



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO
DE RECONOCIMIENTO AUTOMÁTICO Y GEOLOCALIZACIÓN
DE LÍNEAS URBANAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA PARA
PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL UTILIZANDO VISIÓN
ARTIFICIAL”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Dispositivo Tecnológico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES: DAVID ESTEBAN RICAURTE SÁNCHEZ

DENNYS ALEJANDRO MIRANDA PROCEL

DIRECTOR DE TESIS: ING. EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLÁN

Riobamba-Ecuador

2021

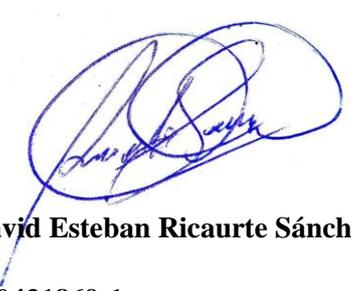
©2021, David Esteban Ricaurte Sánchez; & Dennys Alejandro Miranda Procel

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, David Esteban Ricaurte Sánchez Y Dennys Alejandro Miranda Procel declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

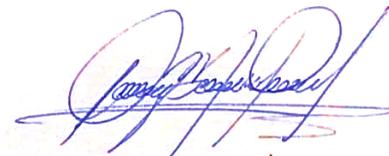
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 25 de agosto del 2021



David Esteban Ricaurte Sánchez

060431869-1



Dennys Alejandro Miranda Procel

060493653-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: Tipo Dispositivo tecnológico “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE RECONOCIMIENTO AUTOMÁTICO DE LÍNEAS URBANAS Y GEOLOCALIZACIÓN DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL”, realizado por los señores **DAVID ESTEBAN RICAURTE SÁNCHEZ Y DENNYS ALEJANDRO MIRANDA PROCEL**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Geovanny Vallejo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

GEOVANNY ESTUARDO VALLEJO VALLEJO
Firmado digitalmente por GEOVANNY ESTUARDO VALLEJO VALLEJO
Fecha: 2021.09.01 11:20:11 -05'00'

31/08/2021

Ing. Edwin Altamirano
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLAN
Firmado digitalmente por EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLAN
Fecha: 2021.08.31 11:54:03 -05'00'

31/08/2021

Ing. Franklin Moreno
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FRANKLIN GEOVANNI MORENO MONTENE GRO
Firmado digitalmente por FRANKLIN GEOVANNI MORENO MONTENE GRO
Fecha: 2021.08.31 12:20:45:00

31/08/2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a Dios, por darme la oportunidad de vivir este momento especial junto a mis seres queridos. A mi madre por darme la vida, formarme como persona, darme el aliento necesario para no rendirme y continuar con mi vida profesional. A mi Padre, que, a pesar de las dificultades, siempre me brindó su apoyo, luchó para que no me pueda faltar nada en este camino y me enseñó que a pesar de las adversidades que se presenten en la vida se debe dar lo mejor de uno. A mis dos hermanos, a quien les admiro por ser trabajadores y sacar a mis sobrinos adelante, me dieron la motivación para ser una persona de bien como ellos. A mis amigos del colegio, los Tektos, con los cuales viví grandes experiencias y me enseñaron el valor de la amistad en los malos y buenos momentos. A mis amigos de la ESPOCH, que afrontamos los momentos difíciles que se presentaron en el camino como un gran equipo.

David

Dedico este trabajo de titulación a Dios y mis tres madres Ana del Pilar, Blanca Marina y Ana Balbina por nunca dejarme caer y emprender a pesar de las circunstancias y los momentos difíciles, por su ejemplo de humildad, trabajo y sacrificio, por estar siempre conmigo incondicionalmente y por siempre colocar sus brazos junto al mío para sobrellevar cualquier circunstancia y superar las adversidades, las amo.

A mi Padre Carlos y mi Hermana Belén por siempre brindarme su apoyo incondicional que a pesar de los momentos difíciles y complejos siempre me impulsaron a salir adelante, los amo.

A mi Tía Erica por ser mi confidente, amiga y guía durante mi vida estudiantil y como persona, que siempre estuvo y estará ahí para toda ocasión.

Dennys

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiarme por el camino del bien. A mis Padres por darme las herramientas y el apoyo necesario para cumplir con mis sueños. A los Ingenieros que me impartieron el conocimiento para formarme como profesional. A mi tutor de tesis Msc. Edwin Altamirano, por brindarnos el tiempo necesario en el trabajo de titulación.

David

A mi Dios Todo Poderoso por ayudarme a salir adelante y siempre con su bendición divina guiándome durante el transcurso de este camino, por la salud, la fortaleza e inteligencia brindada en todo momento.

A mi familia por los maravillosos e incontables momentos donde me apoyaron, incluso en las adversidades siempre aportaron con su granito de arena para evitar mi caída, cada palabra y cada acción se ven reflejados ahora en la culminación de tan dichosa experiencia educativa.

A mis amigos que de una u otra forma me apoyaron y supieron crecer conmigo incluso cuando las cosas se ponían cuesta arriba.

Al Msc. Edwin Altamirano por su apoyo, paciencia y bondad brindado pese a las adversidades dadas en los momentos de pandemia.

A todas las personas que de una u otra manera formaron parte de mi vida en este largo camino de aprendizaje.

Dennys

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. Discapacidad visual	5
<i>1.1.1. Estimaciones de discapacidad visual a nivel mundial.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.2. Estadísticas de discapacidad visual en el Ecuador.....</i>	<i>6</i>
1.2. Movilidad y orientación de las personas no videntes con el entorno	7
<i>1.2.1. Movilidad del no vidente.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2. Orientación del no vidente.....</i>	<i>8</i>
1.3. Sistema de transporte público urbano en la ciudad de Riobamba.....	8
1.4. Herramientas de navegación para personas no videntes.	9
<i>1.4.1. Bastón blanco.....</i>	<i>10</i>
<i>1.4.2. Bastón electrónico</i>	<i>10</i>
<i>1.4.3. Perro Guía.....</i>	<i>11</i>
<i>1.4.4. Gafas electrónicas.....</i>	<i>12</i>
<i>1.4.5. Sistema automático de censado inalámbrico basado en RFID.....</i>	<i>13</i>
1.5. Desarrollos para determinar la posición de personas	14
<i>1.5.1. Sistema de Posicionamiento Global o GPS</i>	<i>14</i>
<i>1.5.2. Identificación por Radio Frecuencia o RFID</i>	<i>15</i>
<i>1.5.3. WI-FI</i>	<i>16</i>
1.6. Visión artificial.....	17
<i>1.6.1. Adquisición de la imagen</i>	<i>17</i>
<i>1.6.2. Procesamiento de imágenes.....</i>	<i>18</i>
<i>1.6.3. Machine Learning</i>	<i>19</i>
<i>1.6.4. Reconocimiento de objetos</i>	<i>20</i>
1.7. Tarjetas inalámbricas para monitoreo y posicionamiento.	21
<i>1.7.1. Modulo GPS Ublox NEO-6M.....</i>	<i>21</i>

1.7.2.	<i>GSM SIM900</i>	22
1.8.	Tarjeta controladora	23
1.8.1.	<i>Arduino</i>	23
1.9.	Módulo DF Player Mini (DF0299)	24
1.10.	PixyCam 2	25
1.11.	Power Bank	26
1.12.	Circuitos Electrónicos	27
1.13.	Descripción del Software.....	27
1.13.1.	<i>Lenguaje de programación de Arduino</i>	27
1.13.2.	<i>Python</i>	27
1.13.3.	<i>OpenCV</i>	28
1.13.4.	<i>PixyMon V2</i>	29
1.13.5.	<i>Audacity</i>	30

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	31
2.1.	Requerimientos del prototipo	31
2.2.	Arquitectura general del prototipo	32
2.3.	Requerimientos <i>Hardware</i> del prototipo.....	33
2.3.1.	<i>Selección de tarjeta de control</i>	33
2.3.2.	<i>Selección del receptor de sistema de posicionamiento global</i>	35
2.3.3.	<i>Selección del módulo GSM/GPRS</i>	36
2.3.4.	<i>Selección del módulo MP3</i>	37
2.4.	Esquemas de conexión del Prototipo.....	38
2.4.1.	<i>Sistema de localización GPS</i>	38
2.4.2.	<i>Sistema para asistencia de voz</i>	40
2.4.2.1.	<i>Configuración Maestro-Esclavo entre Arduino Mega2560 y Arduino Pro Mini</i>	41
2.4.3.	<i>Sistema de reconocimiento de imágenes</i>	43
2.4.4.	<i>Sistema para llamada de emergencia</i>	44
2.5.	Requerimiento de <i>software</i> del prototipo.....	45
2.5.1.	<i>Desarrollo de la aplicación del prototipo</i>	45
2.5.2.	<i>Diagrama de flujo GPS, PixyCam 2 y Mensaje de Emergencia del Prototipo</i>	46
2.6.	Etapa de detección de líneas de Buses Urbanos	49
2.6.1.	<i>Detección de líneas de buses con YOLO</i>	50
2.6.1.1.	<i>YOLO v3</i>	51
2.6.1.2.	<i>Creación de un entorno en Conda</i>	51
2.6.1.3.	<i>Preparar Dataset</i>	52
2.6.1.4.	<i>Entrenamiento de las imágenes</i>	52

2.6.1.5.	<i>Detención del objeto</i>	53
2.6.2.	<i>Detección de líneas de buses con PixyCam 2</i>	54
2.6.2.1.	<i>Detección de objetos mediante PixyMon</i>	56
2.6.2.2.	<i>Detección de objetos manualmente</i>	56

CAPÍTULO III

3.	DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	59
3.1.	Desarrollo del sistema de Posicionamiento GPS	60
3.1.1.	<i>Definición de rutas en Google Maps</i>	60
3.1.2.	<i>Rutas predefinidas para la micro SD Card</i>	61
3.1.3.	<i>Diferencia de Lecturas</i>	62
3.2.	Desarrollo del sistema de reconocimiento de líneas de buses	64
3.2.1.	<i>Pruebas de la distancia de detección de Líneas de buses.</i>	65
3.2.2.	<i>Matriz de confusión de detección de Líneas de buses.</i>	66
3.3.	Desarrollo del sistema Asistente de Voz	78
3.3.1.	<i>Conexión Maestro-Eslavo entre el Arduino Mega2560 y el Pro Mini</i>	78
3.3.2.	<i>Configuración de Voz en el módulo DF Player Mini</i>	79
3.4.	Desarrollo del sistema de Emergencia Recepción de mensaje y Llamada	81
3.5.	Consumo de corriente del prototipo	83
3.6.	Funcionamiento del Prototipo	84
3.7.	Análisis de costos del prototipo	86

	CONCLUSIONES	88
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	89
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Características de las tarjetas Arduino.....	33
Tabla 2-2:	Características de los módulos receptores GPS.....	35
Tabla 3-2:	Características de los módulos GSM/GPRS.....	36
Tabla 4-2:	Características de los módulos reproductores MP3.....	37
Tabla 1-3:	Resultados con las Primeras coordenadas predefinidas.....	64
Tabla 2-3:	Resultados con las Segundas coordenadas predefinidas.	64
Tabla 3-3:	Resultados de detección realizadas a distintas distancias del bus en nublado	65
Tabla 4-3:	Resultados de detección realizadas a distintas distancias del bus en sol.	66
Tabla 5-3:	Resultados de detección en la etapa 1 realizadas a distintas distancias del bus. ...	68
Tabla 6-3:	Matriz de confusión para la línea 4 en la etapa 1.	69
Tabla 7-3:	Matriz de confusión para la línea 6 en la etapa 1.	69
Tabla 8-3:	Matriz de confusión para la línea 7 en la etapa 1.	70
Tabla 9-3:	Resultados de detección en la etapa 2 realizadas a distintas distancias del bus. ...	72
Tabla 10-3:	Matriz de confusión para la línea 4 en la etapa 2.	73
Tabla 11-3:	Matriz de confusión para la línea 6 en la etapa 2.	73
Tabla 12-3:	Matriz de confusión para la línea 7 en la etapa 2.	74
Tabla 13-3:	Resultados de detección en la etapa 3 realizadas a distintas distancias del bus. ...	75
Tabla 14-3:	Matriz de confusión para la línea 4 en la etapa 3.	76
Tabla 15-3:	Matriz de confusión para la línea 6 en la etapa 3.	76
Tabla 16-3:	Matriz de confusión para la línea 7 en la etapa 3.	76
Tabla 17-3:	Resumen de resultados.	77
Tabla 18-3:	Consumo de corriente del prototipo	83
Tabla 19-3:	Costos del prototipo.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Buses urbanos en la ciudad de Riobamba.....	9
Figura 2-1:	Bastón Blanco.....	10
Figura 3-1:	Bastón electrónico.....	11
Figura 4-1:	Perro guía.....	12
Figura 5-1:	Gafas Inteligentes.....	13
Figura 6-1:	Tecnología RFID.....	13
Figura 7-1:	Satélites del sistema de posicionamiento Global.....	14
Figura 8-1:	Etiquetas RFID.....	15
Figura 9-1:	Visión artificial, reconocimiento de una persona.....	17
Figura 10-1:	Opencv, Calibración de cámara.....	18
Figura 11-1:	Procesamiento de una imagen, escala de grises.....	19
Figura 12-1:	Visión artificial, reconocimiento de objetos y frutas.....	20
Figura 13-1:	Módulo GPS Ublox NEO-6M con antena.....	21
Figura 14-1:	Descripción de componentes del Shield SIM900 (Parte Superior).....	22
Figura 15-1:	Descripción de componentes del Shield SIM900 (Parte Posterior).....	23
Figura 16-1:	Logo de Arduino.....	24
Figura 17-1:	Módulo mp3 Dfplayer (DF0299).....	25
Figura 18-1:	PixyCam2.....	26
Figura 19-1:	Power Bank iGoma.....	26
Figura 20-1:	Logo Python.....	28
Figura 21-1:	Logo de OpenCV.....	28
Figura 22-1:	Descripción del Software PixyMon V2.....	29
Figura 23-1:	Logo de Audacity.....	30
Figura 1-2:	Arquitectura general del prototipo.....	32
Figura 2-2:	Arduino Mega 2560.....	34
Figura 3-2:	Esquema de conexión del prototipo.....	38
Figura 4-2:	Sistema de localización GPS.....	40
Figura 5-2:	Sistema para asistente de voz.....	41
Figura 6-2:	Configuración Maestro-Esclavo.....	42
Figura 7-2:	Sistema de reconocimiento de imagen.....	43
Figura 8-2:	Sistema para llamada de emergencia.....	44
Figura 9-2:	Diagrama de flujo GPS, PixyCam 2 y Mensaje de Emergencia.....	47
Figura 10-2:	Diagrama de flujo del asistente de Voz.....	49
Figura 11-2:	Funcionamiento del algoritmo Yolo.....	50
Figura 12-2:	Creación del ambiente conda para python.....	51
Figura 13-2:	Etiquetado de las imágenes en la herramienta LabelImg.....	52

