen photodiodes have blue filters, 16 photodiodes have green filters, 16 photodiodes have red filters, and 16 photodiodes are clear with no filters. The four types (colors) of photodiodes are interdigitated to minimize the effect of non-uniformity of incident irradiance. All 16 photodiodes of the same color are connected in parallel and which type of photodiode the device uses during operation is pin-selectable. Photodiodes are 120  $\mu\text{m}$  x 120  $\mu\text{m}$  in size and are on 144- $\mu\text{m}$  centers.

#### Functional Block Diagram



The LUMENOLOGY® Company

Copyright © 2003, TAOS Inc.

Texas Advanced Optoelectronic Solutions Inc.

800 Jupiter Road, Suite 205 • Plano, TX 75074 • (972) 673-0759

www.taosinc.com

1

## TCS230 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS046 - FEBRUARY 2003

### Terminal Functions

| TERMINAL NAME   | NO.  | I/O | DESCRIPTION  |
|-----------------|------|-----|--|
| GND             | 4    |     | Power supply ground. All voltages are referenced to GND. |
| OE              | 3    | I   | Enable for $f_o$ (active low).                           |
| OUT             | 6    | O   | Output frequency ( $f_o$ ).                              |
| S0, S1          | 1, 2 | I   | Output frequency scaling selection inputs.               |
| S2, S3          | 7, 8 | I   | Photodiode type selection inputs.                        |
| V <sub>DD</sub> | 5    |     | Supply voltage   |

Table 1. Selectable Options

| S0 | S1 | OUTPUT FREQUENCY SCALING ( $f_o$ ) | S2 | S3 | PHOTODIODE TYPE   |
|----|----|------------------------------------|----|----|-------------------|
| L  | L  | Power down                         | L  | L  | Red               |
| L  | H  | 2%                                 | L  | H  | Blue              |
| H  | L  | 20%                                | H  | L  | Clear (no filter) |
| H  | H  | 100%                               | H  | H  | Green             |

### Available Options

| DEVICE | T <sub>A</sub> | PACKAGE - LEADS | PACKAGE DESIGNATOR | ORDERING NUMBER |
|--------|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| TCS230 | - 25°C to 85°C | SOIC-8          | D                  | TCS230D         |

### Absolute Maximum Ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| Supply voltage, V <sub>DD</sub> (see Note 1)                 | 6 V                                |
| Input voltage range, all inputs, V <sub>I</sub>              | - 0.3 V to V <sub>DD</sub> + 0.3 V |
| Operating free-air temperature range, T <sub>A</sub>         | 0°C to 70°C                        |
| Storage temperature range                                    | - 25°C to 85°C                     |
| Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds | 260°C                              |

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to GND.

### Recommended Operating Conditions

|  | MIN                              | NOM | MAX | UNIT            |
|--|----------------------------------|-----|-----|-----------------|
| Supply voltage, V <sub>DD</sub>                      | 2.7                              | 5   | 5.5 | V               |
| High-level input voltage, V <sub>IH</sub>            | V <sub>DD</sub> = 2.7 V to 5.5 V |     | 2   | V <sub>DD</sub> |
| Low-level input voltage, V <sub>IL</sub>             | V <sub>DD</sub> = 2.7 V to 5.5 V |     | 0   | 0.8             |
| Operating free-air temperature range, T <sub>A</sub> | 0                                | 70  |     | °C              |

Copyright © 2003, TAOS Inc.



**TAOS**  
www.taosinc.com

TEXAS  
ADVANCED  
OPTOELECTRONIC  
SOLUTIONS™

The LUMENOLOGY® Company

**TCS230**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
TAOS046 - FEBRUARY 2003

**Electrical Characteristics at  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = 5\text{ V}$  (unless otherwise noted)**

| PARAMETER |   | TEST CONDITIONS  | MIN | TYP       | MAX  | UNIT                  |
|-----------|---|--|-----|-----------|------|-----------------------|
| $V_{OH}$  | High-level output voltage                   | $I_{OH} = -4\text{ mA}$  | 4   | 4.5       |      | V                     |
| $V_{OL}$  | Low-level output voltage                    | $I_{OL} = 4\text{ mA}$   |     | 0.25      | 0.40 | V                     |
| $I_{IH}$  | High-level input current                    |  |     |           | 5    | $\mu\text{A}$         |
| $I_{IL}$  | Low-level input current                     |  |     |           | 5    | $\mu\text{A}$         |
| $I_{DD}$  | Supply current                              | Power-on mode  |     | 2         | 3    | mA                    |
|           |   | Power-down mode  |     | 7         | 15   | $\mu\text{A}$         |
|           | Full-scale frequency (See Note 2)           | $S0 = H, S1 = H$   | 500 | 600       |      | kHz                   |
|           |   | $S0 = H, S1 = L$   | 100 | 120       |      | kHz                   |
|           |   | $S0 = L, S1 = H$   | 10  | 12        |      | kHz                   |
|           | Temperature coefficient of output frequency | $\lambda \leq 700\text{ nm}, -25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$ |     | $\pm 200$ |      | ppm/ $^\circ\text{C}$ |
| $k_{SVS}$ | Supply voltage sensitivity                  | $V_{DD} = 5\text{ V} \pm 10\%$   |     | $\pm 0.5$ |      | %/V                   |

NOTE 2: Full-scale frequency is the maximum operating frequency of the device without saturation.

## TCS230 PROGRAMMABLE COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER

TAOS046 - FEBRUARY 2003

Operating Characteristics at  $V_{DD} = 5\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $S0 = \text{H}$ ,  $S1 = \text{H}$  (unless otherwise noted)  
(See Notes 3, 4, 5, 6, and 7).

| PARAMETER                                | TEST CONDITIONS   | CLEAR PHOTODIODE<br>S2 = H, S3 = L |             |     | BLUE PHOTODIODE<br>S2 = L, S3 = H |             |      | GREEN PHOTODIODE<br>S2 = H, S3 = H |             |      | RED PHOTODIODE<br>S2 = L, S3 = L |             |               | UNIT                                 |
|--|---|------------------------------------|-------------|-----|-----------------------------------|-------------|------|------------------------------------|-------------|------|----------------------------------|-------------|---------------|--------------------------------------|
|  |   | MIN                                | TYP         | MAX | MIN                               | TYP         | MAX  | MIN                                | TYP         | MAX  | MIN                              | TYP         | MAX           |                                      |
| $f_O$ Output frequency                   | $E_e = 45.6\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,<br>$\lambda_p = 470\ \text{nm}$ | 16                                 | 20          | 24  | 11.2                              | 16.4        | 21.6 |                                    |             |      |                                  |             |               | kHz                                  |
|  | $E_e = 39.2\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,<br>$\lambda_p = 524\ \text{nm}$ | 16                                 | 20          | 24  |                                   |             |      | 8                                  | 13.6        | 19.2 |                                  |             |               | kHz                                  |
|  | $E_e = 32.8\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ,<br>$\lambda_p = 635\ \text{nm}$ | 16                                 | 20          | 24  |                                   |             |      |                                    |             |      | 14                               | 19          | 24            | kHz                                  |
|  | $E_e = 0$   |                                    | 2           | 12  |                                   | 2           | 12   |                                    | 2           | 12   |                                  | 2           | 12            | Hz                                   |
| $R_e$ Irradiance responsivity (Note 8)   | $\lambda_p = 470\ \text{nm}$  |                                    | 439         |     |                                   | 360         |      |                                    | 88          |      |                                  | 31          |               | Hz/<br>( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) |
|  | $\lambda_p = 524\ \text{nm}$  |                                    | 510         |     |                                   | 189         |      |                                    | 347         |      |                                  | 46          |               |                                      |
|  | $\lambda_p = 565\ \text{nm}$  |                                    | 548         |     |                                   | 49          |      |                                    | 318         |      |                                  | 110         |               |                                      |
|  | $\lambda_p = 635\ \text{nm}$  |                                    | 610         |     |                                   | 30          |      |                                    | 37          |      |                                  | 579         |               |                                      |
| Saturation Irradiance (Note 9)           | $\lambda_p = 470\ \text{nm}$  |                                    | 1370        |     |                                   | 1670        |      |                                    |             |      |                                  |             |               | $\mu\text{W}/\text{cm}^2$            |
|  | $\lambda_p = 524\ \text{nm}$  |                                    | 1180        |     |                                   |             |      |                                    | 1730        |      |                                  |             |               |                                      |
|  | $\lambda_p = 565\ \text{nm}$  |                                    | 1090        |     |                                   |             |      |                                    | 1890        |      |                                  |             |               |                                      |
|  | $\lambda_p = 635\ \text{nm}$  |                                    | 980         |     |                                   |             |      |                                    |             |      | 1040                             |             |               |                                      |
| $R_v$ Illuminance responsivity (Note 10) | $\lambda_p = 470\ \text{nm}$  |                                    | 585         |     |                                   | 480         |      |                                    | 117         |      |                                  | 41          |               | Hz/<br>lx                            |
|  | $\lambda_p = 524\ \text{nm}$  |                                    | 98          |     |                                   | 36          |      |                                    | 67          |      |                                  | 9           |               |                                      |
|  | $\lambda_p = 565\ \text{nm}$  |                                    | 92          |     |                                   | 8           |      |                                    | 53          |      |                                  | 18          |               |                                      |
|  | $\lambda_p = 635\ \text{nm}$  |                                    | 407         |     |                                   | 20          |      |                                    | 25          |      |                                  | 386         |               |                                      |
| Nonlinearity (Note 11)                   | $f_O = 0$ to 5 kHz  |                                    | $\pm 0.1\%$ |     |                                   | $\pm 0.1\%$ |      |                                    | $\pm 0.1\%$ |      |                                  | $\pm 0.1\%$ |               | % F.S.                               |
|  | $f_O = 0$ to 50 kHz   |                                    | $\pm 0.2\%$ |     |                                   | $\pm 0.2\%$ |      |                                    | $\pm 0.2\%$ |      |                                  | $\pm 0.2\%$ |               | % F.S.                               |
|  | $f_O = 0$ to 500 kHz  |                                    | $\pm 0.5\%$ |     |                                   | $\pm 0.5\%$ |      |                                    | $\pm 0.5\%$ |      |                                  | $\pm 0.5\%$ |               | % F.S.                               |
| Recovery from power down                 |   |                                    | 100         |     |                                   | 100         |      |                                    | 100         |      |                                  | 100         | $\mu\text{s}$ |                                      |
| Response time to output enable (OE)      |   |                                    | 100         |     |                                   | 100         |      |                                    | 100         |      |                                  | 100         | ns            |                                      |

NOTES: 3. Optical measurements are made using small-angle incident radiation from a light-emitting diode (LED) optical source.

- The 470 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 470\ \text{nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 35\ \text{nm}$ , and luminous efficacy = 75 lm/W.
- The 524 nm input irradiance is supplied by an InGaN light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 524\ \text{nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 47\ \text{nm}$ , and luminous efficacy = 520 lm/W.
- The 565 nm input irradiance is supplied by a GaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 565\ \text{nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 28\ \text{nm}$ , and luminous efficacy = 595 lm/W.
- The 635 nm input irradiance is supplied by a AlInGaP light-emitting diode with the following characteristics: peak wavelength  $\lambda_p = 635\ \text{nm}$ , spectral halfwidth  $\Delta\lambda_{1/2} = 17\ \text{nm}$ , and luminous efficacy = 150 lm/W.
- Irradiance responsivity  $R_e$  is characterized over the range from zero to 5 kHz.
- Saturation irradiance = (full-scale frequency)/(irradiance responsivity).
- Illuminance responsivity  $R_v$  is calculated from the irradiance responsivity by using the LED luminous efficacy values stated in notes 4, 5, and 6 and using  $1\ \text{lx} = 1\ \text{lm}/\text{m}^2$ .
- Nonlinearity is defined as the deviation of  $f_O$  from a straight line between zero and full scale, expressed as a percent of full scale.

Copyright © 2003, TAOS Inc.