Figura 14-2:	Descarga de los pesos del modelo YOLO.	53
Figura 15-2:	Detección de objetos con YOLOv3.	53
Figura 16-2:	Funcionamiento de PixyCam 2.	55
Figura 17-2:	Etiquetar objetos por medio de PixyMon.	55
Figura 18-2:	Entrenamiento de PixyCam 2 por medio de PixyMon.	56
Figura 19-2:	Entrenamiento de PixyCam 2.	57
Figura 20-2:	Detección de objetos PixyCam 2.	58
Figura 1-3:	Prototipo Electrónico Terminado.	59
Figura 2-3:	Ruta Línea 7.	60
Figura 3-3:	Ruta Línea 4.	61
Figura 4-3:	Rutas predefinidas guardadas en la micro SD Card.	62
Figura 5-3:	Diferencia de coordenadas entre Neo 6M y micro SD Card (dif1..dif6).	63
Figura 6-3:	Detección positiva de la línea 4 en la etapa1.	67
Figura 7-3:	Detección positiva de la línea 6 en la etapa1.	67
Figura 8-3:	Detección positiva de la línea 7 en la etapa1.	68
Figura 9-3:	Detección positiva de la línea 4 en la etapa2.	71
Figura 10-3:	Detección positiva de la línea 6 en la etapa2.	71
Figura 11-3:	Detección positiva de la línea 7 en la etapa2.	72
Figura 12-3:	Comunicación I2C Maestro-Esclavo.	79
Figura 13-3:	App Voz del Narrador y Formato pistas mp3.	80
Figura 14-3:	Busy del DF Player mini en funcionamiento.	81
Figura 15-3:	Recepción de mensaje y llamada /celular del tutor a cargo.	82
Figura 16-3:	Ubicación GPS de la persona no vidente.	82
Figura 17-3:	Funcionamiento de las tres fases del prototipo final LÍNEA 4.	85
Figura 18-3:	Funcionamiento de las tres fases del prototipo final LINEA 7.	85
Figura 19-3:	Maleta adaptada al prototipo.	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1.	Estimaciones de discapacidad visual a nivel mundial según la OMS.....	6
Gráfico 2-1.	Datos estadísticos de tipos de discapacidad registrados en CONADIS	7

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ARDUINO MEGA2560

ANEXO B: ARDUINO PRO MINI

ANEXO C: MÓDULO GPS NEO 6M

ANEXO D: MÓDULO GPRS SIM900

ANEXO E: MÓDULO MP3 DF PLAYER MINI

ANEXO F: MÓDULO ADAPTADOR MICRO SD

ANEXO G: CARACTERÍSTICAS DE LA POWER BANK IGOMA DE 3400 MAH

ANEXO H: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE ARDUINO MAESTRO

ANEXO I: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE ARDUINO ESCLAVO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AVR.	Familia de Microcontroladores
CONADIS.	Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad
GPRS.	General Packet Radio Service (Servicio General de Paquetes vía Radio)
GPS.	Sistema de Posicionamiento Global
GSM.	Global System for Mobile communications
I2C.	Inter-Integrated Circuit (Circuito Integrado)
ICSP.	In-Circuit Serial Programming (Programación serie en circuito)
IDE.	Entorno de Desarrollo Integrado
MP3.	MPEG-1 Audio Layer III
OMS.	Organización Mundial de la Salud
OpenCV.	Open Source Computer (Computadora de Código Abierto)
RFID.	Identificación por Radiofrecuencia
Rx.	Receptor
SCL.	System Clock (Sistema de Reloj)
SD.	Secure Digital (Tarjeta Digital)
SDA.	System Data (Sistema de Datos)
SPI.	Serial Peripheral Interface (Interfaz de Perifericos Seriales)
TUBASEC.	Tuberías de Asbesto del Ecuador
Tx.	Transmisor
UART.	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
USB.	Universal Serial Bus (Bus Universal en Serie)
WI-FI.	Wireless Fidelity (Fidelidad Inalámbrica)
YOLO.	You Only Look Once (Sólo se Mira una Vez)

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se implementó un prototipo de reconocimiento automático y geolocalización de líneas urbanas de la ciudad de Riobamba para personas con discapacidad visual utilizando visión artificial. Este prototipo está formado de cuatro etapas. En la primera etapa se utilizó un receptor GPS, el cual proporciona longitud- latitud, lo compara con las coordenadas de las paradas previamente guardadas en un módulo micro SD y mediante el asistente de voz envía una alerta de una posible parada. En la segunda etapa se utilizó la PixyCam 2 para detectar las líneas de los buses, se realizaron tres tipos de identificaciones: detección de etiquetas propias del bus, detección con un identificativo colocado en la parte frontal del bus y detección de los números de los buses mediante YOLO. En la tercera etapa se utilizó un módulo GSM SIM 900, con el fin de poder enviar las coordenadas de la persona no vidente. En la etapa cuatro se utilizaron dos Arduinos conectados en modo Maestro-Esclavo para poder reproducir las pistas en formato mp3 grabadas previamente desde una aplicación de narración de voz. En las pruebas de posicionamiento se concluyó que el rango de diferencia entre la lectura del GPS y las coordenadas de las paradas almacenadas son de -5 a 5 metros. En las pruebas de detección de líneas de buses, se determinó que el proceso de detección dos es el que brinda precisión y fluidez necesaria para el prototipo, debido a los identificadores de colores colocados en la parte frontal del bus. La distancia máxima de detección entre la cámara y el bus es de 8 metros. Se recomienda incorporar una cámara con visión artificial de mejor lectura de imágenes con el fin de obtener mejores resultados a la hora de distinguir los rotulados de la línea de bus.

Palabras clave: <SISTEMA DE DETECCIÓN>, <SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL>, <SISTEMA DE EMERGENCIA>, <ARDUINO (SOFTWARE)>, <MAESTRO-ESCLAVO>, <IDENTIFICACIÓN DE LÍNEAS DE BUSES>.



15-03-2021

0763-DBRAI-UPT-2021

SUMMARY

In this research was implemented a prototype of automatic recognition and geolocation of urban lines in Riobamba city for people with visual disability using digital vision. This prototype consists of four stages. In the first stage was used a GPS receiver, which provides longitude-latitude, compares with the Coordinates stops previously stored in a micro SD module and through the voice assistant sends an alert of a possible stop. In the second stage, the PixyCam 2 was used to detect the bus lines; three types of identification were performed: detection of the bus's own labels, detection with an identification placed on the front part of the bus and also the detection of the bus numbers through YOLO. In the third stage, a GSM SIM 900 module was used to send the coordinates of the blind person. In stage four, two Arduinos connected in Master-Slave mode were used to play mp3 tracks previously recorded from a voice narration application. In the positioning tests it was concluded that the range of difference between the GPS reading and the coordinates of the stored stops are from -5 to 5 meters. In the bus line detection tests, it was determined that detection process two is the one that provides accuracy and fluidity needed for the prototype, due to the color identifiers placed on the front part of the bus. The maximum detection distance between the camera and the bus is 8 meters. It is recommended to incorporate a camera with digital vision with better image reading in order to obtain better results in identifying the signs on the bus line.

KEYWORDS:

DETECTION SYSTEM / GLOBAL POSITIONING SYSTEM / EMERGENCY SYSTEM / ARDUINO (SOFTWARE) / MASTER-SLAVE / BUS LINE IDENTIFICATION



Firmado electrónicamente por:
**ENRIQUE JESUS
GUAMBO YEROVI**

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud, la discapacidad es cualquier restricción un obstáculo para la capacidad de realizar una actividad en el lugar. En la forma normal o al margen de la sociedad o del ser humano. La discapacidad visual es un término general que cubre varios tipos de problemas y dificultades visuales. En la actualidad, en el mundo existen millones de personas con problemas para poder identificar, inspeccionar, analizar e interactuar con el mundo que los rodea, esto debido a que tienen alguna deficiencia visual, ocasionado por una ceguera o por pérdida de visión que refiere a una pérdida parcial o total de la visión. En el año 2017 se realizó una encuesta que se refiere a la discapacidad visual, alrededor de 253 millones de personas presentan discapacidad visual con tipo moderada a grave (Organización Mundial de la Salud, 2018) .

A medida que ha pasado los años, se han llevado a cabo diferentes habilidades y técnicas que ayuden a la movilidad y orientación de personas con discapacidad visual, como es el uso de bastones, perros guías, ejercicios de movilidad, suelos con diferentes texturas, y otros métodos más avanzados, como la orientación mediante un sistema de posicionamiento global (GPS), la detección de obstáculos por medio de radiofrecuencia (RFID), sensores inalámbricos y diodos emisores de luz infrarroja.

En 2008 desarrollaron una aplicación móvil llamada Crosswatch con la cual el usuario es capaz de encontrar pasos peatonales usando la cámara de su teléfono móvil. El sistema toma imágenes, las analiza efectuando reconocimiento de patrones y produce un tono audible cuando detecta un paso peatonal. Este sistema sólo es capaz de detectar pasos peatonales que tienen rayas (Martínez Geovanny, 2012) .

En la Universidad Autónoma de Occidente en Santiago de Cali, se desarrolló un sistema de ubicación y enrutamiento para personas no videntes en lugares controlados, por medio de algoritmos inteligentes. Se utilizaron tecnologías como son: Aforge útil para el seguimiento de la persona, LSharp para los algoritmos de enrutamiento y Voice Recognition que actúa como el medio de comunicación entre el usuario y la aplicación (Miranda Ganchozo et al., 2013).

En 2018 se implementó un sistema automático basado en la identificación por radiofrecuencia con el fin de identificar buses, este sistema consta de módulos para almacenamiento de datos, transmisión y monitorización. En las pruebas realizadas determinaron que el sistema no puede sobrepasar la distancia límite de lectura (1 a 4 metros) puesto que el prototipo presenta inestabilidad (Quilligana David, 2018).

En la Universidad Nacional de Córdoba en Argentina, se desarrolló un reconocimiento automático de líneas urbanas mediante visión artificial, el sistema realiza un reconocimiento de los números de los autobuses utilizando imágenes que se obtienen gracias a un dispositivo móvil, su principal objetivo es utilizar la visión por computadora y el análisis de imágenes, para brindar herramientas que puedan ayudar a las personas con deficiencia visual (Maina Hernán, 2019).

La implementación de este sistema nació de la necesidad para que las personas con discapacidad visual puedan trasladarse de un lugar a otro sin la necesidad de buscar ayuda de terceras personas a la hora de transportarse en los buses de la urbe Riobambeña.

Este proyecto de integración curricular busca aplicar e implementar los conocimientos adquiridos en la carrera universitaria para el diseño de un sistema de reconocimiento automático, de líneas urbanas de autobuses y geolocalización satelital para la orientación de personas con discapacidad visual en la ciudad de Riobamba utilizando visión artificial.

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La globalización y el desarrollo de nuevas tecnologías en cuanto al mejoramiento en la calidad de vida de las personas con discapacidad visual permite obtener investigaciones para acoplar y adaptar sistemas de posicionamiento y localización, así como la aplicación de visión artificial dando como resultados un mejor desenvolvimiento en el día a día en las personas con dificultades visuales.

Según el censo de 2010 de población y vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC (Información Censal Cantonal), en Ecuador se registra 186.117 personas que sufren de ceguera total, 2.964 en la provincia de Chimborazo y 1.972 en la ciudad de Riobamba. (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010).