**TAOS**  
www.taosinc.com

TEXAS  
ADVANCED  
OPTOELECTRONIC  
SOLUTIONS™

The LUMENOLOGY® Company

**TCS230**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
TAOS046 - FEBRUARY 2003

**TYPICAL CHARACTERISTICS**

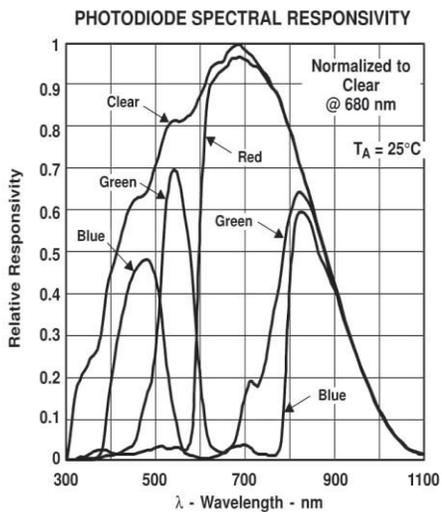


Figure 1

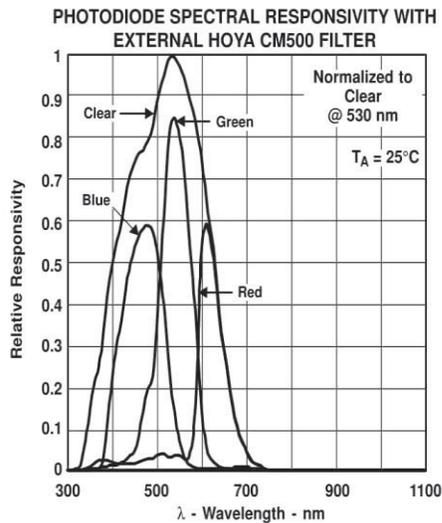


Figure 2

**TCS230**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
 TAOS046 - FEBRUARY 2003

**APPLICATION INFORMATION**

**Power supply considerations**

Power-supply lines must be decoupled by a 0.01- $\mu$ F to 0.1- $\mu$ F capacitor with short leads mounted close to the device package.

**Input interface**

A low-impedance electrical connection between the device OE pin and the device GND pin is required for improved noise immunity.

**Output interface**

The output of the device is designed to drive a standard TTL or CMOS logic input over short distances. If lines greater than 12 inches are used on the output, a buffer or line driver is recommended.

**Photodiode type (color) selection**

The type of photodiode (blue, green, red, or clear) used by the device is controlled by two logic inputs, S2 and S3 (see Table 1).

**Output frequency scaling**

Output-frequency scaling is controlled by two logic inputs, S0 and S1. The internal light-to-frequency converter generates a fixed-pulsewidth pulse train. Scaling is accomplished by internally connecting the pulse-train output of the converter to a series of frequency dividers. Divided outputs are 50%-duty cycle square waves with relative frequency values of 100%, 20%, and 2%. Because division of the output frequency is accomplished by counting pulses of the principal internal frequency, the final-output period represents an average of the multiple periods of the principle frequency.

The output-scaling counter registers are cleared upon the next pulse of the principal frequency after any transition of the S0, S1, S2, S3, and OE lines. The output goes high upon the next subsequent pulse of the principal frequency, beginning a new valid period. This minimizes the time delay between a change on the input lines and the resulting new output period. The response time to an input programming change or to an irradiance step change is one period of new frequency plus 1  $\mu$ S. The scaled output changes both the full-scale frequency and the dark frequency by the selected scale factor.

The frequency-scaling function allows the output range to be optimized for a variety of measurement techniques. The scaled-down outputs may be used where only a slower frequency counter is available, such as low-cost microcontroller, or where period measurement techniques are used.

**Measuring the frequency**

The choice of interface and measurement technique depends on the desired resolution and data acquisition rate. For maximum data-acquisition rate, period-measurement techniques are used.

Output data can be collected at a rate of twice the output frequency or one data point every microsecond for full-scale output. Period measurement requires the use of a fast reference clock with available resolution directly related to reference clock rate. Output scaling can be used to increase the resolution for a given clock rate or to maximize resolution as the light input changes. Period measurement is used to measure rapidly varying light levels or to make a very fast measurement of a constant light source.

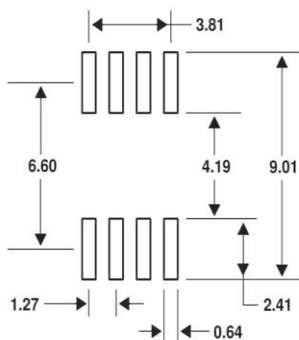
Maximum resolution and accuracy may be obtained using frequency-measurement, pulse-accumulation, or integration techniques. Frequency measurements provide the added benefit of averaging out random- or high-frequency variations (jitter) resulting from noise in the light signal. Resolution is limited mainly by available counter registers and allowable measurement time. Frequency measurement is well suited for slowly varying or constant light levels and for reading average light levels over short periods of time. Integration (the accumulation of pulses over a very long period of time) can be used to measure exposure, the amount of light present in an area over a given time period.

**TCS230**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
TAOS046 - FEBRUARY 2003

**APPLICATION INFORMATION**

**PCB pad layout**

Suggested PCB pad layout guidelines for the D package are shown in Figure 3.



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.  
 B. This drawing is subject to change without notice.

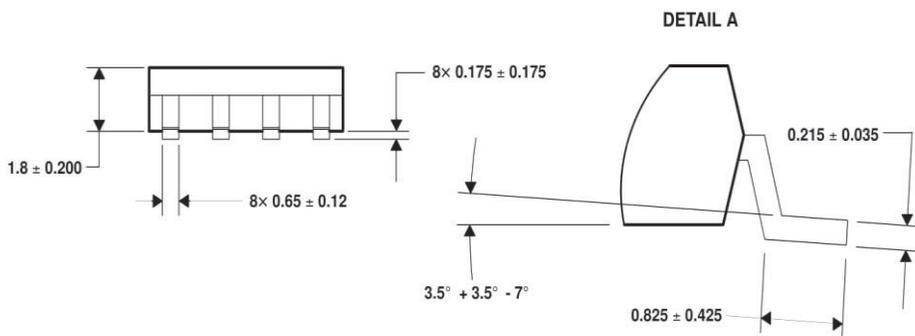
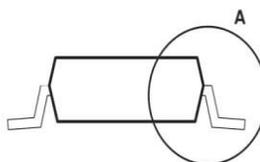
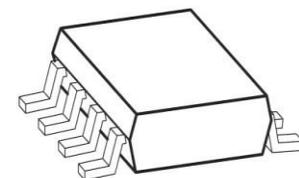
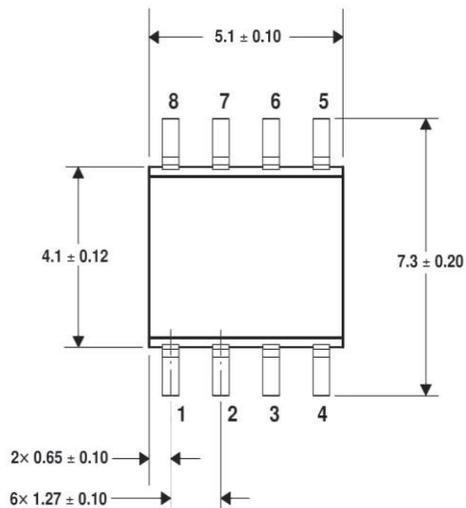
**Figure 3. Suggested D Package PCB Layout**

**TCS230**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
 TAOS046 - FEBRUARY 2003

**MECHANICAL INFORMATION**

**PACKAGE D**

**PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE**



- NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters.  
 B. Package is molded with an electrically nonconductive clear plastic compound having an index of refraction of 1.55.  
 C. Actual product will vary within the mechanical tolerances shown on this specification. Designs for use of this product **MUST** allow for the data sheet tolerances.  
 D. Pin 4 (GND) is mechanically connected to the die mount pad.  
 E. The 8 × 8 photodiode array area is 1.15 mm × 1.15 mm (1.33 sq. mm).  
 F. This drawing is subject to change without notice.

**Figure 4. TCS230 Mechanical Specifications**

**TCS230**  
**PROGRAMMABLE**  
**COLOR LIGHT-TO-FREQUENCY CONVERTER**  
TAOS046 - FEBRUARY 2003

---

**PRODUCTION DATA** — information in this document is current at publication date. Products conform to specifications in accordance with the terms of Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**NOTICE**

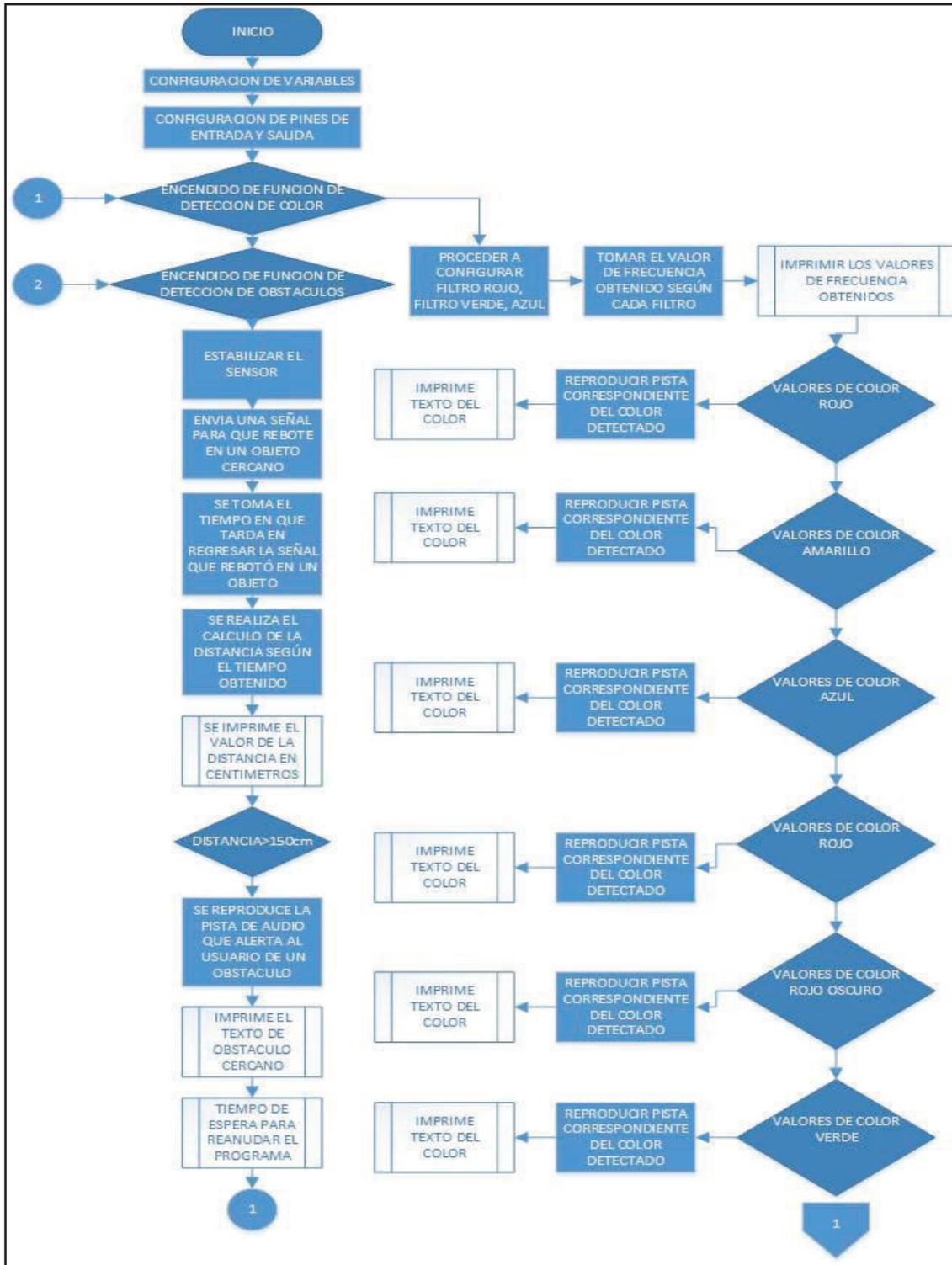
Texas Advanced Optoelectronic Solutions, Inc. (TAOS) reserves the right to make changes to the products contained in this document to improve performance or for any other purpose, or to discontinue them without notice. Customers are advised to contact TAOS to obtain the latest product information before placing orders or designing TAOS products into systems.