La mayoría de estas personas son de escasos recursos, para lo cual deben utilizar el transporte público para poder desplazarse de un lugar a otro. Muchas de las veces en compañía de alguien o en otras ocasiones deben ir consultando a las personas de su alrededor si ya se acerca el bus correspondiente para ir a su destino, corriendo el riesgo de que esta persona tal vez sienta malestar por tener un mal día o por otras circunstancias. Por otro lado, La ciudad de Riobamba cuenta con múltiples cooperativas de buses de transporte público urbano de pasajeros, las cuales tienen su propio recorrido. En la actualidad dicho sistema de movilidad no tiene adecuaciones o guías para

las personas con discapacidad visual, por lo que en muchas ocasiones puede ser de mucha dificultad el traslado en este tipo de servicios. Además, el crecimiento poblacional y el aumento en el parque automotor de la ciudad de Riobamba obligan a realizar investigaciones e implementaciones para nuevos sistemas de movilización segura y confortable para mejorar la calidad de vida de los habitantes más aún si alguno de ellos tiene alguna discapacidad.

Con la creación de este prototipo lo que se busca es brindar a las personas no videntes una herramienta donde ellos puedan navegar de manera autónoma por varios lugares de la ciudad sin la dependencia de algún acompañante o de otras personas alrededor. Este prototipo se basa un software que utiliza un GPS y visión artificial, integrado con un módulo mp3 para poder alertar a la persona del lugar donde se encuentra con el fin de estimular su movilidad y orientación en entornos abiertos de manera segura y lo más importante brindando al usuario Navegación Autónoma. Además, cuenta con un botón de pánico, por si la persona llegase a sentir que no está en el lugar de destino, esta persona activara el botón y se enviaran las coordenadas a una persona encargada con lo cual se busca que la persona se sienta segura en todo aspecto con este prototipo.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Este proyecto justifica su aplicación de tecnológica al tener un proceso eficiente aumentando su productividad, al buscar una técnica que permita facilitar la ayuda para personas con discapacidad visual permitiendo la interacción del prototipo que enviara mensajes de alerta para que aquella persona sepa que línea de transporte tomar y cuál sería su recorrido la necesidad de recurrir a terceras personas.

La visión artificial permite desarrollar tecnología capaz de interactuar y aprender del entorno donde se va a aplicar siendo de gran ayuda y aporte en cualquier ámbito que la electrónica lo permita haciendo especial énfasis en el campo médico permitiendo adaptar sistemas de reconocimiento de objetos tales como: números, figuras geométricas entre otros. El dispositivo utilizará una cámara con visión artificial con el fin de dar a conocer al usuario con discapacidad visual la línea de bus que deberá tomar para desplazarse a su destino, se seleccionó PixyCam2 el cual tiene variedad de algoritmos que permite detectar formas, colores, líneas en tiempo real y todo esto lo consigue a 60 fotogramas por segundo.

Para que el usuario con problemas visuales conozca en qué momento debe bajar del transporte y llegar a su destino se utilizara el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) el cual permite obtener

un posicionamiento y ubicación que sirve de apoyo para las personas con discapacidad visual y para el público en general ya que brinda un entorno de exactitud en cuanto a localización se refiere, se seleccionara el MÓDULO GPS NEO-6 que están diseñados para tener un pequeño tamaño, costo, y consumo. La intensidad de corriente necesaria es de unos 37mA en modo de medición continuo. Todo esto se complementa de la mano de un Arduino y una tarjeta de sonido mp3 el cual reproducirá un sonido de alerta para interactuar con el usuario con problemas visuales.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un prototipo de reconocimiento automático de líneas urbanas de la ciudad de Riobamba para personas con discapacidad visual utilizando visión artificial.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar los avances tecnológicos y sistemas electrónicos de monitoreo se han desarrollado para personas no videntes.
- Analizar los requerimientos software, hardware y diseño electrónico que debe cumplir el prototipo para su implementación.
- Establecer los requisitos que debe cumplir el sistema basado en tecnología GPS y visión artificial para la geolocalización e interacción humano-prototipo.
- Alertar el acercamiento del destino a una persona con discapacidad visual mediante el envío de mensajes de voz.
- Evaluar mediante pruebas si el prototipo electrónico de monitoreo cumple con los requerimientos planteados.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se realiza una revisión bibliográfica relacionado a conceptos generales de discapacidad visual, conocer registros a nivel mundial y en Ecuador de las personas que sufren de esta discapacidad, una breve revisión del transporte público en la Ciudad de Riobamba, así como las herramientas utilizadas por las personas no videntes para poder movilizarse. Se hace un estudio de algunos dispositivos para la selección y desarrollo del prototipo.

1.1. Discapacidad visual

Uno de los sentidos más importantes de una persona es la vista, con ella podemos percibir nuestro entorno y poder adquirir información del medio que nos rodea, si una persona carece de este sentido debe aprender a realizar actividades superando varios obstáculos o utilizando otros medios que ayuden a superar los mismos.

La Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (Organización Mundial de la Salud, 2020) define como discapacidad a la interacción de las personas que tienen algún tipo de deficiencia para poder desenvolverse con el medio que les rodea, siendo justamente, las actitudes negativas y los prejuicios, aspectos que pueden suponer importantes obstáculos para su inclusión social (CERMI, 2003). Al referirse a la discapacidad, son todas las limitaciones funcionales o restricciones que impiden realizar una tarea, ya sea que esta dure relativamente poco tiempo o para toda la vida, de modo que presenta un impedimento en la vida diaria de las personas.

“La discapacidad visual consiste en la afectación, en mayor o menor grado, o en la carencia de la visión. En sí misma no constituye una enfermedad, al contrario, es la consecuencia de un variado tipo de enfermedades” (Arias María, 2010). El termino discapacidad visual apunta aquellas limitaciones que pueden ser de manera total en el caso de ser ciega, el cual la persona afectada no recibe ningún tipo de información visual o en el caso de ser parcial la persona obtiene información visual significativamente menor a la visión normal, esto representa un obstáculo en la vida de la persona que sufre esta deficiencia.

1.1.1. *Estimaciones de discapacidad visual a nivel mundial*

Según estimaciones de la OMS (Organización Mundial de la Salud), en el mundo existe aproximadamente 253 millones de personas sufren de discapacidad visual que representa el 3.4% de la población mundial, 217 millones de personas poseen baja visión que representa y 36 millones de personas son sufren de ceguera total (Organización Mundial de la Salud, 2018) ,como se puede observar en el gráfico 1-1.

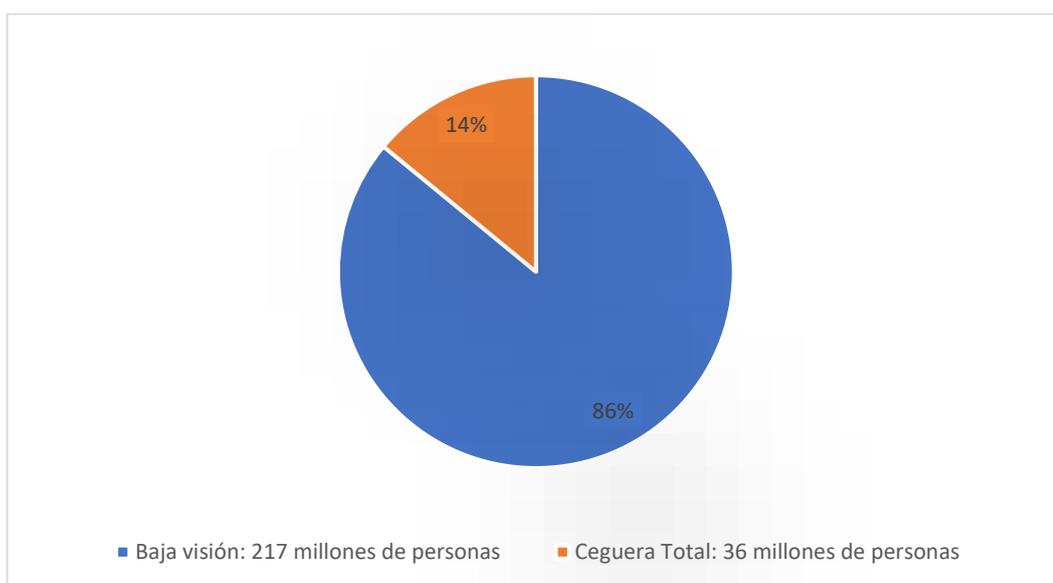


Gráfico 1-1. Estimaciones de discapacidad visual a nivel mundial según la OMS.

Realizado por: Ricaurte D., Miranda, D. 2021

1.1.2. *Estadísticas de discapacidad visual en el Ecuador*

Según el registro de CONADIS (Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad), 55.843 personas en el Ecuador poseen discapacidad visual. Según estos datos la provincia que presenta más registro de personas con discapacidad visual es Guayas, con 12.403 personas que representa el 22.21% de la población que sufre discapacidad visual en el Ecuador. En Chimborazo 1745 personas presentan esta afectación y representa el 3.12% de la población que sufre discapacidad visual en el Ecuador (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2020).

El gráfico 2-1 se muestra los datos estadísticos de tipos de discapacidad registrados en CONADIS Ecuador.

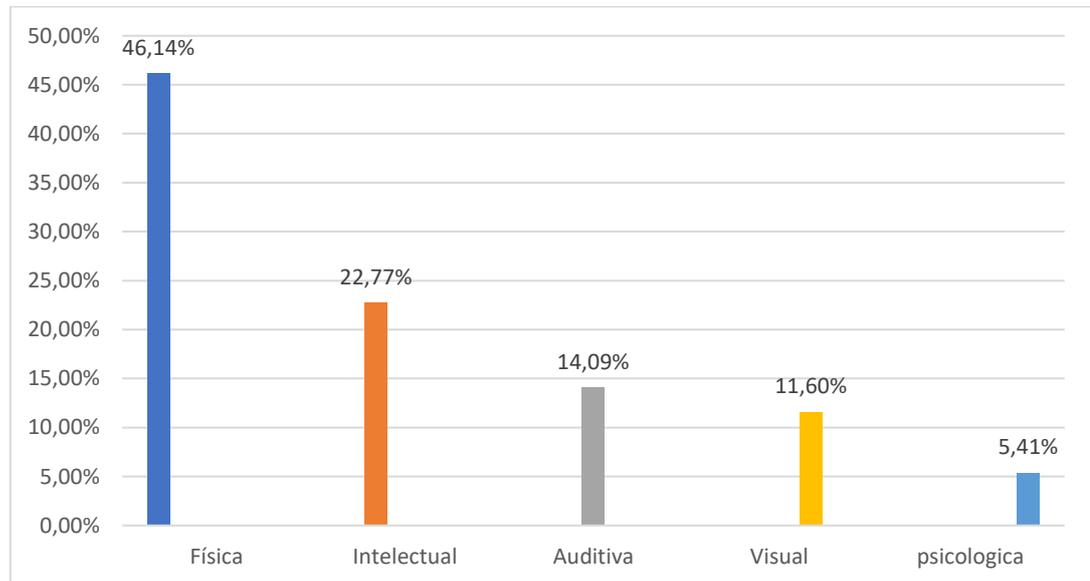


Gráfico 2-1. Datos estadísticos de tipos de discapacidad registrados en CONADIS Ecuador.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

1.2. Movilidad y orientación de las personas no videntes con el entorno

1.2.1. *Movilidad del no vidente*

El término movilidad no solo se refiere a la habilidad de poder desplazarse de un lugar a otro de manera independiente, este término también representa el conocer donde nos situamos, a donde se pretende llegar y cómo se puede lograrlo. Las personas que sufren de deficiencia visual, al igual que las personas videntes, buscan el poder desplazarse de manera independiente de un lugar a otro, deben enfrentarse con el entorno y evitar obstáculos para así poder llegar de manera eficaz, segura y confortable a un sitio determinado utilizando los otros sentidos para poder establecer su posición (Carreiras & Codina., 1993).

1.2.2. *Orientación del no vidente*

La orientación es una parte primordial para una persona no vidente, este proceso es un complemento de la movilidad, puesto que la personas logra establecer su posición en un entorno ya sea controlado o abierto con la ayuda de los demás sentidos. Para que la persona no vidente logre el objetivo de establecer su posición necesitara de practica y de su propia atención. Sin duda alguna la orientación para una persona no vidente presenta dificultad es por eso que se puede observar a estas personas preguntando por información para conocer el lugar donde están situados o hacia donde deben ir (Noboa Ramiro, 2015).

Como se puede ver para las personas con discapacidad visual se les dificulta la orientación y la movilidad en un entorno, puesto que necesitan de información a través de otros sentidos para lograr un objetivo, por lo que es muy importante el establecer referencias, ellos deben conseguir conocer la situación que los rodea, hacia donde desea ir, puntos clave que ayuden a situarse, y buscar las alternativas para cumplir dichos objetivos.

Otro de los retos a tomar en cuenta para una persona que sufre de discapacidad visual, es el reconocimiento de objetos debido a que deben interactuar con el medio que les rodea. Ellos deben conseguir memorizar formas, tamaños, relieves, entre otras. Existe en el mundo objetos que son fáciles de reconocer por su textura o su aroma, pero existen otros objetos más difíciles de identificar debido a que tienen características similares a otros.