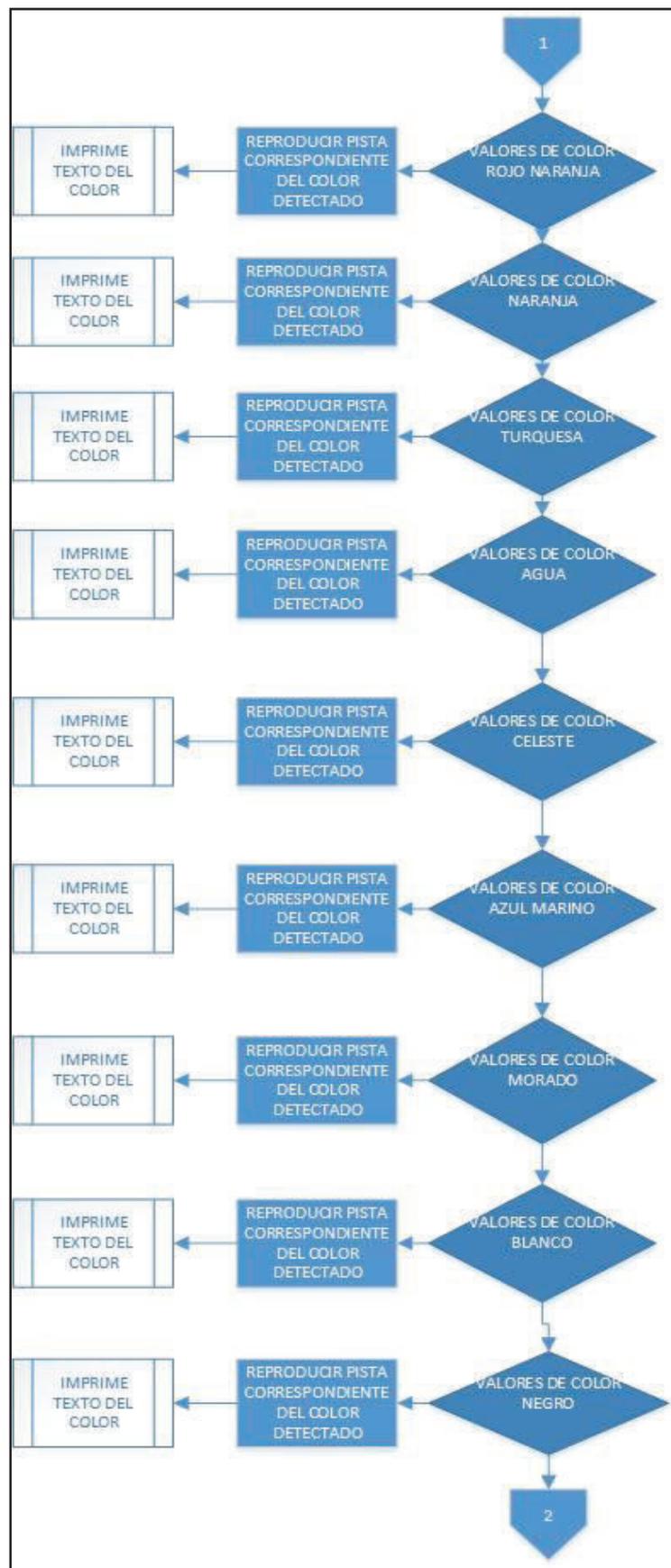
TAOS assumes no responsibility for the use of any products or circuits described in this document or customer product design, conveys no license, either expressed or implied, under any patent or other right, and makes no representation that the circuits are free of patent infringement. TAOS further makes no claim as to the suitability of its products for any particular purpose, nor does TAOS assume any liability arising out of the use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages.

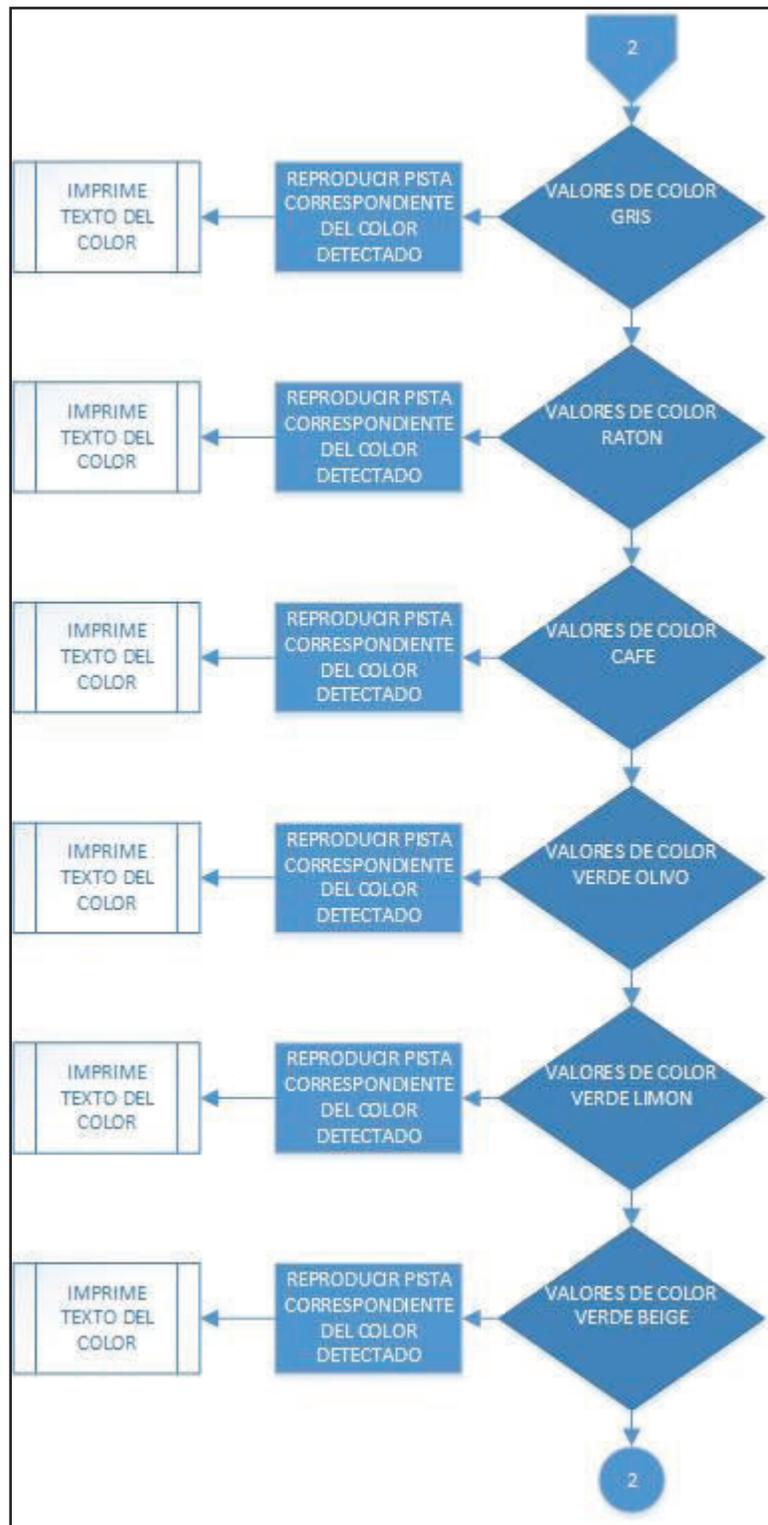
TEXAS ADVANCED OPTOELECTRONIC SOLUTIONS, INC. PRODUCTS ARE NOT DESIGNED OR INTENDED FOR USE IN CRITICAL APPLICATIONS IN WHICH THE FAILURE OR MALFUNCTION OF THE TAOS PRODUCT MAY RESULT IN PERSONAL INJURY OR DEATH. USE OF TAOS PRODUCTS IN LIFE SUPPORT SYSTEMS IS EXPRESSLY UNAUTHORIZED AND ANY SUCH USE BY A CUSTOMER IS COMPLETELY AT THE CUSTOMER'S RISK.

LUMENOLOGY is a registered trademark, and TAOS, the TAOS logo, and Texas Advanced Optoelectronic Solutions are trademarks of Texas Advanced Optoelectronic Solutions Incorporated.

### ANEXO D: Diagrama de flujo







## ANEXO E: Programa

```
#include <Wtv020sd16p.h> //LIBRERIA DEL MODULO WTV020

#define control 3      // PIN DE CONTROL DE LA FUNCION DE DETECCION DE
COLOR DEL DISPOSITIVO

#define control2 0     // PIN DE CONTROL DE LA FUNCION DE DETECCION DE
OBJETOS DEL DISPOSITIVO

#define S0 4          // PIN PARA EL SELECCIONAR ESCALA DE FRECUENCIA

#define S1 5          // PIN PARA EL SELECCIONAR ESCALA DE FRECUENCIA

#define S2 6          // PIN PARA EL SELECCIONAR EL FILTRO DEL FOTODIODO

#define S3 7          // PIN PARA EL SELECCIONAR EL FILTRO DEL FOTODIODO

#define sensorOut 8   // PIN DE FRECUENCIA DE SALIDA

#define OE 9          // PIN PARA HABILITAR LA FRECUENCIA

#define trigger 10    // SEÑAL DE ENTRADA DEL HC-SR04

#define eco 11        // SEÑAL DE SALIDA DEL HC-SR04

int resetPin = 12;    // PIN DE RESETEO DEL WTV020

int clockPin = 13;    // PIN DEL RELOJ PARA EL WTV020

int dataPin = 1;     // PIN DE DATOS DEL WTV020
```

```
int busyPin = 2;    // PIN DEL OCUPACION PARA EL WTV020

int amarillo;      // VARIABLE DE COLOR

int azul;         // VARIABLE DE COLOR

int rojo;         // VARIABLE DE COLOR

int rojo_oscuro;  // VARIABLE DE COLOR

int verde;        // VARIABLE DE COLOR

int rojo_naranja; // VARIABLE DE COLOR

int naranja;     // VARIABLE DE COLOR

int morado;      // VARIABLE DE COLOR

int blanco;     // VARIABLE DE COLOR

int negro;      // VARIABLE DE COLOR

int gris;       // VARIABLE DE COLOR

int raton;     // VARIABLE DE COLOR

int cafe;      // VARIABLE DE COLOR

int verde_olivo; // VARIABLE DE COLOR

int verde_limon; // VARIABLE DE COLOR
```

```
int beige;          // VARIABLE DE COLOR

int r=0;           // VARIABLE DE FOTODIODO ROJO

int g=0;           // VARIABLE DE FOTODIODO VERDE

int b=0;           // VARIABLE DE FOTODIODO AZUL

Wtv020sd16p wtv020sd16p (resetPin,clockPin,dataPin,busyPin); //DECLARACION
DE PINES DE OPERACION DEL WTV02016P

//HSCR04

long distancia; // VARIABLE DE DISTANCIA PARA EL HC-SR04

long tiempo; // VARIABLE DE TIEMPO DEL HC-SR04 PARA DETERMINAR EL
TIEMPO DE IDA Y RETORNO DEL PULSO

void setup() {      //CONFIGURACION DE PINES

wtv020sd16p.reset (); // REINICIO DEL MODULO WTV020

pinMode (S0, OUTPUT); // PIN S0 COMO SALIDA

pinMode (S1, OUTPUT); // PIN S1 COMO SALIDA

pinMode (S2, OUTPUT); // PIN S2 COMO SALIDA

pinMode (S3, OUTPUT); // PIN S3 COMO SALIDA

pinMode (sensorOut, INPUT);// PIN sensorOut COMO ENTRADA
```

```
pinMode (OE, OUTPUT); // PIN OE COMO SALIDA

pinMode (trigger, OUTPUT); // PIN TRIGGER COMO SALIDA

pinMode (eco, INPUT); // PIN ECO COMO ENTRADA

//CONFIGURA LA ESCALA DE FRECUENCIA A UN 100%

digitalWrite (S0,HIGH);

digitalWrite (S1,HIGH);

Serial.begin (9600); // CONFIGURACION DE VELOCIDAD DE LA CONEXION
SERIAL

}

void loop () {

if (control== HIGH) // BOTON PARA ACTIVACION DE LA FUNCION DE
COLOR

{

digitalWrite (S2,LOW); // CONFIGURA LA DETECCION CON LOS FOTODIODOS
ROJOS

digitalWrite (S3,LOW);

r=pulseIn (sensorOut, LOW ); // LECTOR DE FRECUENCIA

delay (25);
```

```
digitalWrite (S2,LOW); // CONFIGURA LA DETECCION CON LOS FOTODIODOS  
VERDES
```

```
digitalWrite (S3,HIGH); // LECTOR DE FRECUENCIA
```

```
g=pulseIn (sensorOut,LOW);
```

```
delay (25); //TIEMPO DE ESPERA PARA ACTIVAR EL SIGUIENTE  
CONJUNTO DE FOTODIODOS
```

```
digitalWrite (S2,HIGH); // CONFIGURA LA DETECCION CON LOS FOTODIODOS  
AZULES
```

```
digitalWrite (S3,HIGH);
```

```
b=pulseIn (sensorOut,LOW); // LECTOR DE FRECUENCIA
```

```
delay (25); //TIEMPO DE ESPERA PARA ACTIVAR EL SIGUIENTE CONJUNTO  
DE FOTODIODOS
```

```
delay (2000); // TIEMPO DE ESPERA PARA MOSTRAR LOS VALORES DE  
FRECUENCIA DETECTADOS
```

```
Serial.print ("R= "); // IMPRIME EL CARACTER R (ROJO)
```

```
Serial.println (r,DEC); // IMPRIME EL VALOR DE LA FRECUENCIA DETECTADA  
POR EL CONJUNTO DE FOTODIODOS ROJOS
```

```
Serial.print (" "); // SALTA UN ESPACIO
```

```
Serial.print ("G= "); // IMPRIME EL CARACTER G (VERDE)
```

```
Serial.println(g,DEC); // IMPRIME EL VALOR DE LA FRECUENCIA DETECTADA  
POR EL CONJUNTO DE FOTODIOS VERDES
```

```
Serial.print(" "); // SALTA UN ESPACIO
```

```
Serial.print("B= "); // IMPRIME EL CARACTER B (AZUL)
```

```
Serial.println(b,DEC); // IMPRIME EL VALOR DE LA FRECUENCIA DETECTADA  
POR EL CONJUNTO DE FOTODIOS AZULES
```

```
Serial.print(" "); // SALTA UN ESPACIO
```

```
Serial.println("\n\n"); // SALTA UNA LINEA
```

```
delay(100); //TIEMPO DE ESPERA PARA LA COMPARACION DE LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS
```

```
if((r<55 && r>35) && (g<140 && g>115) && (b<70 && b>50)) //SEGUN LA  
COINCIDENCIA DE LOS VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS CON LOS  
CONFIGURADOS EN EL OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
    amarillo=1; // VARIABLE DE COLOR
```

```
    wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
    wtv020sd16p.playVoice(0); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
    Serial.println("ES UN OBJETO AMARILLO"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR  
DETECTADO
```

```
}  
  
else  
  
if((r<120 && r>100) && (g<260 && g>240) && (b<285 && b>265)) //SEGUN LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL  
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR  
  
{  
  
rojo_oscuro=1;  
  
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP  
  
wtv020sd16p.playVoice(1); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO  
  
Serial.println("ES UN OBJETO ROJO_OSCURO"); // IMPRIME EN PANTALLA EL  
COLOR DETECTADO  
  
}  
  
else  
  
if ((r<180 && r>160) && (g<140 && g>120) && (b<215 && b>185))//SEGUN LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL  
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR  
  
{  
  
azul =1;
```

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(2); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL COLOR  
DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO AZUL"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR  
DETECTADO
```

```
}
```

```
else
```

```
if((r<95 && r>75) && (g<265 && g>245) && (b<285 && b>265))//SEGUN LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL  
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
rojo=1;
```

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(3); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO ROJO"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR  
DETECTADO
```

```
}
```

```
else
```

```
if((r<180 && r>160) && (g<185 && g>165) && (b<165 && b>145))//SEGUN LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL  
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
verde=1;
```

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(4); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO VERDE"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR  
DETECTADO
```

```
}
```

```
else
```

```
if((r<85 && r>65) && (g<235 && g>215) && (b<265 && b>245))//SEGUN LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL  
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
rojo_naranja=1;
```

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(5); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO ROJO_NARANJA"); // IMPRIME EN PANTALLA EL  
COLOR DETECTADO
```

```
}
```

```
else
```

```
if((r<83 && r>63) && (g<212 && g>192) && (b<195 && b>175)) //SEGUN LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL  
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
naranja=1;
```

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(6); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO NARANJA"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR  
DETECTADO
```

```
}
```

```
else
```

```
if((r<100 && r>80) && (g<90 && g>70) && (b<90 && b>70)) //SEGUN LOS VALORES  
DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL OPERADOR (if)  
SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
turquesa=1;

wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP

wtv020sd16p.playVoice(7); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL
COLOR DETECTADO

Serial.println("ES UN OBJETO TURQUESA"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR
DETECTADO

}

else

if((r<125 && r>105) && (g<90 && g>70) && (b<110 && b>90))//SEGUN LOS
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR

{

agua=1;

wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP

wtv020sd16p.playVoice(8); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL
COLOR DETECTADO

Serial.println("ES UN OBJETO AGUA"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR
DETECTADO

}
```

else

if((r<170 && r>150) && (g<120 && g>100) && (b<171 && b>151))//SEGUN LOS VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR

{

celeste=1;

wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP

wtv020sd16p.playVoice(9); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL COLOR DETECTADO

Serial.println("ES UN OBJETO CELESTE"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR DETECTADO

}

else

if((r<270 && r>250) && (g<310 && g>290) && (b<330 && b>310))//SEGUN LOS VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR

{

azul\_marino=1;

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(10); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO AZUL MARINO"); // IMPRIME EN PANTALLA EL  
COLOR DETECTADO
```

```
}
```

```
else
```

```
if((r<170 && r>150) && (g<185 && g>165) && (b<220 && b>200))//SEGUN LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL  
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
morado=1;
```

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(11); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO MORADO"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR  
DETECTADO
```

```
}
```

```
else
```

```
if((r<48 && r>28) && (g<57 && g>37) && (b<57 && b>37))//SEGUN LOS VALORES  
DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL OPERADOR (if)  
SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
blanco=1;
```

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(12); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO BLANCO"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR  
DETECTADO
```

```
}
```

```
else
```

```
if((r<235 && r>215) && (g<335 && g>315) && (b<335 && b>315))//SEGUN LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL  
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
negro=1;
```

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(13); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO NEGRO"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR  
DETECTADO
```

```
}
```

```
else
```

```
if((r<145 && r>125) && (g<170 && g>150) && (b<175 && b>155))//SEGUN LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL  
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
gris=1;
```

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(14); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO GRIS"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR  
DETECTADO
```

```
}
```

```
else
```

```
if((r<170 && r>150) && (g<205 && g>185) && (b<210 && b>190))//SEGUN LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL  
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
raton=1;

wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP

wtv020sd16p.playVoice(15); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL
COLOR DETECTADO

Serial.println("ES UN OBJETO RATON"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR
DETECTADO

}

else

if((r<87 && r>67) && (g<160 && g>144) && (b<100 && b>80))//SEGUN LOS
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR

{

verde_limon=1;

wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP

wtv020sd16p.playVoice(16); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL
COLOR DETECTADO

Serial.println("ES UN OBJETO VERDE_LIMON"); // IMPRIME EN PANTALLA EL
COLOR DETECTADO

}
```

```
else
```

```
if((r<140 && r>120) && (g<245 && g>215) && (b<230 && b>210))//SEGUN LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL  
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
cafe=1;
```

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(17); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO CAFE"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR  
DETECTADO
```

```
}
```

```
else
```

```
if((r<60 && r>40) && (g<70 && g>50) && (b<70 && b>50))//SEGUN LOS VALORES  
DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL OPERADOR (if)  
SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
beige=1;
```

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(18); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO BEIGE"); // IMPRIME EN PANTALLA EL COLOR  
DETECTADO
```

```
}
```

```
else
```

```
if((r<105 && r>85) && (g<165 && g>145) && (b<145 && b>125))//SEGUN LOS  
VALORES DE FRECUENCIA OBTENIDOS SON LOS CONFIGURADOS EN EL  
OPERADOR (if) SE DETERMINA EL COLOR
```

```
{
```

```
verde_olivo=1;
```

```
wtv020sd16p.stopVoice(); // SE CONFIGURA EL WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(19); // SE REPRODUCE LA PISTA RESPECTIVA DEL  
COLOR DETECTADO
```

```
Serial.println("ES UN OBJETO VERDE_OLIVO"); // IMPRIME EN PANTALLA EL  
COLOR DETECTADO
```

```
}
```

```
}
```

```
//ultrasonido
```

```
else if(control2==HIGH){ // BOTON PARA ACTIVACION DE LA FUNCION DE
DETECCION DE OBJETOS

digitalWrite(10,LOW); //CONFIGURACION PARA ESTABILIZAR EL ULTRASONIDO

delayMicroseconds(5); // TIEMPO DE ESPERA PARA ESTABILIZACION

digitalWrite(10, HIGH); //ENVIA EL PULSO DE ULTRA SONIDO

delayMicroseconds(10); // TIEMPO DE ESPERA PARA RETORNO DEL PULSO

tiempo=pulseIn(11, HIGH); //MEDICION DE LA LONGITUD DEL PULSO
ENTRANTE. Mide el tiempo que transcurrido entre el envío del pulso ultrasónico y
cuando el sensor recibe el rebote, es decir: desde que el pin 12 empieza a recibir el
rebote, HIGH, hasta que deja de hacerlo, LOW, la longitud del pulso entrante

distancia= int(0.017*tiempo);// fórmula para calcular la distancia obteniendo un valor
entero

//Monitorización en centímetros por el monitor serial

Serial.println("Distancia ");

Serial.println(distancia);

Serial.println(" cm");

delay(1000);

if(distancia>=150){ //SI LA DISTANCIA ES MAYOR O IGUAL A 1,5 M

wtv020sd16p.stopVoice();// WTV020 EN STOP
```

```
wtv020sd16p.playVoice(19);//REPRODUCE EL AUDIO DE ALERTA POR  
OBSTACULOS
```

```
Serial.println("OBSTACULO CERCANO");//IMPRIME EL TEXTO DE ALERTA
```

```
delay(1000);//TIEMPO DE ESPERA
```

```
}
```

```
}
```

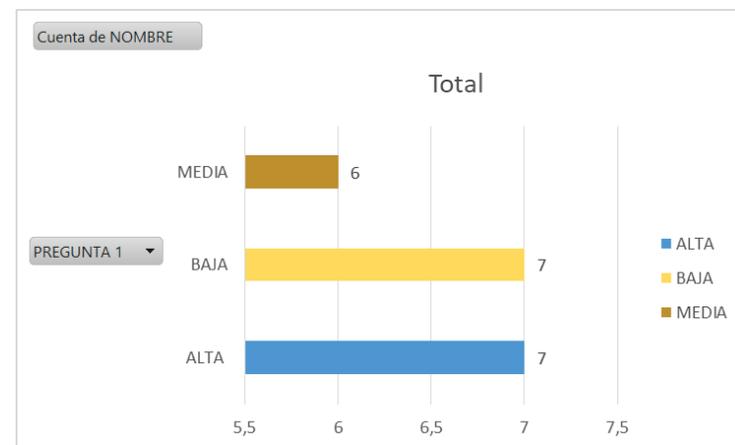
### ANEXO F: Resultados de encuestas realizadas

| PREGUNTAS           |            |            |            |            |               |            |
|---------------------|------------|------------|------------|------------|---------------|------------|
| NOMBRE              | PREGUNTA 1 | PREGUNTA 2 | PREGUNTA 3 | PREGUNTA 4 | TIPO          | PREGUNTA 5 |
| PONCE JOHNNY        | MEDIA      | MEDIA      | SI         | SI         | BASTON BLANCO | SI         |
| MOPOSITA LUCIA      | BAJA       | MEDIA      | SI         | SI         | BASTON BLANCO | SI         |
| ROJAS PAOLA         | BAJA       | MEDIA      | SI         | SI         | LAZARILLO     | SI         |
| HERRERA DIANA       | ALTA       | BAJA       | SI         | SI         | OTRO          | SI         |
| ZAMBRANO ELOISA     | ALTA       | BAJA       | SI         | SI         | BASTON BLANCO | SI         |
| MOROCHO GREGORIO    | MEDIA      | MEDIA      | SI         | SI         | BASTON BLANCO | SI         |
| LARREA DARWIN       | BAJA       | MEDIA      | SI         | SI         | BASTON BLANCO | SI         |
| CHICAIZA JORGE      | BAJA       | MEDIA      | SI         | SI         | BASTON BLANCO | SI         |
| PUGO ROBERTO        | ALTA       | MEDIA      | SI         | SI         | BASTON BLANCO | SI         |
| ANDRANGO ELIZABETH  | ALTA       | MEDIA      | SI         | SI         | BASTON BLANCO | SI         |
| TABANGO EMANUEL     | ALTA       | BAJA       | SI         | SI         | BASTON BLANCO | SI         |
| LLIVE RAFAEL        | MEDIA      | MEDIA      | SI         | SI         | BASTON BLANCO | SI         |
| GUAMAN PAOLA        | BAJA       | MEDIA      | SI         | SI         | OTRO          | SI         |
| BORRERO RICHARD     | MEDIA      | MEDIA      | SI         | SI         | OTRO          | SI         |
| CALERO CAIZA FABIAN | ALTA       | BAJA       | SI         | SI         | OTRO          | SI         |
| MORENO NAOMY        | ALTA       | MEDIA      | SI         | SI         | LAZARILLO     | SI         |
| BOLIVAR JAIME       | BAJA       | MEDIA      | SI         | SI         | LAZARILLO     | SI         |
| HURTADO JUANA       | BAJA       | ALTA       | SI         | SI         | LAZARILLO     | SI         |
| DURAN ENRIQUE       | MEDIA      | MEDIA      | SI         | SI         | BASTON BLANCO | SI         |
| SANGUCHO MANUEL     | MEDIA      | MEDIA      | SI         | SI         | OTRO          | SI         |