1.3. **Sistema de transporte público urbano en la ciudad de Riobamba**

En la ciudad de Riobamba, como en muchas partes del mundo, el sistema de transporte urbano es esencial para la movilidad de las personas, todos los sistemas de transporte están regidos a leyes y normas para dar un buen servicio a cada uno de sus usuarios tomando en cuenta cualquier discapacidad que presenten. Sin embargo, muchos de estos servicios solo se interesan en tener más ingresos y no ayudar a personas que sufren de diferentes discapacidades.(Rodríguez Mariño & De Salvador Reda, 2017)

La seguridad de las personas con deficiencia visual es de suma importancia, para ello se necesita proveer a estas personas de herramientas que sean útiles e idóneas, las cuales puedan brindar

seguridad y bienestar en su vivir diario. En este caso las personas no videntes buscan ser independientes y poder movilizarse de un lugar a otro sin tener la necesidad de tener alguien que los acompañe, con este proyecto lo que se busca es que la persona no vidente se pueda subir en el bus correcto, y por último bajarse en donde este lo necesite. (Vásquez Andrés, 2017). En la figura 1-1 se muestra el uso del servicio urbano en la ciudad de Riobamba.



Figura 1-1: Buses urbanos en la ciudad de Riobamba

Fuente: Diario la PRENSA.

1.4. Herramientas de navegación para personas no videntes.

En los últimos años se han creado diferentes tipos de mecanismos, dispositivos y sistemas que ayudan a personas invidentes. A esto se le denomina ayuda técnica.

La ayuda técnica son instrumentos o equipos técnicos creados con el fin de mitigar la minusvalía o deficiencia que sufre la persona. En este caso, para las personas que sufren deficiencia visual, se trabaja con dispositivos que se enfocan en la transmisión de información visual a través de los otros sentidos, como lo son el tacto y el oído. estos dispositivos se incorporan en cualquier parte del cuerpo, dependiendo la tecnología usada, y tienen como objetivo proporcionar la ayuda adecuada en la movilidad y orientación de la persona no vidente para que pueda desenvolverse en un medio controlado o abierto (Ortega Hidalgo & Sánchez Bedón, 2016) .

En el siguiente apartado se detalla algunas herramientas que ayudan a la movilidad y orientación de la persona no vidente.

1.4.1. *Bastón blanco*

Este bastón es una herramienta destinada a personas con baja visión o ceguera con el fin de brindarles movilidad detectando los obstáculos que existen en el suelo como puede ser una vereda. Existen varios tipos de bastones blancos según la altura o tipo de deficiencia visual de la persona, los más utilizados son el bastón guía, el bastón símbolo y el bastón largo (Infobae, 2018).

Para su funcionamiento el bastón debe estar de forma diagonal sobre el piso, con lo cual la punta estará a casi un metro de distancia de la persona y deberá ir deslizando en forma de semicírculos de un lado hacia otro con el objetivo de que la persona se anticipe a los obstáculos y poder evitarlos (Ayala Cruz Edy Leonardo, 2011). En la figura 2-1 se muestra el bastón blanco convencional.

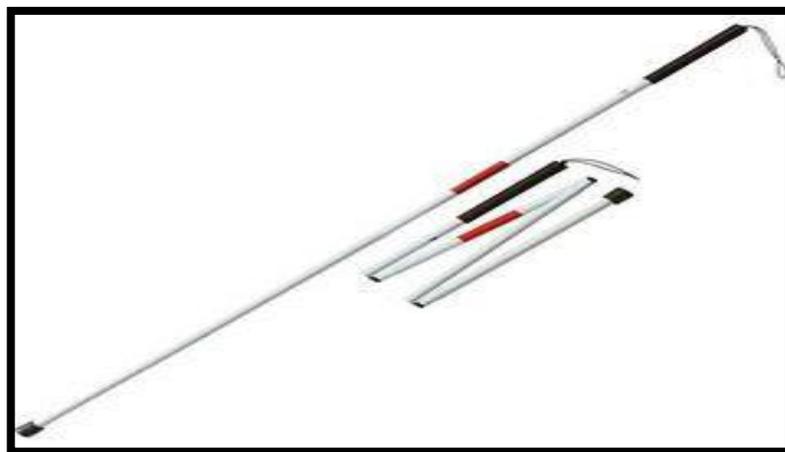


Figura 2-1: Bastón Blanco.

Fuente: Rojas, Balbuena.

1.4.2. *Bastón electrónico*

El bastón electrónico sirve para ayudar a la movilidad de personas con deficiencia visual mediante visión artificial, cuenta con un sistema embebido, lo cual permite eficiencia en el control de los sistemas para la localización de obstáculos. Este sistema se compone por una cámara que reconoce las formas y sonidos, además de un motor de vibración para alertar los obstáculos que se presenten y poder guiar a la persona de forma segura. Este sistema también cuenta con un sistema de monitoreo, en el caso de que algún familiar desee conocer su ubicación por medio de aplicación Google Maps (Condo Simbaña & Molina Chávez, 2019). En la figura 3-1 se muestra una persona haciendo uso de un bastón electrónico.



Figura 3-1: Bastón electrónico.

Fuente: El comercio, 2015.

1.4.3. *Perro Guía*

Se trata de animales adiestrados para brindar asistencia a las personas que sufren algún tipo de discapacidad como visual, física, auditiva, autismo. A pesar de ser una gran ayuda para este tipo de personas en la actualidad se tiene varias desventajas. Debido a la gran demanda respecto al número de perros guías que existen no es fácil disponer de uno, por otro lado, se llega a una edad donde los perros guías son jubilados y por ultimo las restricciones a varios lugares como lo es el

transporte público (Recasens Pujol, 2015). En la figura 4-1 se muestra una persona acompañada de un perro guía.



Figura 4-1: Perro guía.

Fuente: El comercio, 2015.

1.4.4. *Gafas electrónicas*

La nueva ayuda técnica consiste en unas gafas compuesta por varios sensores para prevenir obstáculos y poder desenvolverse en un entorno de forma independiente alertando a la persona no vidente mediante sonidos o vibraciones como se muestra en la figura 5-1. Este dispositivo puede servir como complemento con el bastón blanco debido a que este capta obstáculos de la parte superior del cuerpo de la persona (Zúñiga et al., 2020).

La Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), diseñaron unas gafas electrónicas las cuales constan de dos cámaras que están un tanto desplazadas, su funcionamiento se basa en medir la diferencia de las imágenes captadas por estas cámaras con el fin de calcular las distancias del entorno que rodea a la persona no vidente. Por medio de un código de sonidos se da a conocer la posición y distancia de las barreras que presenta el entorno (Revuelta Sanz et al., 2013).



Figura 5-1: Gafas Inteligentes

Fuente: La República, 2014.

1.4.5. *Sistema automático de censado inalámbrico basado en RFID*

Es un sistema automático basado en la identificación por radiofrecuencia con el fin de identificar buses, este sistema consta de módulos para almacenamiento de datos, transmisión y monitorización. Para el procesamiento de los datos y el envío de información de censado trabajaron con un Arduino UNO, con la ayuda de la tecnología general de paquetes vía radio (GPRS). El modo de reconocimiento consiste en la lectura de un código de identificación proporcionada a cada unidad de transporte urbano, la cual es procesada por un módulo de captura de datos y enviado a un servidor en donde se muestra los registros por medio de un navegador web (Quilligana David, 2018). En la figura 6-1. Se muestra la Arquitectura básica por RFID.

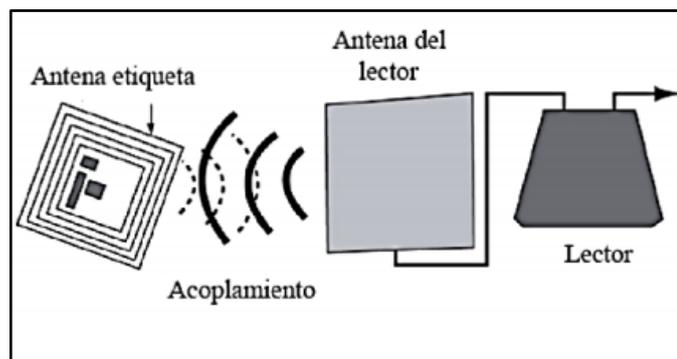


Figura 6-1: Tecnología RFID

Fuente: Ruz, 2013.

1.5. Desarrollos para determinar la posición de personas

1.5.1. Sistema de Posicionamiento Global o GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), el primer sistema de posicionamiento se denominó TRANSIT, creado por la marina de los Estados Unidos con fines militares. Lo que se pretendía es conocer la posición de un objeto situado en la superficie de la tierra. El sistema estaba formado por 5 satélites con orbitas polares, solo se podía utilizar un satélite a la vez, se debía esperar 100 minutos para poder utilizar el otro satélite y la posición tardaba entre 10 a 15 minutos para poder ser determinada. Con el avance del tiempo este sistema ha evolucionado y ha sido una herramienta importante para el mundo. (Fallas, 2002). En la figura 7-1 se muestra el sistema de posicionamiento global.



Figura 7-1: Satélites del sistema de posicionamiento Global.

Fuente: Germán Martínez Gordillo, 2019.

Los primeros hacen uso de los satélites para posicionar un elemento en la superficie terrestre, apoyados en aparatos receptores de cálculo de posición, los cuales estiman una posición a partir de la medida de la distancia entre el objeto a localizar con un mínimo de tres satélites de ubicación conocida, mediante triangulación.

En el presente el instrumento GPS es uno de los líderes en cuanto a tecnología y están encaminados para que a futuro se logre afianzar aún más. Una de las principales razones por el cual se ubica en un pedestal tan alto, es su grado de precisión además de que se lo utiliza en diferentes áreas que aportan a nuestra vida diaria (Villalobos Velasco, 2007)

El sistema de posicionamiento global se define como un instrumento el cual nos permite conocer la posición geográfica de elementos ya sean estos móviles o inmóviles en cualquier lugar del planeta tierra. Para conseguir esta posición geográfica se utiliza los receptores GPS, los cuales son instrumentos electrónicos que reciben las señales de los satélites.

1.5.2. *Identificación por Radio Frecuencia o RFID*

La identificación por radio frecuencia (Radio Frequency Identification), es un instrumento que puede identificar varios elementos y esto lo logra mediante el principio de ondas de radio, tiene varias ventajas, como el manejar un buen volumen de datos, es barato y se usa en muchas aplicaciones. Las aplicaciones que más se pueden destacar de este instrumento es el campo de la industria manufacturera y otros campos como al cuidado médico. Su funcionamiento se basa en un lector y una etiqueta, el primero se encarga de enviar señal electromagnética y el segundo recibe esa señal, esta le responde con otra señal que contiene codifica la información almacenada en la etiqueta como se muestra en la figura 8-1. (Espinal et al., 2010)



Figura 8-1: Etiquetas RFID.

Fuente: Barnes R. 2017.

Este sistema se compone especialmente de:

- Etiquetas.
- Lectores.
- Antenas y Radios.
- Hardware de procesamiento.

En el trabajo de Abowd et al. (2000), se realizó un proyecto donde la persona con discapacidad visual utiliza este instrumento para conocer su ubicación dentro de un entorno cerrado, este puede ser ubicado en cualquier parte inferior del cuerpo, en lo posible que sea más cercano al suelo, en la etiqueta se almacena un identificador único para esta persona. Los lectores fueron ubicados en lugares estratégicos para que interactúe con la etiqueta y la persona logre ubicarse en ese entorno (Sáenz Correa, 2009).

1.5.3. **WI-FI**

Es una tecnología que permite la comunicación inalámbrica, esta permite que varios equipos electrónicos puedan tener conexión sin la necesidad de utilizar cables. En la actualidad se puede ver que en varios lugares pueden tener acceso al internet. Una de las ventajas de esta tecnología es el protocolo que utiliza (TCP/IP) por lo que resulta fácil poder interconectarse a una red WI-FI (Carballar José & Carballar Falcón, 2010) .

En 2014, se presentó un sistema computacional que permite a las personas con discapacidad visual poder guiarse en un ambiente controlado, el diseño y el desarrollo de este sistema consiste en utilizar la tecnología wi-fi, en función de los puntos de acceso se puede determinar la posición y orientación del individuo. Este sistema se compone de tres aplicaciones: PYOMDatos, PYOMAnalyses, y PYOM, con el fin de medir la intensidad de señal Wi-fi en el ambiente, analizar los datos obtenidos y comparar estos resultados con los almacenados, así obteniéndose la orientación de la persona no vidente dentro de un ambiente cerrado (Correa & Alejandro, 2009).

1.6. Visión artificial

La visión artificial es una rama de la tecnología informática en la que se desarrollan las bases científicas del reconocimiento de objetos. Las principales tareas es la detección de un objeto en una determinada imagen digital o grabación de video y pretende capturar información visual del entorno, como la identificación de rasgos característicos, así como el recuento o valoración cuantitativa de objetos homogéneos, entre otros. La visión artificial pertenece al campo de la informática, incluye el desarrollo y mejora de los fundamentos metodológicos y científicos para el reconocimiento de objetos. En la figura 9-1, se muestra el reconocimiento de una persona por medio de visión artificial.



Figura 9-1: Visión artificial, reconocimiento de una persona.

Fuente: ingenierobeta.com. 2020.

1.6.1. *Adquisición de la imagen*

Este es uno de los pasos más importantes para el procesamiento de imágenes, puesto que de este depende si el reconocimiento realizado tiene éxito o presenta fallos. Para que el algoritmo de reconocimiento de objetos sea robusto se necesita recolectar imágenes importantes, como el dispositivo que va a capturar la imagen y el tipo de iluminación. La cámara que es encargada de capturar la imagen debe ser previamente calibrada como se muestra en la figura 10-1.