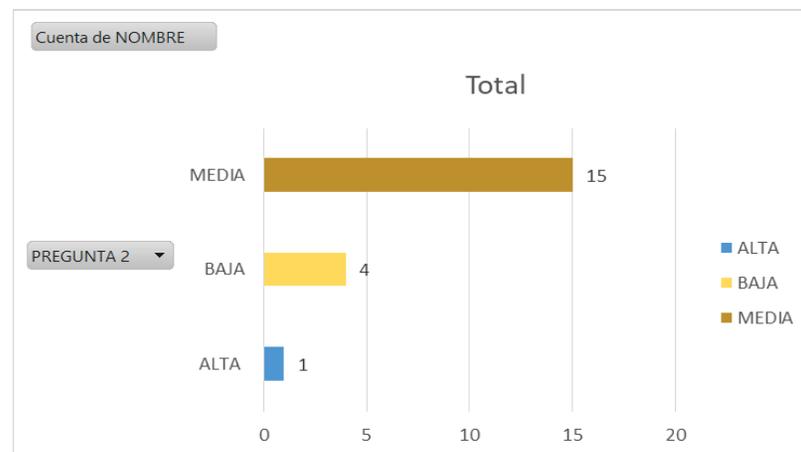
| PREGUNTAS           |            |            |   |                        |             |
|---------------------|------------|------------|---|------------------------|-------------|
| NOMBRE              | PREGUNTA 6 | PREGUNTA 7 | PREGUNTA 8                              | PREGUNTA 9             | PREGUNTA 10 |
| PONCE JOHNNY        | MEDIA      | SI         | Un sonido de tono mediante un audifonos | Identificar colores    | SI          |
| MOPOSITA LUCIA      | ALTA       | SI         | Un sonido de tono mediante parlante     | Notificar la hora      | SI          |
| ROJAS PAOLA         | BAJA       | SI         | Una especie de vibración                | Notificar la hora      | SI          |
| HERRERA DIANA       | BAJA       | SI         | Una especie de vibración                | Indicar la temperatura | SI          |
| ZAMBRANO ELOISA     | MEDIA      | SI         | Un sonido de tono mediante parlante     | Indicar la temperatura | SI          |
| MOROCHO GREGORIO    | MEDIA      | SI         | Un sonido de tono mediante parlante     | Indicar la temperatura | SI          |
| LARREA DARWIN       | MEDIA      | SI         | Un comando de voz mediante audifonos    | Identificar colores    | SI          |
| CHICAIZA JORGE      | MEDIA      | SI         | Un sonido de tono mediante un audifonos | Notificar la hora      | SI          |
| PUGO ROBERTO        | MEDIA      | SI         | Un sonido de tono mediante un audifonos | Identificar colores    | SI          |
| ANDRANGO ELIZABETH  | MEDIA      | SI         | Un comando de voz mediante audifonos    | Identificar colores    | SI          |
| TABANGO EMANUEL     | MEDIA      | SI         | Un sonido de tono mediante un audifonos | Indicar la temperatura | SI          |
| LLIVE RAFAEL        | MEDIA      | SI         | Un sonido de tono mediante parlante     | Notificar la hora      | SI          |
| GUAMAN PAOLA        | MEDIA      | SI         | Un comando de voz mediante audifonos    | Identificar colores    | SI          |
| BORRERO RICHARD     | MEDIA      | SI         | Un comando de voz mediante audifonos    | Identificar colores    | SI          |
| CALERO CAIZA FABIAN | MEDIA      | SI         | Un comando de voz mediante audifonos    | Identificar colores    | SI          |
| MORENO NAOMY        | BAJA       | SI         | Un sonido de tono mediante un audifonos | Identificar colores    | SI          |
| BOLIVAR JAIME       | BAJA       | SI         | Una especie de vibración                | Notificar la hora      | SI          |
| HURTADO JUANA       | BAJA       | SI         | Un comando de voz mediante audifonos    | Notificar la hora      | SI          |
| DURAN ENRIQUE       | MEDIA      | SI         | Un sonido de tono mediante un audifonos | Identificar colores    | SI          |
| SANGUCHO MANUEL     | BAJA       | SI         | Un comando de voz mediante audifonos    | Identificar colores    | SI          |

| PREGUNTAS           |             |             |             |                            |             |                      |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------|
| NOMBRE              | PREGUNTA 11 | PREGUNTA 12 | PREGUNTA 13 | PREGUNTA 14                | PREGUNTA 15 | PREGUNTA 16          |
| PONCE JOHNNY        | SI          | SI          | NO          | Una especie de cinturón    | SI          | GPS                  |
| MOPOSITA LUCIA      | SI          | SI          | NO          | Gafas                      | SI          | GPS                  |
| ROJAS PAOLA         | SI          | SI          | NO          | Una especie de cinturón    | SI          | INDICADOR DE FECHA   |
| HERRERA DIANA       | SI          | SI          | NO          | En el baston blanco        | SI          | INDICADOR DE FECHA   |
| ZAMBRANO ELOISA     | SI          | SI          | NO          | En alguna prenda de vestir | SI          | INDICADOR DE FECHA   |
| MOROCHO GREGORIO    | SI          | SI          | NO          | Una especie de cinturón    | SI          | INDICADOR DE FECHA   |
| LARREA DARWIN       | SI          | SI          | NO          | Una especie de cinturón    | SI          | GPS                  |
| CHICAIZA JORGE      | NO          | SI          | NO          | Gafas                      | SI          | IDENTIFICADOR FACIAL |
| PUGO ROBERTO        | SI          | SI          | NO          | Gafas                      | SI          | INDICADOR DE FECHA   |
| ANDRANGO ELIZABETH  | SI          | SI          | SI          | En el baston blanco        | SI          | IDENTIFICADOR FACIAL |
| TABANGO EMANUEL     | SI          | SI          | SI          | En alguna prenda de vestir | SI          | INDICADOR DE FECHA   |
| LLIVE RAFAEL        | NO          | SI          | SI          | En alguna prenda de vestir | SI          | GPS                  |
| GUAMAN PAOLA        | SI          | SI          | SI          | En el baston blanco        | SI          | IDENTIFICADOR FACIAL |
| BORRERO RICHARD     | SI          | SI          | NO          | Una especie de cinturón    | SI          | INDICADOR DE FECHA   |
| CALERO CAIZA FABIAN | SI          | SI          | SI          | En el baston blanco        | SI          | IDENTIFICADOR FACIAL |
| MORENO NAOMY        | NO          | SI          | SI          | Una especie de cinturón    | SI          | GPS                  |
| BOLIVAR JAIME       | SI          | SI          | NO          | Una especie de cinturón    | SI          | GPS                  |
| HURTADO JUANA       | SI          | SI          | SI          | Gafas                      | SI          | INDICADOR DE FECHA   |
| DURAN ENRIQUE       | SI          | SI          | NO          | Una especie de cinturón    | SI          | GPS                  |
| SANGUCHO MANUEL     | SI          | SI          | SI          | En alguna prenda de vestir | SI          | GPS                  |

| PREGUNTA 1                                    |                      |          |          |               |
|---|----------------------|----------|----------|---------------|
| 1.¿Qué grado de seguridad siente al caminar ? |                      |          |          |               |
| Cuenta de PREGUNTA 1                          | Etiquetas de columna |          |          |               |
| Etiquetas de fila                             | ALTA                 | BAJA     | MEDIA    | Total general |
| BOLIVAR JAIME                                 |                      | 1        |          | 1             |
| HURTADO JUANA                                 |                      | 1        |          | 1             |
| LLIVE RAFAEL                                  |                      |          | 1        | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH                            |                      | 1        |          | 1             |
| BORRERO RICHARD                               |                      |          | 1        | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN                           |                      | 1        |          | 1             |
| CHICAIZA JORGE                                |                      | 1        |          | 1             |
| DURAN ENRIQUE                                 |                      |          | 1        | 1             |
| GUAMAN PAOLA                                  |                      | 1        |          | 1             |
| HERRERA DIANA                                 |                      | 1        |          | 1             |
| LARREA DARWIN                                 |                      | 1        |          | 1             |
| MOPOSITA LUCIA                                |                      | 1        |          | 1             |
| MORENO NAOMY                                  |                      | 1        |          | 1             |
| MOROCHO GREGORIO                              |                      |          | 1        | 1             |
| PONCE JOHNNY                                  |                      |          | 1        | 1             |
| PUGO ROBERTO                                  |                      | 1        |          | 1             |
| ROJAS PAOLA                                   |                      | 1        |          | 1             |
| SANGUCHO MANUEL                               |                      |          | 1        | 1             |
| TABANGO EMANUEL                               |                      | 1        |          | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA                               |                      | 1        |          | 1             |
| <b>Total general</b>                          | <b>7</b>             | <b>7</b> | <b>6</b> | <b>20</b>     |



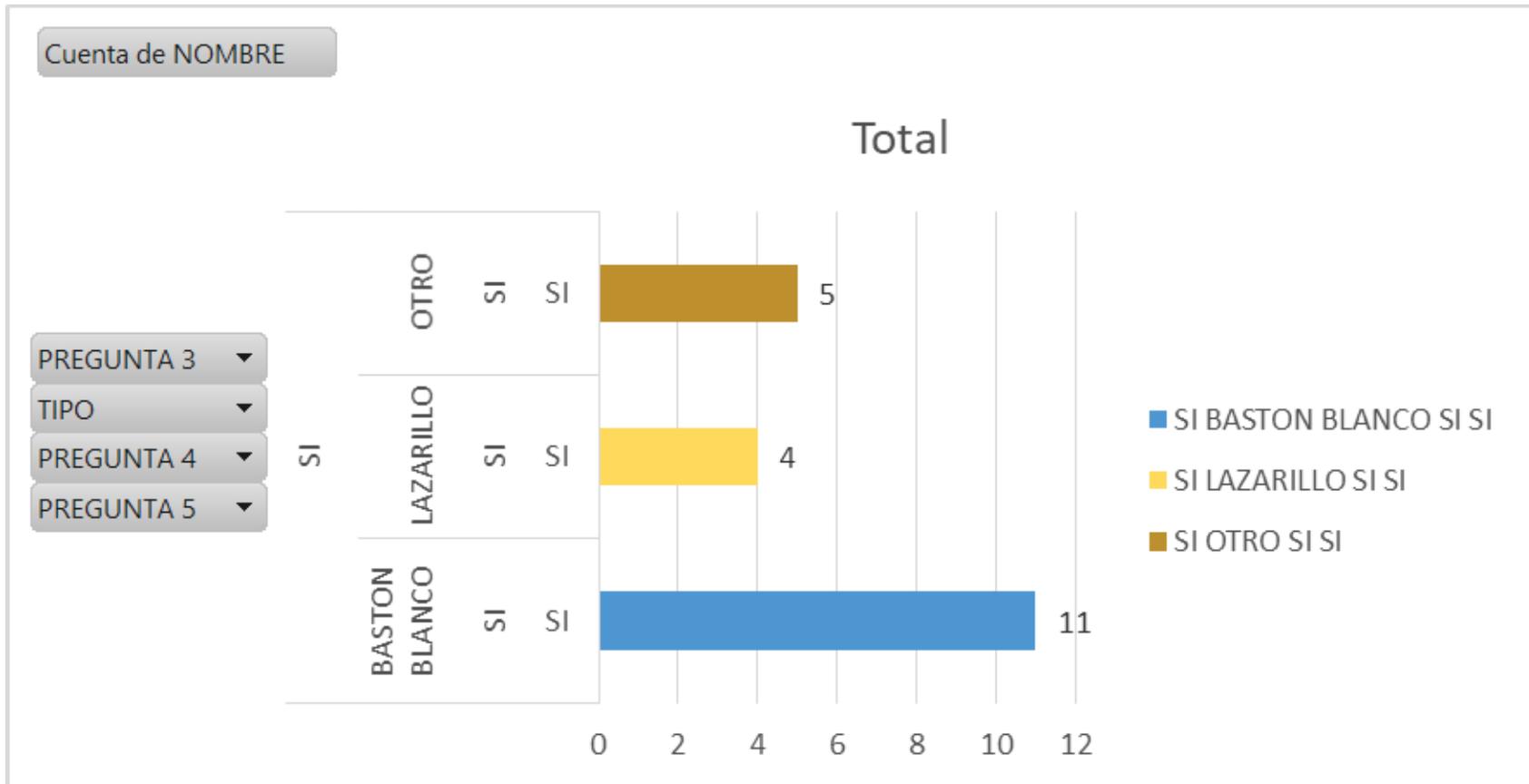
| PREGUNTA 2   |                      |          |           |               |
|--|----------------------|----------|-----------|---------------|
| 2.¿Qué grado de dependencia de otra persona tiene para realizar sus actividades diarias? |                      |          |           |               |
| Cuenta de PREGUNTA 2   | Etiquetas de columna |          |           |               |
| Etiquetas de fila  | ALTA                 | BAJA     | MEDIA     | Total general |
| BOLIVAR JAIME  |                      |          | 1         | 1             |
| HURTADO JUANA  | 1                    |          |           | 1             |
| LLIVE RAFAEL   |                      |          | 1         | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH   |                      |          | 1         | 1             |
| BORRERO RICHARD  |                      |          | 1         | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN  |                      | 1        |           | 1             |
| CHICAIZA JORGE   |                      |          | 1         | 1             |
| DURAN ENRIQUE  |                      |          | 1         | 1             |
| GUAMAN PAOLA   |                      |          | 1         | 1             |
| HERRERA DIANA  |                      | 1        |           | 1             |
| LARREA DARWIN  |                      |          | 1         | 1             |
| MOPOSITA LUCIA   |                      |          | 1         | 1             |
| MORENO NAOMY   |                      |          | 1         | 1             |
| MOROCHO GREGORIO   |                      |          | 1         | 1             |
| PONCE JOHNNY   |                      |          | 1         | 1             |
| PUGO ROBERTO   |                      |          | 1         | 1             |
| ROJAS PAOLA  |                      |          | 1         | 1             |
| SANGUCHO MANUEL  |                      |          | 1         | 1             |
| TABANGO EMANUEL  |                      | 1        |           | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA  |                      | 1        |           | 1             |
| <b>Total general</b>   | <b>1</b>             | <b>4</b> | <b>15</b> | <b>20</b>     |