También se debe adecuar el área de captura para la imagen con el propósito de evitar interferencia de reflejos y cambios de iluminación del ambiente para el posterior procesamiento de la imagen (González Duque, 2020).

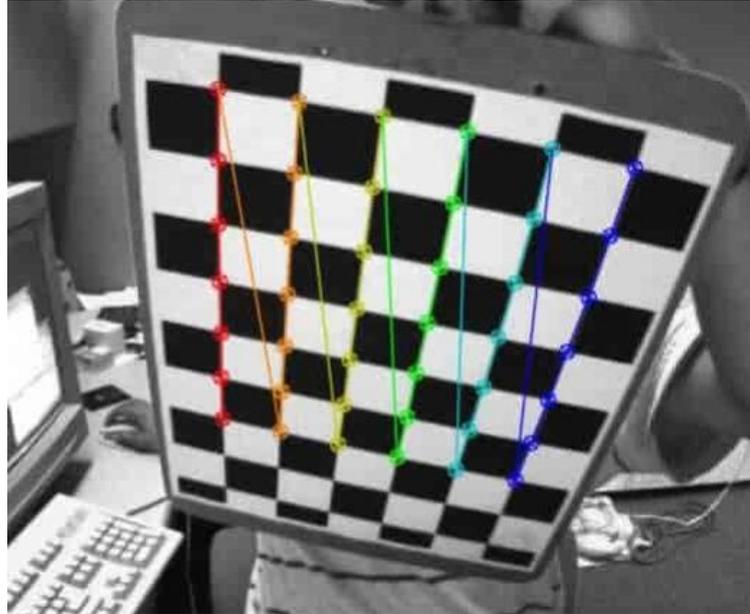


Figura 10-1: Opencv, Calibración de cámara.

Fuente: ingenierobeta.com. 2020.

1.6.2. *Procesamiento de imágenes*

El procesamiento digital de imágenes es un proceso a través del cual se extrae una imagen del mundo real y se produce una versión modificada de la misma por medio de algoritmos para su posterior análisis. Se conoce como análisis de imágenes al proceso mediante el cual se parte de una imagen para poder obtener una medición, interpretación o decisión dentro de un proceso específico (Constante Prócel & Gordón Garcés, 2015). En la figura 11-1 se muestra procesamiento de una imagen en escala de grises.



Figura 11-1: Procesamiento de una imagen, escala de grises.

Fuente: Roncagliolo B. 2007.

1.6.3. *Machine Learning*

El aprendizaje automático se centra en el desarrollo de programas informáticos que pueden cambiar cuando se exponen a nuevos datos (Gori, 2017). Se requieren técnicas de aprendizaje automático para mejorar la precisión de los modelos predictivos. A continuación, se describe los diferentes enfoques que existe, según el tipo y el volumen de los datos (Ordoñez Ramos Erech, 2020).

- Aprendizaje supervisado, este se caracteriza por tener un conjunto de datos establecidos y una cierta comprensión de cómo se clasifican esos datos. Por ejemplo, si en un sistema tenemos un gran número de imágenes de frutas e incluimos una etiqueta a cada fruta, entonces el sistema mediante un algoritmo de aprendizaje logra reconocer que tipo de fruta es (Ordoñez Ramos Erech, 2020).
- Aprendizaje no supervisado, generalmente se caracteriza por tener un gran conjunto de datos, pero estos no poseen etiquetas. Por ejemplo, si en un sistema tenemos un gran número de imágenes de frutas y no se incluye una explicación de qué es cada fruta, para que el sistema comprenda el significado detrás de estos datos requiere de algoritmos de aprendizaje que puedan comenzar a percibir el significado de las imágenes en función de los patrones o grupos que encuentre (Ordoñez Ramos Erech, 2020).
- Aprendizaje por reforzamiento es un modelo de aprendizaje conductual. El algoritmo recibe retroalimentación del análisis de los datos para guiar al usuario al mejor resultado (Ordoñez Ramos Erech, 2020).

1.6.4. *Reconocimiento de objetos*

El propio proceso de reconocimiento es la interpretación de todos los parámetros seleccionados en el procesado. (Miranda Ganchozo et al., 2013). Este proceso de interpretación se manifiesta cuando se compara los patrones que se extraen de la imagen con los obtenidos en el aprendizaje automático, sea este Aprendizaje supervisado, Aprendizaje no supervisado o Aprendizaje por reforzamiento. En la figura 12-1, se muestra el reconocimiento de objetos y frutas por medio de visión artificial.

Para realizar el reconocimiento automático de un objeto es necesario identificar las características discriminantes o rasgos únicos del mismo, estos rasgos permiten localizar un objeto dentro del universo desconocido o imagen (Rossius, 2013).

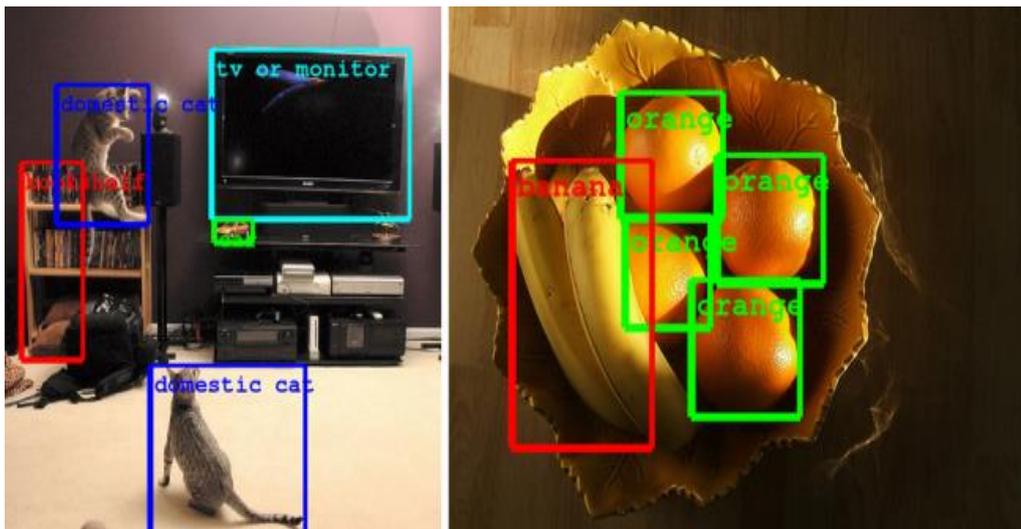


Figura 12-1: Visión artificial, reconocimiento de objetos y frutas.

Fuente: ingenierobeta.com. 2020.

1.7. Tarjetas inalámbricas para monitoreo y posicionamiento.

1.7.1. *Módulo GPS Ublox NEO-6M*

La Serie NEO-6 proporciona un elevado rendimiento en cuanto a su motor de posicionamiento se refiere, basado en u-blox 6 modulo GPS, estos receptores desarrollan un alto nivel de capacidad de integración flexible y rentable lo que permite obtener numerosas opciones de conectividad en un dispositivo de pequeño tamaño. En la figura 13-1 se muestra Módulo GPS Ublox NEO-6M que viene integrada con una antena cerámica.

Capaz de obtener búsquedas paralelas masivas en un espacio corto de tiempo y por su arquitectura compacta posee opciones de alimentación y memoria ideal para dispositivos móviles con limitaciones de espacio. Su motor de posicionamiento NEO-6 es capaz de realizar búsquedas masivas de espacios de tiempo permitiendo encontrar satélites al instante con excelente performance de navegación, incluso en entornos difíciles.

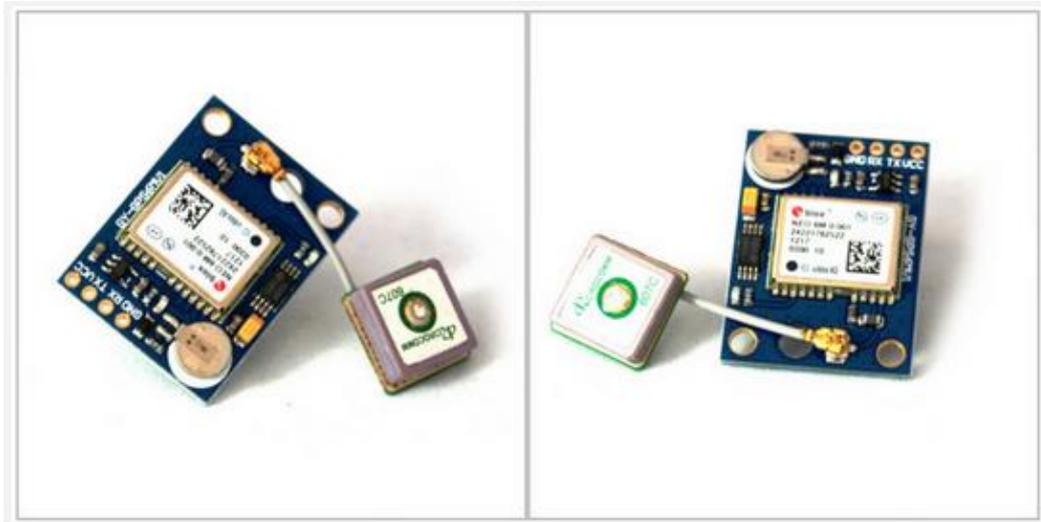


Figura 13-1: Módulo GPS Ublox NEO-6M con antena

Fuente: (hetpro-store 2015)

Esto lo hace ideal para los productos finales de mercado masivo en cuanto a su relación tamaño-precio. Los módulos están calificados de acuerdo con la norma ISO 16750.

1.7.2. GSM SIM900

El módulo SIM900 es un ultra compacto y confiable basado en el chip GPRS SIMCOM SIM900 GSM de comunicación inalámbrica compatible con todos los modelos de Arduino de formato UNO, es decir, que se puede controlar con un microcontrolador. Puede trabajar en frecuencias gsm/gprs de 850/900/1800/1900 MHz, ideal para sistemas remotos, puntos de control, envío y recepción de mensajes de texto, llamadas telefónicas, etc. Es de un muy bajo consumo, con un diseño muy pequeño. Se controla y configura mediante protocolo UART, usando comandos AT. En la figura 14.1 y 15.1, se muestran la parte superior y posterior del módulo Shield SIM900.

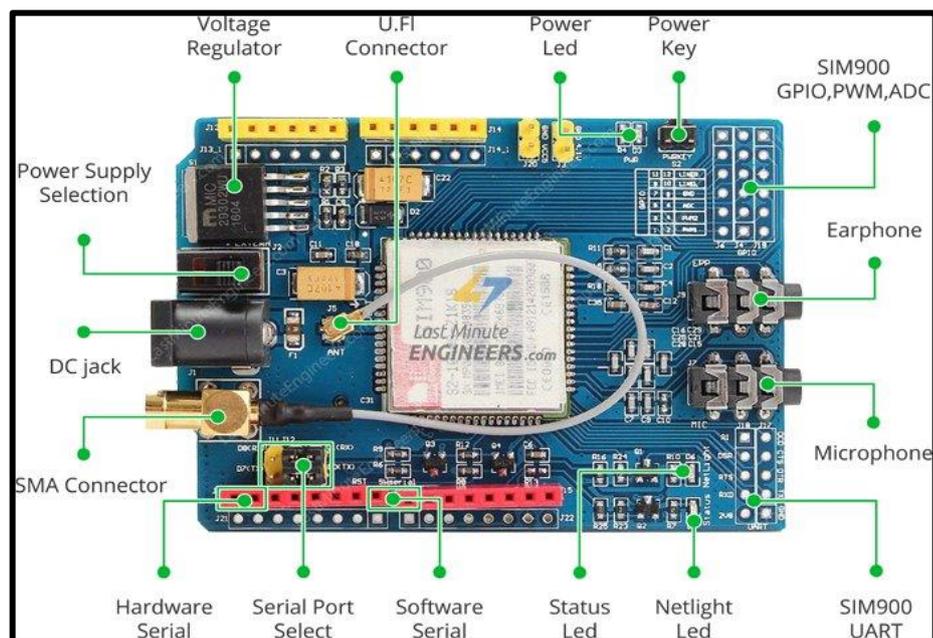


Figura 14-1: Descripción de componentes del Shield SIM900 (Parte Superior)

Fuente: Datasheet Sim900

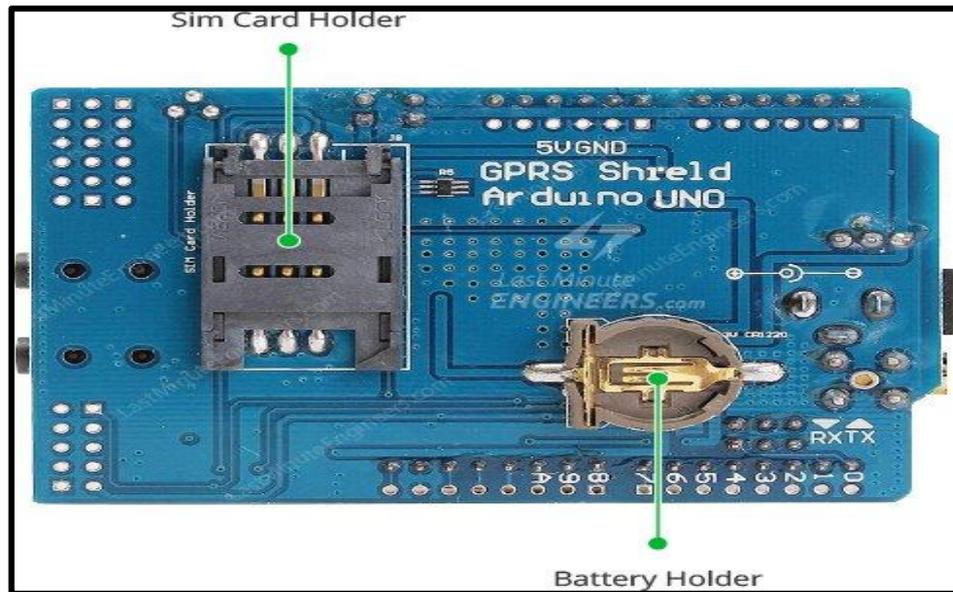


Figura 15-1: Descripción de componentes del Shield SIM900 (Parte Posterior)

Fuente: Datasheet Sim900.