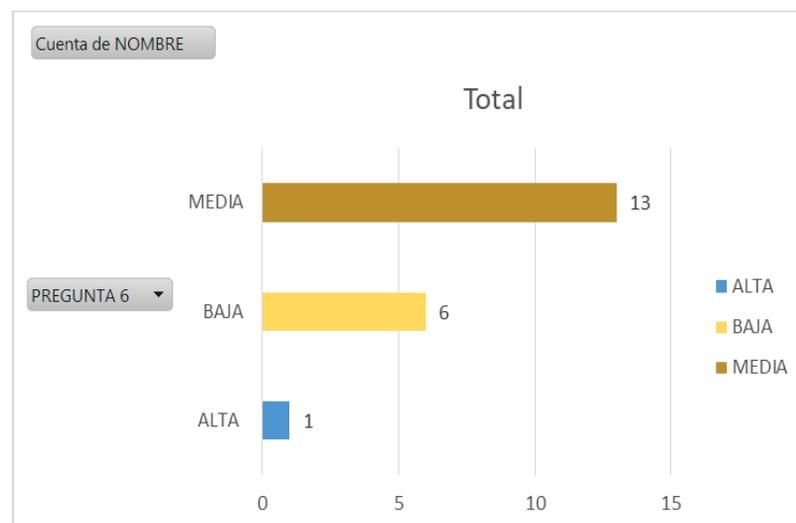
| 3.¿Utiliza algún tipo de ayuda para movilizarse?, por ejemplo Bastón Blanco. Indique que tipo de ayuda en caso de que su respuesta sea Sí |                      |               |
|---|----------------------|---------------|
| Cuenta de PREGUNTA 3  | Etiquetas de columna |               |
| Etiquetas de fila   | SI                   | Total general |
| <input type="checkbox"/> BOLIVAR JAIME  | 1                    | 1             |
| LAZARILLO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> HURTADO JUANA  | 1                    | 1             |
| LAZARILLO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> LLIVE RAFAEL   | 1                    | 1             |
| BASTON BLANCO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> ANDRANGO ELIZABETH   | 1                    | 1             |
| BASTON BLANCO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> BORRERO RICHARD  | 1                    | 1             |
| OTRO  | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> CALERO CAIZA FABIAN  | 1                    | 1             |
| OTRO  | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> CHICAIZA JORGE   | 1                    | 1             |
| BASTON BLANCO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> DURAN ENRIQUE  | 1                    | 1             |
| BASTON BLANCO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> GUAMAN PAOLA   | 1                    | 1             |
| OTRO  | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> HERRERA DIANA  | 1                    | 1             |
| OTRO  | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> LARREA DARWIN  | 1                    | 1             |
| BASTON BLANCO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> MOPOSITA LUCIA   | 1                    | 1             |
| BASTON BLANCO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> MORENO NAOMY   | 1                    | 1             |
| LAZARILLO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> MOROCHO GREGORIO   | 1                    | 1             |
| BASTON BLANCO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> PONCE JOHNNY   | 1                    | 1             |
| BASTON BLANCO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> PUGO ROBERTO   | 1                    | 1             |
| BASTON BLANCO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> ROJAS PAOLA  | 1                    | 1             |
| LAZARILLO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> SANGUCHO MANUEL  | 1                    | 1             |
| OTRO  | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> TABANGO EMANUEL  | 1                    | 1             |
| BASTON BLANCO   | 1                    | 1             |
| <input type="checkbox"/> ZAMBRANO ELOISA  | 1                    | 1             |
| BASTON BLANCO   | 1                    | 1             |
| <b>Total general</b>  | <b>20</b>            | <b>20</b>     |

| PREGUNTA 4   |                        |               |
|--|------------------------|---------------|
| 4.¿El tipo de ayuda mencionada anteriormente cubre satisfactoriamente la necesidad de movilizarse con seguridad? |                        |               |
| Cuenta de PREGUNTA 4   | Etiquetas de columna ▼ |               |
| Etiquetas de fila ▼  | SI                     | Total general |
| BOLIVAR JAIME  | 1                      | 1             |
| HURTADO JUANA  | 1                      | 1             |
| LLIVE RAFAEL   | 1                      | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH   | 1                      | 1             |
| BORRERO RICHARD  | 1                      | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN  | 1                      | 1             |
| CHICAIZA JORGE   | 1                      | 1             |
| DURAN ENRIQUE  | 1                      | 1             |
| GUAMAN PAOLA   | 1                      | 1             |
| HERRERA DIANA  | 1                      | 1             |
| LARREA DARWIN  | 1                      | 1             |
| MOPOSITA LUCIA   | 1                      | 1             |
| MORENO NAOMY   | 1                      | 1             |
| MOROCHO GREGORIO   | 1                      | 1             |
| PONCE JOHNNY   | 1                      | 1             |
| PUGO ROBERTO   | 1                      | 1             |
| ROJAS PAOLA  | 1                      | 1             |
| SANGUCHO MANUEL  | 1                      | 1             |
| TABANGO EMANUEL  | 1                      | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA  | 1                      | 1             |
| <b>Total general</b>   | <b>20</b>              | <b>20</b>     |

| PREGUNTA 5  |                        |               |
|---|------------------------|---------------|
| 5.¿El tipo de ayuda mencionada anteriormente brinda comodidad y es facil de usar? |                        |               |
| Cuenta de PREGUNTA 5  | Etiquetas de columna ▼ |               |
| Etiquetas de fila ▼   | SI                     | Total general |
| BOLIVAR JAIME   | 1                      | 1             |
| HURTADO JUANA   | 1                      | 1             |
| LLIVE RAFAEL  | 1                      | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH  | 1                      | 1             |
| BORRERO RICHARD   | 1                      | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN   | 1                      | 1             |
| CHICAIZA JORGE  | 1                      | 1             |
| DURAN ENRIQUE   | 1                      | 1             |
| GUAMAN PAOLA  | 1                      | 1             |
| HERRERA DIANA   | 1                      | 1             |
| LARREA DARWIN   | 1                      | 1             |
| MOPOSITA LUCIA  | 1                      | 1             |
| MORENO NAOMY  | 1                      | 1             |
| MOROCHO GREGORIO  | 1                      | 1             |
| PONCE JOHNNY  | 1                      | 1             |
| PUGO ROBERTO  | 1                      | 1             |
| ROJAS PAOLA   | 1                      | 1             |
| SANGUCHO MANUEL   | 1                      | 1             |
| TABANGO EMANUEL   | 1                      | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA   | 1                      | 1             |
| <b>Total general</b>  | <b>20</b>              | <b>20</b>     |



| PREGUNTA 6   |                      |          |           |               |
|--|----------------------|----------|-----------|---------------|
| 6.¿Qué grado de dependencia aporta su sentido de audición? |                      |          |           |               |
| Cuenta de PREGUNTA 6                                       | Etiquetas de columna |          |           |               |
| Etiquetas de fila  | ALTA                 | BAJA     | MEDIA     | Total general |
| BOLIVAR JAIME  |                      | 1        |           | 1             |
| HURTADO JUANA  |                      | 1        |           | 1             |
| LLIVE RAFAEL   |                      |          | 1         | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH   |                      |          | 1         | 1             |
| BORRERO RICHARD  |                      |          | 1         | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN  |                      |          | 1         | 1             |
| CHICAIZA JORGE   |                      |          | 1         | 1             |
| DURAN ENRIQUE  |                      |          | 1         | 1             |
| GUAMAN PAOLA   |                      |          | 1         | 1             |
| HERRERA DIANA  |                      | 1        |           | 1             |
| LARREA DARWIN  |                      |          | 1         | 1             |
| MOPOSITA LUCIA   |                      | 1        |           | 1             |
| MORENO NAOMY   |                      | 1        |           | 1             |
| MOROCHO GREGORIO   |                      |          | 1         | 1             |
| PONCE JOHNNY   |                      |          | 1         | 1             |
| PUGO ROBERTO   |                      |          | 1         | 1             |
| ROJAS PAOLA  |                      | 1        |           | 1             |
| SANGUCHO MANUEL  |                      | 1        |           | 1             |
| TABANGO EMANUEL  |                      |          | 1         | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA  |                      |          | 1         | 1             |
| <b>Total general</b>                                       | <b>1</b>             | <b>6</b> | <b>13</b> | <b>20</b>     |

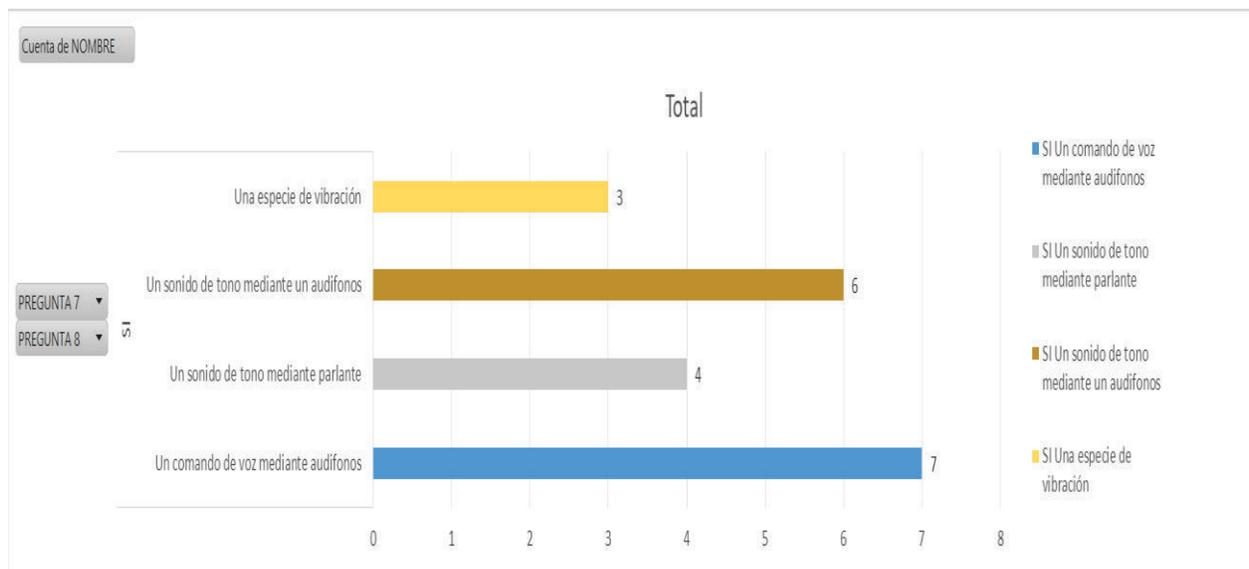


| PREGUNTA 7  |                      |               |
|---|----------------------|---------------|
| 7.¿Le gustaria probar un dispositivo electrónico el cual le indique la presencia de un obstáculo? |                      |               |
| Cuenta de PREGUNTA 7  | Etiquetas de columna |               |
| Etiquetas de fila   | SI                   | Total general |
| BOLIVAR JAIME   | 1                    | 1             |
| HURTADO JUANA   | 1                    | 1             |
| LLIVE RAFAEL  | 1                    | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH  | 1                    | 1             |
| BORRERO RICHARD   | 1                    | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN   | 1                    | 1             |
| CHICAIZA JORGE  | 1                    | 1             |
| DURAN ENRIQUE   | 1                    | 1             |
| GUAMAN PAOLA  | 1                    | 1             |
| HERRERA DIANA   | 1                    | 1             |
| LARREA DARWIN   | 1                    | 1             |
| MOPOSITA LUCIA  | 1                    | 1             |
| MORENO NAOMY  | 1                    | 1             |
| MOROCHO GREGORIO  | 1                    | 1             |
| PONCE JOHNNY  | 1                    | 1             |
| PUGO ROBERTO  | 1                    | 1             |
| ROJAS PAOLA   | 1                    | 1             |
| SANGUCHO MANUEL   | 1                    | 1             |
| TABANGO EMANUEL   | 1                    | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA   | 1                    | 1             |
| <b>Total general</b>  | <b>20</b>            | <b>20</b>     |