1.8. Tarjeta controladora

1.8.1. *Arduino*

Se dice que Arduino es una plataforma informática física de código abierto, no es solo una herramienta de desarrollo, es una combinación de hardware, lenguaje de programación y un sofisticado entorno de desarrollo integrado (IDE). IDE es un software importante para escribir programas, compilarlos en código binario y cargarlos en la memoria del microcontrolador. En la figura 16-1 se muestra el logo de la plataforma Arduino. Hay muchos proyectos y herramientas desarrollados por académicos y profesionales que usan Arduino, además hay muchos módulos de soporte como: sensores, pantallas, unidades, etc. Arduino evolucionó hasta convertirse en una plataforma, ya que se convirtió en la elección y referencia de muchos profesionales.



Figura 16-1: Logo de Arduino.

Fuente: (arduino.cl, 2013)

Actualmente, la comunidad Arduino está creciendo rápida y dinámicamente en varias partes del mundo. actividades relacionadas con los proyectos de Arduino han surgido en todas partes, incluso en Indonesia. Lo que hizo que Arduino fuera aceptado rápidamente por:

- Es barato, en comparación con otras plataformas.
- Multiplataforma, el software Arduino puede ejecutarse en los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux, mientras que otras plataformas generalmente se limitan solo a Windows.
- Muy fácil de aprender y usar.
- El procesamiento del lenguaje de programación realmente hace que sea más fácil y rápido los lenguajes de programación de bajo nivel como Assembler que se usan comúnmente en otras plataformas.

1.9. Módulo DF Player Mini (DF0299)

El DF Player Mini compatible con Arduino es un módulo reproductor de mp3 compacto y de bajo costo que posee una salida simplificada directamente hacia el altavoz.

Este módulo se puede utilizar como módulo autónomo con batería, altavoz y botones, o se puede combinar con Arduino o cualquier otro módulo con función RX / TX. como se muestra en la figura 17-1.

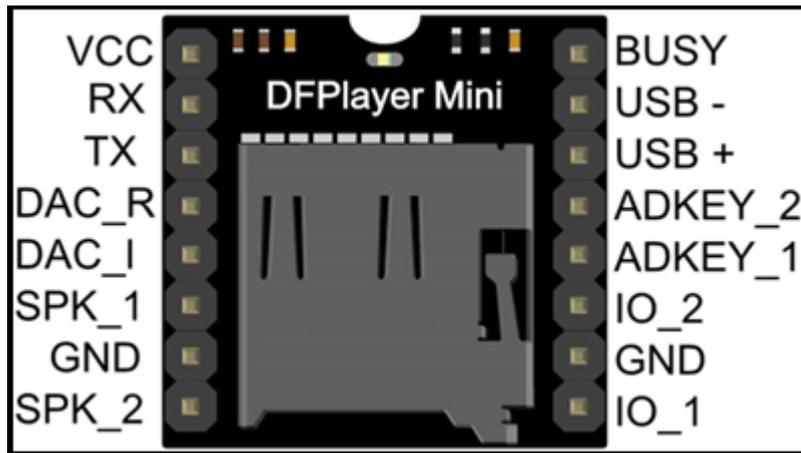


Figura 17-1: Módulo mp3 Dfplayer (DF0299).

Fuente: wiki.dfrobot.com, 2020.

1.10. PixyCam 2

Pixy2 tiene una variedad de algoritmos que permite detectar formas, colores, líneas en tiempo real, además que es muy utilizado para detectar intersecciones y también "señales de tráfico". Las señales de tráfico pueden decirle al prototipo qué hacer, como girar a la izquierda, girar a la derecha, reducir la velocidad, entre otros. Como se muestra en la figura 18-1.

Pixy2 completa todas estas operaciones a 60 cuadros por segundo. De la mano de un Arduino y una tarjeta de sonido mp3 reproducirá un sonido de alerta para que el usuario con problemas visuales conozca en qué momento debe bajar del transporte y llegar a su destino.

Ofrece bibliotecas de software para Arduino y Raspberry Pi. Pixy2 simplifica sus programas al enviar solo los datos que se está buscando.

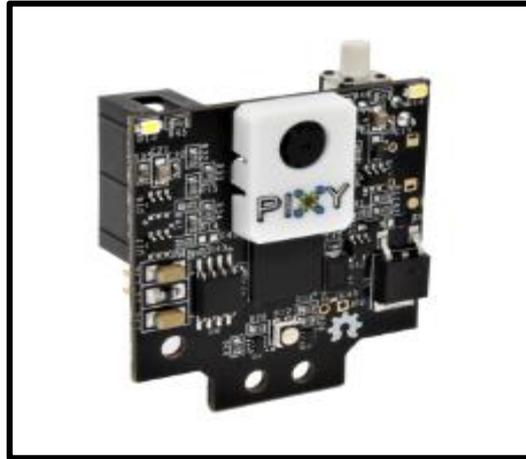


Figura 18-1: PixyCam2.

Fuente: pixycam.com, 2020

1.11. Power Bank

Es indispensable contar con una fuente de alimentación para obtener una autonomía dentro del prototipo por ende una alternativa confiable y portátil es la utilización de una Power Bank que brinda una conexión mediante cable USB como se muestra en la figura 19-1.



Figura 19-1: Power Bank iGoma.

Fuente: Tucelular, 2020

1.12. Circuitos Electrónicos

La electrónica es la disciplina que se ocupa del uso de componentes y circuitos electrónicos para realizar funciones específicas. Los circuitos consisten en interconexiones de componentes, generalmente interconectados por conductores, para realizar funciones electrónicas específicas. Los componentes, dispositivos y circuitos son entidades físicas, y su comportamiento suele ser muy complejo y es difícil representarlos con precisión a través de parámetros específicos (Soler et al., 1999).

1.13. Descripción del Software

1.13.1. *Lenguaje de programación de Arduino*

Para programar un Arduino, el lenguaje estándar es C++, aunque es posible programarlo en otros lenguajes. No es un C++ puro, sino que es una adaptación que proviene de avr-libc que provee de una librería de C de alta calidad para usar con GCC en los microcontroladores AVR de Atmel y muchas funciones específicas para los MCU AVR de Atmel.

El Arduino en sí, se adapta a AVR-libc que contiene una librería de C de excelente calidad y que es muy utilizada en los microcontroladores AVR de Atmel, por lo tanto, no es un lenguaje C++ puro.

1.13.2. *Python*

Python es un lenguaje orientado a objetos el cual utiliza un programa intermedio denominado intérprete, esto lo hace ser más portable y flexible, se caracteriza porque se puede utilizar en varios entornos, quiere decir que es multiplataforma. El código fuente es traducido por bytecode el cual es un pseudo código y genera archivos tipo pyc o pyo. Este lenguaje integra variedad de librerías por lo que es muy utilizado para gran cantidad de aplicaciones además puede importar varios

módulos como numpy, matematic, pickle, entre otras. La última versión de Python es la 3.9 (González Duque, 2020). En la figura 20-1 se muestra el logo de Python.

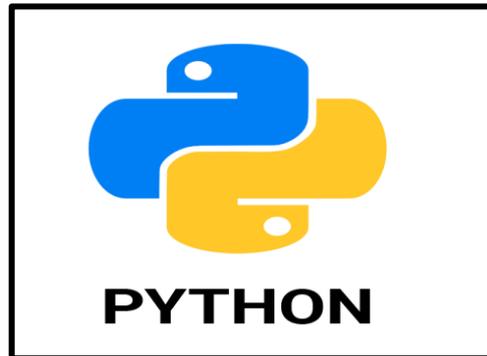


Figura 20-1: Logo Python.

Fuente: <https://cosasdedevs.com/python/>

1.13.3. *OpenCV.*

OpenCV (Open Source Computer Vision), es una biblioteca de código fuente abierta desarrollada por Intel, se enfoca en la visión artificial, también se puede usar en múltiples entornos y se ha ganado su popularidad debido a que utiliza en diferentes lenguajes de programación. En la figura 21-1 se muestra el logo de OpenCV.

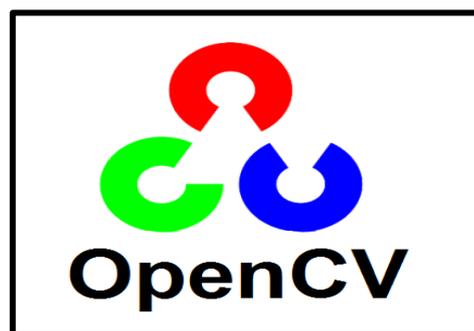


Figura 21-1: Logo de OpenCV.

Fuente: <https://goo.gl/CHcbRU>

Implementa diferentes algoritmos aprendizaje computacional y visión artificial por lo cual se ha utilizado en diferentes campos, proyectos y en aplicaciones en tiempo real. Es compatible con diferentes sistemas operativos como Windows, Linux o MAC OS X.

1.13.4. *PixyMon V2*

Es una aplicación que te permite configurar Pixy2. Se ejecuta en varias plataformas diferentes, incluidas Windows, MacOS y Linux, así como en otros sistemas integrados más pequeños como: Raspberry Pi y BeagleBone Black. En la figura 22.1 se muestra la descripción del Software PixyMon V2.

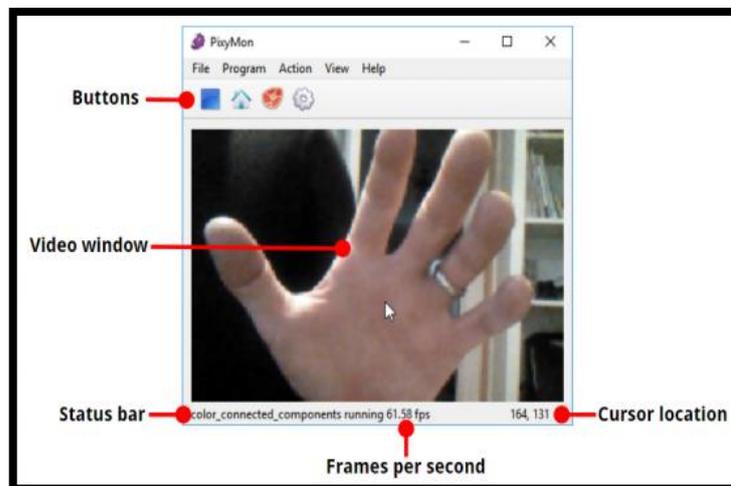


Figura 22-1: Descripción del Software PixyMon V2

Fuente: Pixy Documentation

1.13.5. *Audacity*

Audacity puede grabar audio en vivo por medio de un micrófono o mezclador, digitalizar grabaciones en otros medios. Al usar ciertas tarjetas de sonido y cualquier versión más reciente de Windows, Audacity también puede capturar audio en tiempo real. En la figura 23-1 se muestra el logo de Audacity.

La barra de herramientas del dispositivo administra varios dispositivos de grabación y reproducción. El medidor de nivel puede controlar el volumen antes, durante y después de la grabación. El recorte se puede mostrar en la forma de onda o en la pista de etiqueta.

Graba a través de: micrófono, entrada de línea, dispositivo USB / Firewire, entre otros.



Figura 23-1: Logo de Audacity.

Fuente: <https://foro.vozidea.com/>

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se realiza una revisión del diseño tanto como el hardware y software del prototipo para personas con discapacidad visual.

2.1. Requerimientos del prototipo

Una vez realizada la revisión bibliográfica relacionado a conceptos generales sobre el tema se puede analizar los requerimientos del prototipo los que se detallan a continuación:

- Adquirir datos del dispositivo GPS en tiempo real
- Adecuación del dispositivo en una mochila para comodidad del usuario.
- Adquisición de imágenes del entorno.
- Posicionamiento de las principales paradas de buses mediante GPS.
- Ubicación de la cámara en un lugar estratégico en la persona para que pueda detectar el bus de la línea correspondiente
- La reproducción del asistente de voz debe ser clara para la identificación de cada parada en el trayecto previsto.
- Implementación del dispositivo de bajo costo y versátil.

2.2. Arquitectura general del prototipo

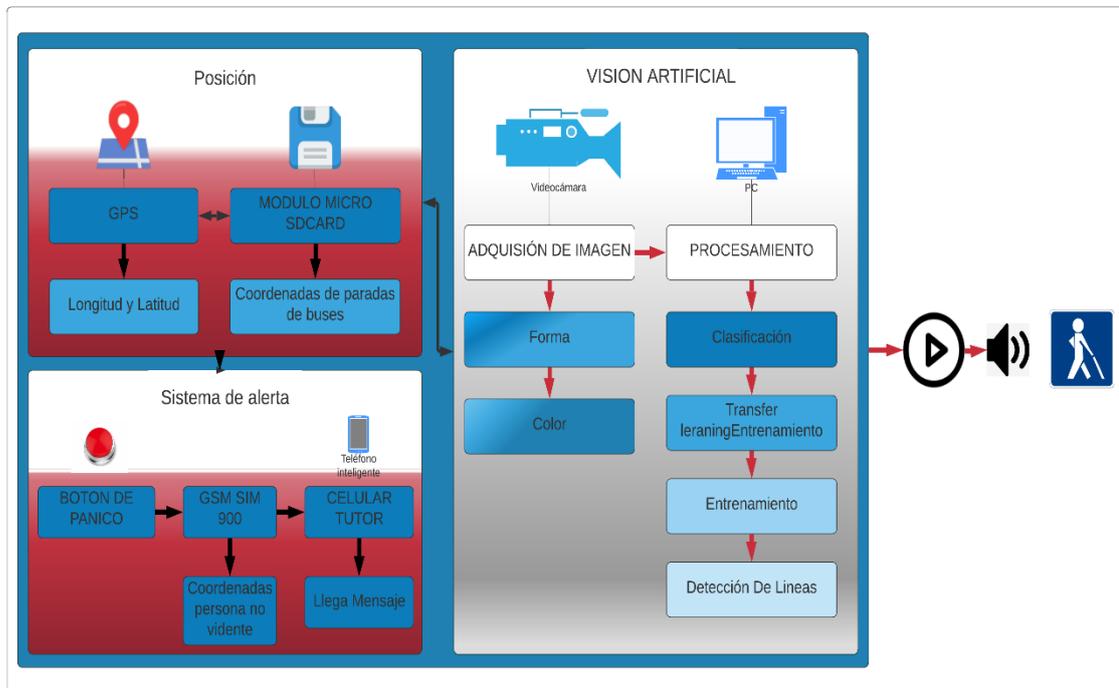


Figura 1-2: Arquitectura general del prototipo.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Con la realización de este prototipo se brinda ayuda a la persona no vidente, mediante alertas de voz con la finalidad de que pueda desplazarse de un lugar a otro sin depender de otra persona.

En la figura 1-2, se puede observar la arquitectura del prototipo que está formado por tres etapas: la etapa del posicionamiento conformado por un módulo receptor GPS que proporciona la posición del usuario y un módulo Micro SD Card para guardar las coordenadas de las paradas de los buses. La segunda etapa es la de visión artificial, por medio de la adquisición y clasificación de imágenes para realizar el entrenamiento para el modelo que aprenda y pueda detectar la línea de bus. La última etapa es la del sistema de alerta el cual se conforma de un botón de pánico y a través de un módulo GSM se envía las coordenadas a un celular para saber la ubicación de la persona no vidente.

2.3. Requerimientos *Hardware* del prototipo

Para realizar el prototipo electrónico de posicionamiento y geolocalización automática de líneas urbanas de bus se seleccionó entre una variedad de módulos y tarjetas electrónicas existentes en el mercado obteniendo las mejores características en cuanto a rendimiento, costo y consumo, dicha selección se muestra a continuación.

2.3.1. Selección de tarjeta de control

En la plataforma que nos brinda Arduino se puede encontrar diversas tarjetas controladoras, estas cuentan con diversas características para poder realizar una comparación y escoger cual es la tarjeta controladora que se adapte de la mejor manera a los requisitos del sistema. Las tarjetas controladoras comparadas fueron Arduino Pro Mini, Nano, Micro, Uno, y MEGA2560.

Tabla 1-2: Características de las tarjetas Arduino

Tarjeta	Arduino Pro Mini	Arduino Nano	Arduino Micro	Arduino Uno	Arduino Mega 2560
Microcontrolador	ATmega328	Atmega168 o 328	ATmega32u4	ATmega328	Atmega 2560
Voltaje de operación	3.3 V o 5 V	5 V	5 V	5 V	3.3 V o 5V
Entradas y salidas digitales	14	14	20	14	54
Entradas analógicas	6	8	12	6	16
Corriente de salida	40 mA	40 mA	40 mA	40 mA	50 mA
Memoria flash	32 KB	16 o 32 KB	32 KB	32 KB	256 KB
Memoria SRAM	2 KB	1 o 2 KB	2,5 KB	2 KB	8 KB
EEPROM	1 KB	512 bytes o 1KB	1 KB	1 KB	4 KB
Velocidad de reloj	8 MHz o 16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz	16 MHz
Peso	2g	5g	13g	25g	37g
Largo	33mm	45mm	48mm	68,6mm	101,52 mm
Ancho	17,8mm	18mm	18mm	53,4mm	53,3mm

Fuente: Arduino, 2019.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Como se puede observar en la tabla 1-2, la tarjeta controladora que más se ajusta a los requerimientos del sistema es el Arduino MEGA 2560, por una capacidad de memoria de procesamiento por el número de entradas y salidas digitales, que permite la conexión de los diferentes dispositivos del prototipo.

La placa Arduino Mega 2560 de 8 bits cuenta con 54 pines digitales (Entrada/Salida), 4 puertos seriales (UART) y 16 entradas analógicas. Posee un oscilador de cristal de 16 Mhz, una conexión USB, un conector de alimentación, ICSP y un botón de reinicio; cuenta con una placa de microcontrolador basada en el ATmega 2560. La placa es compatible con la mayoría de shields o tarjetas de aplicación/ampliación disponible para las tarjetas Arduino UNO original e Arduino Uno. Para usar la placa, debe conectarse a la computadora a través de un cable USB o alimentarse por un adaptador de corriente AC / DC. También puede funcionar con baterías.

La figura 2-2 muestra la placa Arduino Mega 2560.

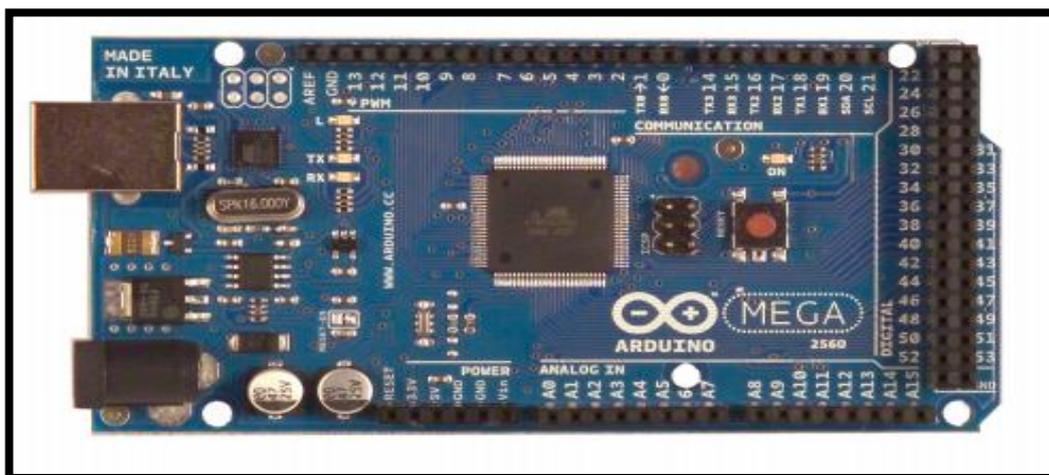


Figura 2-2: Arduino Mega 2560.

Fuente: (Datasheet Arduino, 2013)

El UART principal (puerto serie) está ubicado en los pines (0 y 1), al igual que las interrupciones externas 0 y 1 (pines 2 y 3 respectivamente). Tanto el Mega2560 como el Uno pueden obtener SPI a través de ICSP; se debe tener en cuenta que el I2C no se encuentra en los mismos pines en el Mega (20 y 21) que el Uno (4 y 5 analógicos) (Valverde Dicson, 2020).

Con la tabla 1-2 se llegó a la conclusión que la mejor tarjeta controladora para el prototipo es el Arduino MEGA 2560, consume menos energía para el desarrollo de la etapa de alimentación y dispone de una memoria de procesamiento suficiente, con entradas y salidas digitales necesarias para la conexión de los demás dispositivos.

2.3.2. Selección del receptor de sistema de posicionamiento global

En la búsqueda de módulos receptores GPS se encontró diversos modelos que cuentan con variedad de especificaciones para poder realizar una comparativa. Escoger cual es el módulo receptor GPS que permite obtener la posición y que se adapte de la mejor manera a los requisitos del prototipo fueron dos: el GPS-NEO6M y NV08C-CSM.

Tabla 2-2: Características de los módulos receptores GPS.

Modelo	GPS-NEO6M	NV08C-CSM
Canales de lectura	66	32
Velocidad de Precisión	0.1m/s	0.05m/s
Voltaje de alimentación	3.5 V o 5 V	3 V o 5 V
Tiempo de Arranque en frío	36seg	30seg
Tiempo de Arranque en caliente	1seg	3seg
Temperatura de funcionamiento	40 ~ +85.C	-40 A +85. C
Límite de operación (altura)	18000 m	18000 m
Límite de operación (velocidad)	Max 515m/s	Max 500 m/s
Límite de operación (aceleración)	4G	5G
Sensibilidad de rastreo	160 dBm	-160 dBm
Tamaño	30mm x23mm x	26mm x 23mm
Precio	15\$	53\$

Fuente: Datasheet, 2019.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Como se puede observar en la tabla 2-2, los dos módulos cuentan con especificaciones similares, sin embargo, el módulo receptor GPS que más se ajusta a los requerimientos del prototipo es el GPS-NEO6M, fue seleccionado para el desarrollo del prototipo por el mayor número de canales que se necesita para el posicionamiento en el trayecto de la línea que recorre el bus de transporte público.

2.3.3. Selección del módulo GSM/GPRS

En la búsqueda de módulos receptores GSM se encontró una variedad de módulos, estas cuentan con diferentes especificaciones para poder realizar una comparativa y escoger cual es el módulo GSM que mejor se ajuste a los requisitos del prototipo. Los módulos receptores comparados fueron dos: el GSM/GPRS SIM900, ICOMSAT y Shield GSM M95.

Tabla 3-2: Características de los módulos GSM/GPRS.

Modelo	GSM/GPRS SIM900	ICOMSAT	Shield GSM M95
Microprocesador	Sim900	Sim900	FT232
Fabricante	SIMCOM	Itead Studio	QUECTEL
Voltaje de alimentación	4.8 – 5.2 V	4.5 – 5.5 V	5 VDC
Velocidad uplink/downlink	42.8/85.6 Kbps	42.8/85.6 Kbps	42.8/85.6 Kbps
Protocolos Soportados	TCP/HTTP, FTP	TCP/HTTP, FTP	TCP/UDP/PPP/FF TP/HTTP
Corriente	50 – 450 mA	200 – 500 mA	1.2 – 1.3 mA
Puerto de Antena	Si	Si	Si
Funciones	SMS, voz y datos	SMS, voz, y datos	SMS, voz, fax y datos
Puerto de Micrófono y Altavoz	Si	Si	Si
Leds indicadores	Status, Net y PWR	Status, Net y PWR	Status, Net y PWR
Tamaño	110 mm x 69 mm	77.2 mm x 66 mm	55 mm x 54 mm
Precio	40\$	45\$	60\$

Fuente: Pastrano Luis, 2017

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

En la tabla 3-2 se muestra un cuadro comparativo de los diferentes módulos GSM/GPRS, en función de sus datos técnicos se seleccionó el módulo GSM SIM900 GPS debido a que se ajusta a los requerimientos del prototipo.

2.3.4. Selección del módulo MP3

Para la selección de los Reproductores MP3 se comparó con dos tarjetas reproductoras: DFPLAYER MINI y MP3 PLAYER YX5300.

Tabla 4-2: Características de los módulos reproductores MP3.

Modelo	DFPLAYER MINI	MP3 PLAYER YX5300
Puerto serie	UART	UART
Frecuencia de muestreo de soporte	8/11.025/12/16/22.05/24/32/44.1/48	8 / 11.025 / 12/16 / 22.05 / 24/32 / 44.1 / 48
Voltaje de alimentación	3.2V a 5V	3.2V a 5.2V
Volumen ajustable	30 niveles	30 niveles
Soporte de tarjeta Micro SD	32GB	32GB
Formato del sistema de archivos	Fat16 / Fat32 /	Fat16 / Fat32 /
Puerto para auriculares	No	Si
Tamaño	22 x 22 x 18mm	49X24X8.5 mm
Precio	4.50\$	12\$

Fuente: Pastrano Luis, 2017

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

En la tabla 4-2 se muestra un cuadro comparativo de los diferentes módulos reproductores MP3, en función de sus datos técnicos se seleccionó el módulo MP3 PLAYER YX5300.

2.4. Esquemas de conexión del Prototipo

Después de seleccionar todos los módulos y tarjetas electrónicas que forman parte del prototipo a implementar, se procede a simular el diseño de cada bloque de módulos en el software de simulación gratuito *Fritzing.org* que cuenta con un interfaz de desarrollo cómodo y seguro a la hora de realizar simulación por bloques.