## PREGUNTA 8

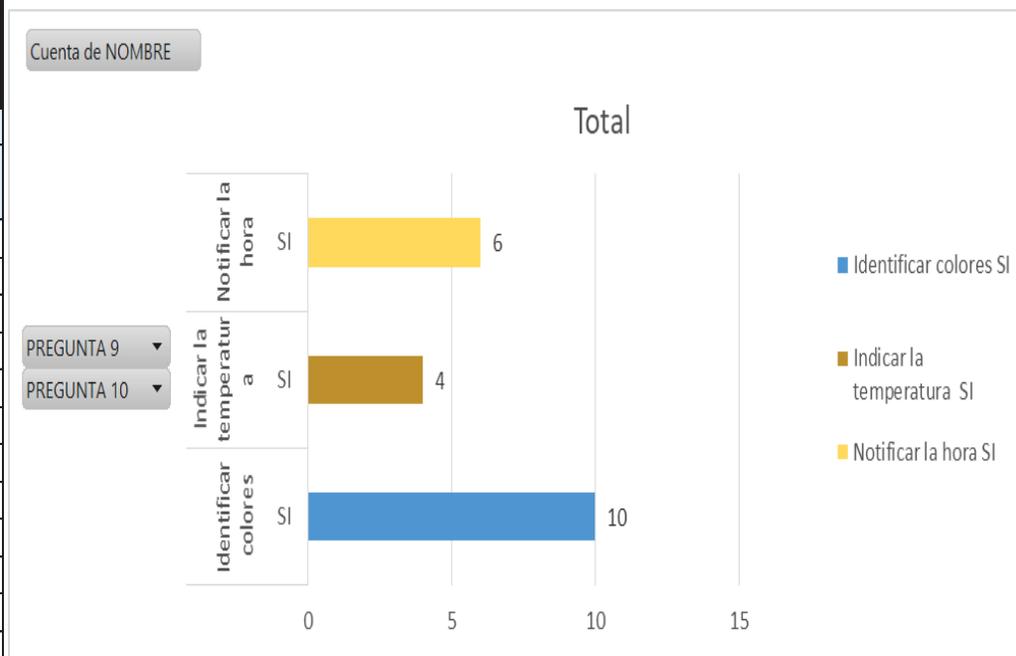
8. ¿Cuál sería la forma más adecuada en que el dispositivo electrónico le notifique la presencia de un obstáculo?

| Cuenta de PREGUNTA 8 | Etiquetas de columna                 |                                     |   |                          |               |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------|---------------|
| Etiquetas de fila    | Un comando de voz mediante audifonos | Un sonido de tono mediante parlante | Un sonido de tono mediante un audifonos | Una especie de vibración | Total general |
| BOLIVAR JAIME        |                                      |                                     |   | 1                        | 1             |
| HURTADO JUANA        | 1                                    |                                     |   |                          | 1             |
| LLIVE RAFAEL         |                                      | 1                                   |   |                          | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH   | 1                                    |                                     |   |                          | 1             |
| BORRERO RICHARD      | 1                                    |                                     |   |                          | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN  | 1                                    |                                     |   |                          | 1             |
| CHICAIZA JORGE       |                                      |                                     | 1                                       |                          | 1             |
| DURAN ENRIQUE        |                                      |                                     | 1                                       |                          | 1             |
| GUAMAN PAOLA         | 1                                    |                                     |   |                          | 1             |
| HERRERA DIANA        |                                      |                                     |   | 1                        | 1             |
| LARREA DARWIN        | 1                                    |                                     |   |                          | 1             |
| MOPOSITA LUCIA       |                                      | 1                                   |   |                          | 1             |
| MORENO NAOMY         |                                      |                                     | 1                                       |                          | 1             |
| MOROCHO GREGORIO     |                                      | 1                                   |   |                          | 1             |
| PONCE JOHNNY         |                                      |                                     | 1                                       |                          | 1             |
| PUGO ROBERTO         |                                      |                                     | 1                                       |                          | 1             |
| ROJAS PAOLA          |                                      |                                     |   | 1                        | 1             |
| SANGUCHO MANUEL      | 1                                    |                                     |   |                          | 1             |
| TABANGO EMANUEL      |                                      |                                     | 1                                       |                          | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA      |                                      | 1                                   |   |                          | 1             |
| <b>Total general</b> | <b>7</b>                             | <b>4</b>                            | <b>6</b>                                | <b>3</b>                 | <b>20</b>     |



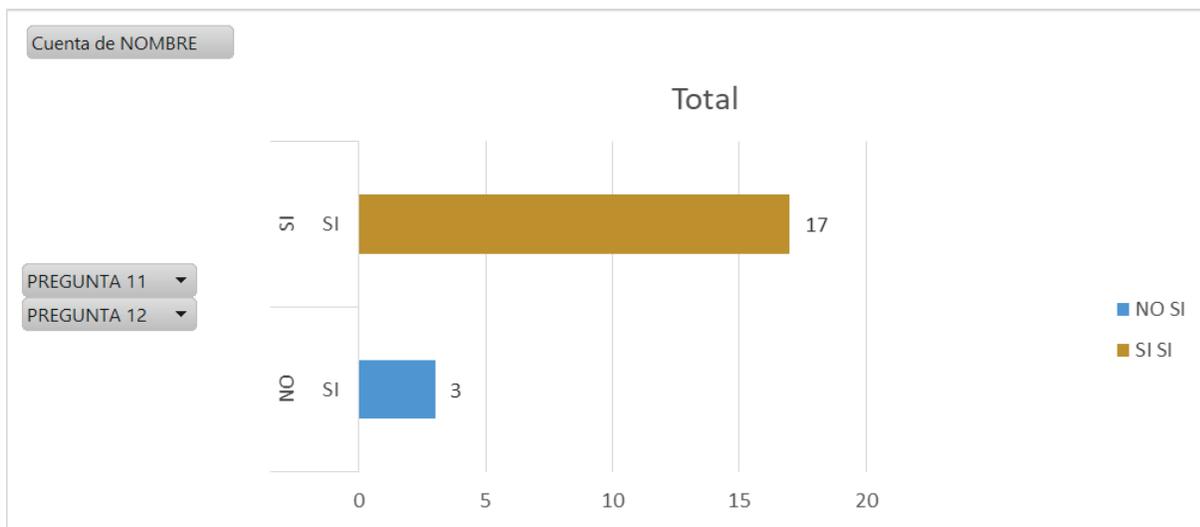
| PREGUNTA 9  |                      |                        |                   |               |
|---|----------------------|------------------------|-------------------|---------------|
| 9. ¿Cual seria otra tarea que le gustaria que realice el dispositivo electronico? |                      |                        |                   |               |
| Cuenta de PREGUNTA 9  | Etiquetas de columna |                        |                   |               |
| Etiquetas de fila   | Identificar colores  | Indicar la temperatura | Notificar la hora | Total general |
| BOLIVAR JAIME   |                      |                        | 1                 | 1             |
| HURTADO JUANA   |                      |                        | 1                 | 1             |
| LLIVE RAFAEL  |                      |                        | 1                 | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH  | 1                    |                        |                   | 1             |
| BORRERO RICHARD   | 1                    |                        |                   | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN   | 1                    |                        |                   | 1             |
| CHICAIZA JORGE  |                      |                        | 1                 | 1             |
| DURAN ENRIQUE   | 1                    |                        |                   | 1             |
| GUAMAN PAOLA  | 1                    |                        |                   | 1             |
| HERRERA DIANA   |                      | 1                      |                   | 1             |
| LARREA DARWIN   | 1                    |                        |                   | 1             |
| MOPOSITA LUCIA  |                      |                        | 1                 | 1             |
| MORENO NAOMY  | 1                    |                        |                   | 1             |
| MOROCHO GREGORIO  |                      | 1                      |                   | 1             |
| PONCE JOHNNY  | 1                    |                        |                   | 1             |
| PUGO ROBERTO  | 1                    |                        |                   | 1             |
| ROJAS PAOLA   |                      |                        | 1                 | 1             |
| SANGUCHO MANUEL   | 1                    |                        |                   | 1             |
| TABANGO EMANUEL   |                      | 1                      |                   | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA   |                      | 1                      |                   | 1             |
| <b>Total general</b>  | <b>10</b>            | <b>4</b>               | <b>6</b>          | <b>20</b>     |

| PREGUNTA 10   |                      |               |
|---|----------------------|---------------|
| 10.¿ Le gustaría poder identificar el color de algún objeto con el uso de este dispositivo electrónico?, por ejemplo una prenda de vestir |                      |               |
| Cuenta de PREGUNTA 10   | Etiquetas de columna |               |
| Etiquetas de fila   | SI                   | Total general |
| BOLIVAR JAIME   | 1                    | 1             |
| HURTADO JUANA   | 1                    | 1             |
| LLIVE RAFAEL  | 1                    | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH  | 1                    | 1             |
| BORRERO RICHARD   | 1                    | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN   | 1                    | 1             |
| CHICAIZA JORGE  | 1                    | 1             |
| DURAN ENRIQUE   | 1                    | 1             |
| GUAMAN PAOLA  | 1                    | 1             |
| HERRERA DIANA   | 1                    | 1             |
| LARREA DARWIN   | 1                    | 1             |
| MOPOSITA LUCIA  | 1                    | 1             |
| MORENO NAOMY  | 1                    | 1             |
| MOROCHO GREGORIO  | 1                    | 1             |
| PONCE JOHNNY  | 1                    | 1             |
| PUGO ROBERTO  | 1                    | 1             |
| ROJAS PAOLA   | 1                    | 1             |
| SANGUCHO MANUEL   | 1                    | 1             |
| TABANGO EMANUEL   | 1                    | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA   | 1                    | 1             |
| <b>Total general</b>  | <b>20</b>            | <b>20</b>     |

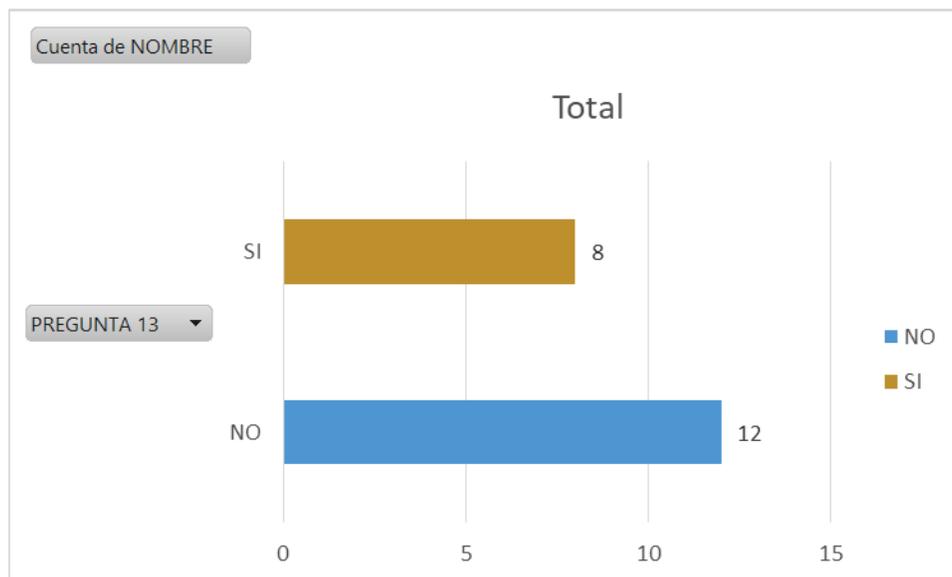


| PREGUNTA 11  |                      |           |               |
|--|----------------------|-----------|---------------|
| 11.¿ Conoce el color de sus prendas de vestir por características propias de dichas prendas?, por ejemplo la camisa azul tiene mangas largas y la gris mangas cortas |                      |           |               |
| Cuenta de PREGUNTA 11  | Etiquetas de columna |           |               |
| Etiquetas de fila  | NO                   | SI        | Total general |
| BOLIVAR JAIME  |                      | 1         | 1             |
| HURTADO JUANA  |                      | 1         | 1             |
| LLIVE RAFAEL   | 1                    |           | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH   |                      | 1         | 1             |
| BORRERO RICHARD  |                      | 1         | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN  |                      | 1         | 1             |
| CHICAIZA JORGE   | 1                    |           | 1             |
| DURAN ENRIQUE  |                      | 1         | 1             |
| GUAMAN PAOLA   |                      | 1         | 1             |
| HERRERA DIANA  |                      | 1         | 1             |
| LARREA DARWIN  |                      | 1         | 1             |
| MOPOSITA LUCIA   |                      | 1         | 1             |
| MORENO NAOMY   | 1                    |           | 1             |
| MOROCHO GREGORIO   |                      | 1         | 1             |
| PONCE JOHNNY   |                      | 1         | 1             |
| PUGO ROBERTO   |                      | 1         | 1             |
| ROJAS PAOLA  |                      | 1         | 1             |
| SANGUCHO MANUEL  |                      | 1         | 1             |
| TABANGO EMANUEL  |                      | 1         | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA  |                      | 1         | 1             |
| <b>Total general</b>   | <b>3</b>             | <b>17</b> | <b>20</b>     |

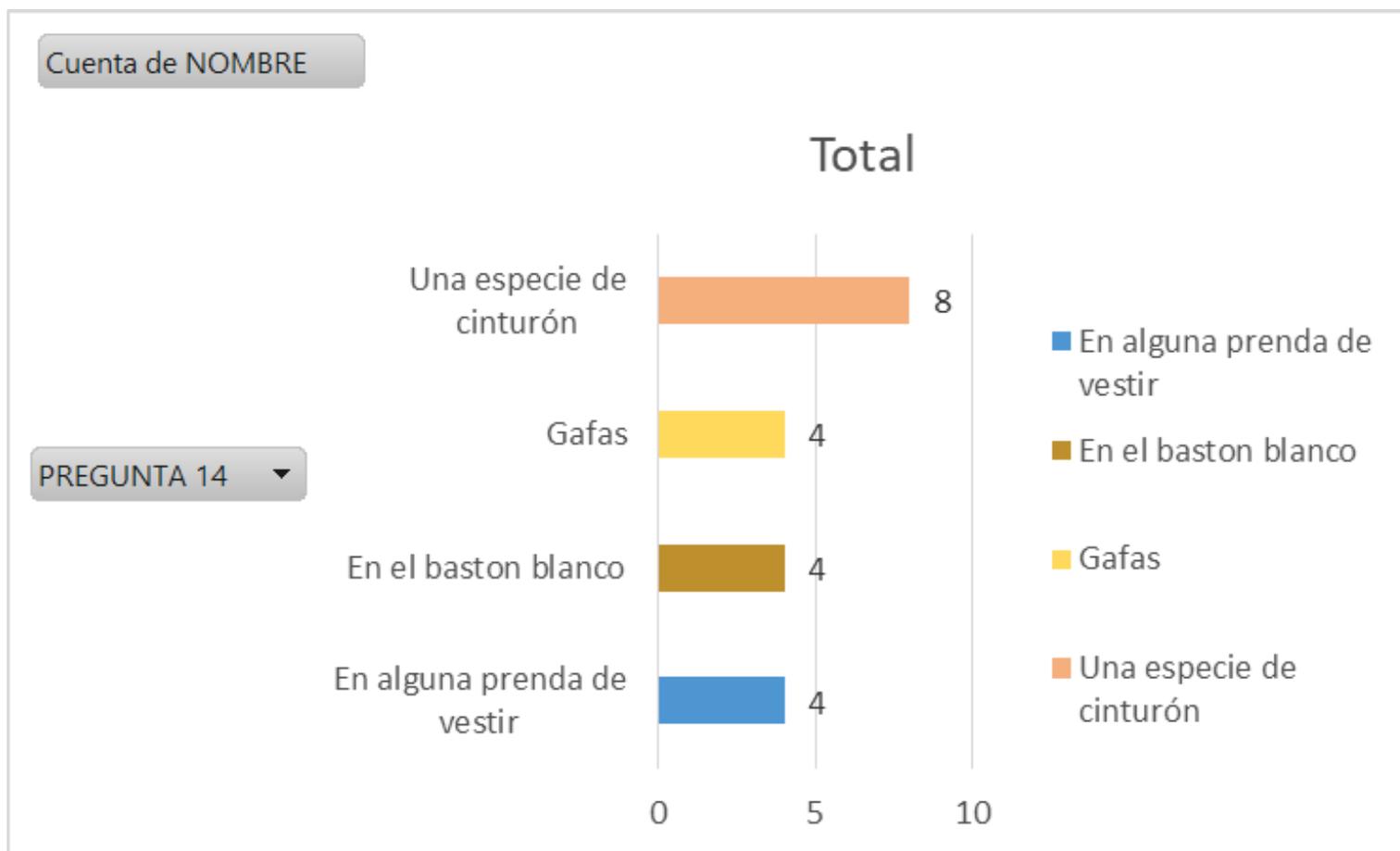
| PREGUNTA 12   |                      |               |
|---|----------------------|---------------|
| 12.¿Mejoraría su autoestima, conocer el color de las prendas de vestir que va a utilizar? |                      |               |
| Cuenta de PREGUNTA 12   | Etiquetas de columna |               |
| Etiquetas de fila   | SI                   | Total general |
| BOLIVAR JAIME   | 1                    | 1             |
| HURTADO JUANA   | 1                    | 1             |
| LLIVE RAFAEL  | 1                    | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH  | 1                    | 1             |
| BORRERO RICHARD   | 1                    | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN   | 1                    | 1             |
| CHICAIZA JORGE  | 1                    | 1             |
| DURAN ENRIQUE   | 1                    | 1             |
| GUAMAN PAOLA  | 1                    | 1             |
| HERRERA DIANA   | 1                    | 1             |
| LARREA DARWIN   | 1                    | 1             |
| MOPOSITA LUCIA  | 1                    | 1             |
| MORENO NAOMY  | 1                    | 1             |
| MOROCHO GREGORIO  | 1                    | 1             |
| PONCE JOHNNY  | 1                    | 1             |
| PUGO ROBERTO  | 1                    | 1             |
| ROJAS PAOLA   | 1                    | 1             |
| SANGUCHO MANUEL   | 1                    | 1             |
| TABANGO EMANUEL   | 1                    | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA   | 1                    | 1             |
| <b>Total general</b>  | <b>20</b>            | <b>20</b>     |



| PREGUNTA 13  |                        |          |               |
|--|------------------------|----------|---------------|
| 13.¿Cree que en el Ecuador la tecnología electrónica en los últimos años a brindado ayuda a las personas que tienen algún tipo de discapacidad visual? |                        |          |               |
| Cuenta de PREGUNTA 13  | Etiquetas de columna ▾ |          |               |
| Etiquetas de fila ▾  | NO                     | SI       | Total general |
| BOLIVAR JAIME  | 1                      |          | 1             |
| HURTADO JUANA  |                        | 1        | 1             |
| LLIVE RAFAEL   |                        | 1        | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH   |                        | 1        | 1             |
| BORRERO RICHARD  | 1                      |          | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN  |                        | 1        | 1             |
| CHICAIZA JORGE   | 1                      |          | 1             |
| DURAN ENRIQUE  | 1                      |          | 1             |
| GUAMAN PAOLA   |                        | 1        | 1             |
| HERRERA DIANA  | 1                      |          | 1             |
| LARREA DARWIN  | 1                      |          | 1             |
| MOPOSITA LUCIA   | 1                      |          | 1             |
| MORENO NAOMY   |                        | 1        | 1             |
| MOROCHO GREGORIO   | 1                      |          | 1             |
| PONCE JOHNNY   | 1                      |          | 1             |
| PUGO ROBERTO   | 1                      |          | 1             |
| ROJAS PAOLA  | 1                      |          | 1             |
| SANGUCHO MANUEL  |                        | 1        | 1             |
| TABANGO EMANUEL  |                        | 1        | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA  | 1                      |          | 1             |
| <b>Total general</b>   | <b>12</b>              | <b>8</b> | <b>20</b>     |



| PREGUNTA 14  |                            |                     |          |                         |               |
|--|----------------------------|---------------------|----------|-------------------------|---------------|
| 14.¿ En que lugar cree conveniente que el dispositivo electrónico debería ser implementado ? |                            |                     |          |                         |               |
| Cuenta de PREGUNTA 14  | Etiquetas de columna       |                     |          |                         |               |
| Etiquetas de fila  | En alguna prenda de vestir | En el baston blanco | Gafas    | Una especie de cinturón | Total general |
| BOLIVAR JAIME  |                            |                     |          | 1                       | 1             |
| HURTADO JUANA  |                            |                     | 1        |                         | 1             |
| LLIVE RAFAEL   | 1                          |                     |          |                         | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH   |                            | 1                   |          |                         | 1             |
| BORRERO RICHARD  |                            |                     |          | 1                       | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN  |                            | 1                   |          |                         | 1             |
| CHICAIZA JORGE   |                            |                     | 1        |                         | 1             |
| DURAN ENRIQUE  |                            |                     |          | 1                       | 1             |
| GUAMAN PAOLA   |                            | 1                   |          |                         | 1             |
| HERRERA DIANA  |                            | 1                   |          |                         | 1             |
| LARREA DARWIN  |                            |                     |          | 1                       | 1             |
| MOPOSITA LUCIA   |                            |                     | 1        |                         | 1             |
| MORENO NAOMY   |                            |                     |          | 1                       | 1             |
| MOROCHO GREGORIO   |                            |                     |          | 1                       | 1             |
| PONCE JOHNNY   |                            |                     |          | 1                       | 1             |
| PUGO ROBERTO   |                            |                     | 1        |                         | 1             |
| ROJAS PAOLA  |                            |                     |          | 1                       | 1             |
| SANGUCHO MANUEL  | 1                          |                     |          |                         | 1             |
| TABANGO EMANUEL  | 1                          |                     |          |                         | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA  | 1                          |                     |          |                         | 1             |
| <b>Total general</b>   | <b>4</b>                   | <b>4</b>            | <b>4</b> | <b>8</b>                | <b>20</b>     |



| PREGUNTA 15   |                      |               |
|---|----------------------|---------------|
| 15. ¿ Se debería realizar más proyectos de este tipo? |                      |               |
| Cuenta de PREGUNTA 15                                 | Etiquetas de columna |               |
| Etiquetas de fila                                     | SI                   | Total general |
| BOLIVAR JAIME   | 1                    | 1             |
| HURTADO JUANA   | 1                    | 1             |
| LLIVE RAFAEL  | 1                    | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH                                    | 1                    | 1             |
| BORRERO RICHARD                                       | 1                    | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN                                   | 1                    | 1             |
| CHICAIZA JORGE  | 1                    | 1             |
| DURAN ENRIQUE   | 1                    | 1             |
| GUAMAN PAOLA  | 1                    | 1             |
| HERRERA DIANA   | 1                    | 1             |
| LARREA DARWIN   | 1                    | 1             |
| MOPOSITA LUCIA  | 1                    | 1             |
| MORENO NAOMY  | 1                    | 1             |
| MOROCHO GREGORIO                                      | 1                    | 1             |
| PONCE JOHNNY  | 1                    | 1             |
| PUGO ROBERTO  | 1                    | 1             |
| ROJAS PAOLA   | 1                    | 1             |
| SANGUCHO MANUEL                                       | 1                    | 1             |
| TABANGO EMANUEL                                       | 1                    | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA                                       | 1                    | 1             |
| <b>Total general</b>                                  | <b>20</b>            | <b>20</b>     |

| PREGUNTA 16   |                      |                      |                    |               |
|---|----------------------|----------------------|--------------------|---------------|
| 16. ¿Qué otro aspecto se podría implementar en este dispositivo? Explique |                      |                      |                    |               |
| Cuenta de PREGUNTA 16   | Etiquetas de columna |                      |                    |               |
| Etiquetas de fila   | GPS                  | IDENTIFICADOR FACIAL | INDICADOR DE FECHA | Total general |
| BOLIVAR JAIME   | 1                    |                      |                    | 1             |
| HURTADO JUANA   |                      |                      | 1                  | 1             |
| LLIVE RAFAEL  | 1                    |                      |                    | 1             |
| ANDRANGO ELIZABETH  |                      | 1                    |                    | 1             |
| BORRERO RICHARD   |                      |                      | 1                  | 1             |
| CALERO CAIZA FABIAN   |                      | 1                    |                    | 1             |
| CHICAIZA JORGE  |                      | 1                    |                    | 1             |
| DURAN ENRIQUE   | 1                    |                      |                    | 1             |
| GUAMAN PAOLA  |                      | 1                    |                    | 1             |
| HERRERA DIANA   |                      |                      | 1                  | 1             |
| LARREA DARWIN   | 1                    |                      |                    | 1             |
| MOPOSITA LUCIA  | 1                    |                      |                    | 1             |
| MORENO NAOMY  | 1                    |                      |                    | 1             |
| MOROCHO GREGORIO  |                      |                      | 1                  | 1             |
| PONCE JOHNNY  | 1                    |                      |                    | 1             |
| PUGO ROBERTO  |                      |                      | 1                  | 1             |
| ROJAS PAOLA   |                      |                      | 1                  | 1             |
| SANGUCHO MANUEL   | 1                    |                      |                    | 1             |
| TABANGO EMANUEL   |                      |                      | 1                  | 1             |
| ZAMBRANO ELOISA   |                      |                      | 1                  | 1             |
| <b>Total general</b>  | <b>8</b>             | <b>4</b>             | <b>8</b>           | <b>20</b>     |