En la figura 3-2 se puede observar el esquema de conexión final del prototipo de reconocimiento y geolocalización cuyo elemento matriz es el Arduino Mega2560, del cual se desprenden cuatro sistemas que componen el prototipo, los cuales son:

- Sistema de localización GPS.
- Sistema para asistente de voz.
- Sistema de reconocimiento de imágenes.
- Sistema para llamada de emergencia.

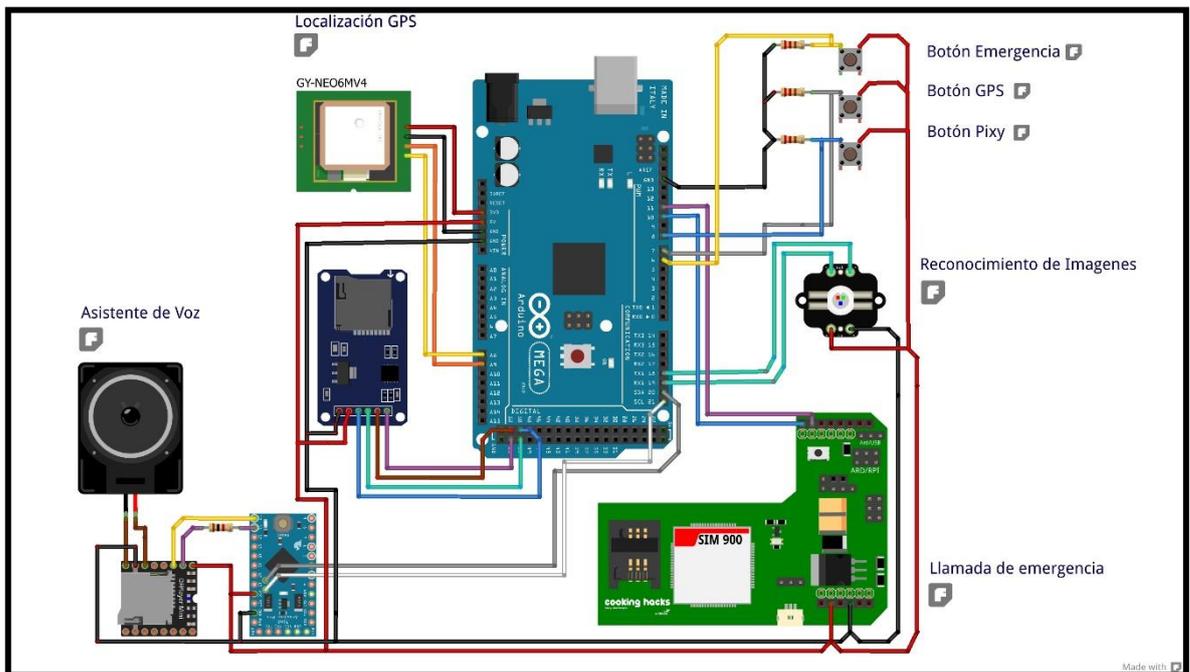


Figura 3-2: Esquema de conexión del prototipo.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

2.4.1. Sistema de localización GPS

En la figura 4-2 se observa el esquema de conexión del sistema de localización GPS compuesto por el módulo GPS Neo 6M y el módulo de almacenamiento micro SD.

El módulo NEO6-GSM se compone por cuatro terminales que son: Rx, Tx, Vcc y GND.

- Los terminales Rx y Tx del módulo GPS Neo 6M están conectados a los terminales A8 y A9 del Arduino Mega2560 respectivamente.
- El terminal Vcc (positivo) del módulo GPS Neo 6M está conectado en el terminal de 3.3V del Arduino Mega2560.
- El terminal GND (negativo) del módulo GPS Neo 6M ésta conectado en uno de los terminales negativos del Arduino Mega2560.

Por su parte el módulo de almacenamiento micro SD se compone de seis terminales que son: CS, SCK, MOSI, MISO, Vcc y GND.

- El terminal CS del módulo lector micro SD se conecta al pin digital 53 SS del Arduino Mega2560.
- El terminal SCK del módulo lector micro SD se conecta al pin digital 52 SCK del Arduino Mega2560.
- El terminal MISO del módulo lector micro SD se conecta al pin digital 51 MISO del Arduino Mega2560.
- El terminal MOSI del módulo lector micro SD se conecta al pin digital 50 MOSI del Arduino Mega2560.
- Los terminales Vcc (positivo) y GND (negativo) del módulo lector micro SD están conectados a cualquiera de los terminales positivo y negativo del Arduino Mega2560.

La interacción de los módulos permite el rastreo satelital en tiempo real y el posicionamiento que tendrá la unidad de bus en la ciudad de Riobamba que mediante entrenamiento se encuentra almacenada en una base de datos las paradas que realiza el recorrido del bus de servicio urbano.

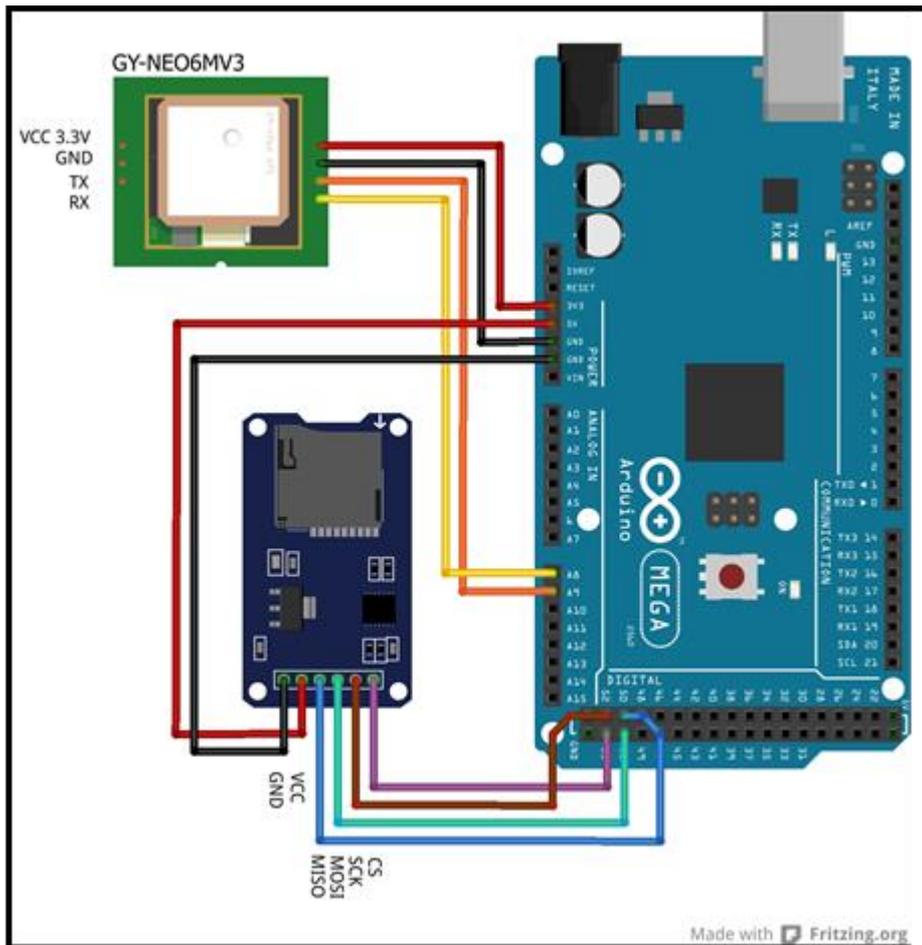


Figura 4-2: Sistema de localización GPS.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

2.4.2. Sistema para asistencia de voz

En la figura 5-2 se observa el esquema de conexión del sistema de asistencia de voz compuesto por el módulo DF Player Mini y el Arduino Pro Mini, este sistema está acoplado al prototipo mediante la modalidad Maestro-Esclavo.

El módulo DF Player Mini consta de: Lector de memoria Micro SD, terminales de Vcc y GND, Rx, Tx, salida de speaker SPK_1 y SPK_2, salida USB, Busy.

- Los terminales Vcc (positivo) y GND (negativo) del módulo DF Player Mini están conectados a los terminales positivo y negativo del Arduino Pro mini.
- El terminal Rx del módulo DF Player Mini está conectado en el pin 11 del Arduino Pro mini por medio de una resistencia de 1k ohmio en serie, esto para filtrar ruidos.

- El terminal Tx del módulo DF Player Mini está conectado en el pin 10 del Arduino Pro mini.
- Los terminales SPK_1 y SPK_2 del módulo DF Player Mini están conectados a un altavoz de alta fidelidad y claridad de sonido.

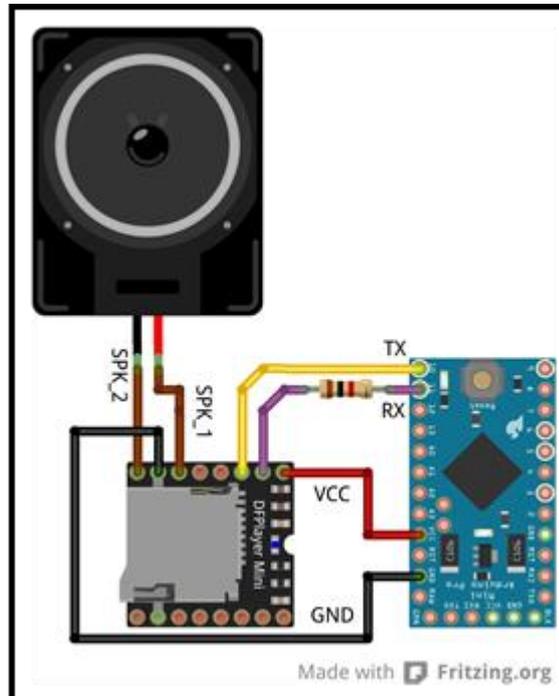


Figura 5-2: Sistema para asistente de voz.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

2.4.2.1. Configuración Maestro-Esclavo entre Arduino Mega2560 y Arduino Pro Mini

Para la realización del sistema de reconocimiento de voz se optó por acoplar dos placas Arduino para compartir información, puesto que el módulo DF Player Mini y la tarjeta de almacenamiento micro SD utilizada para almacenar información, debido a que la tarjeta Arduino Mega 2560 no puede procesar dos lectores juntos.

En la figura 6-2 se muestra la configuración Lectura-Escritura de las placas Arduino con las que se comunican a través del protocolo serie síncrono I2C, de dos líneas para enviar y recibir datos las cuales son los terminales de reloj SCL y datos SDA.

- El terminal 21 SCL del Arduino Mega2560 está conectado al terminal A5 SCL del Arduino Pro mini que envía el pulso de reloj hacia la placa Arduino Maestro a intervalos regulares.
- El terminal 20 SDA del Arduino Mega2560 está conectado al terminal A4 SDA del Arduino Pro mini, para la comunicación de datos entre ambos dispositivos.
- Los terminales de alimentación Vcc y GND del Arduino Pro mini están conectados en los terminales de alimentación del Arduino Mega2560.

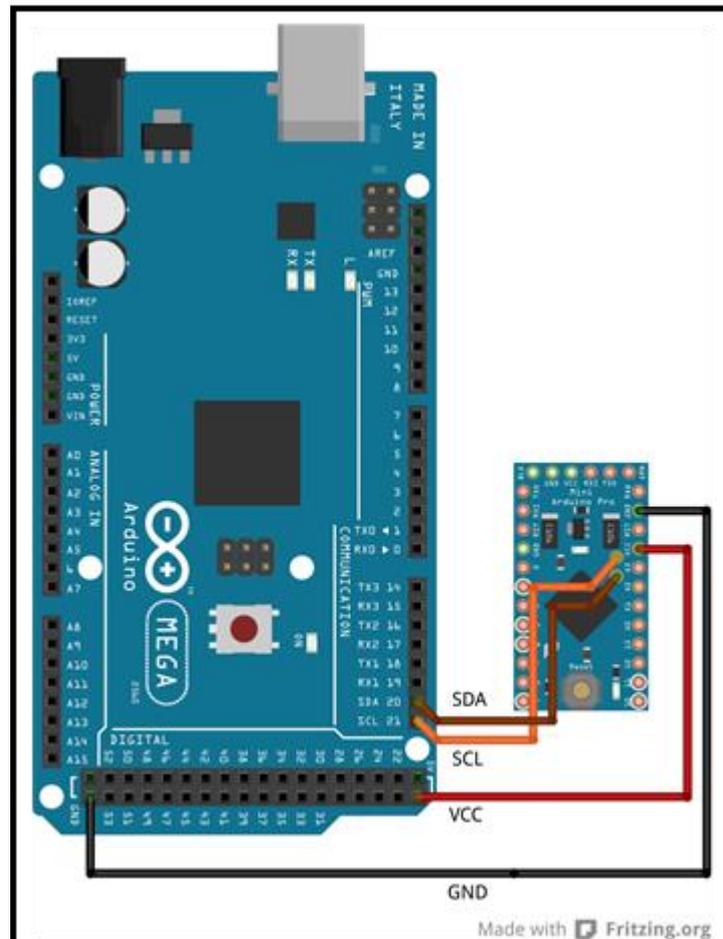


Figura 6-2: Configuración Maestro-Esclavo.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

2.4.3. Sistema de reconocimiento de imágenes

En la figura 7-2 se observa el esquema de conexión del sistema de reconocimiento de imagen compuesto por la cámara de visión artificial PixyCam2 y la placa Arduino Mega2560.

- PixyCam2 se conecta mediante el bus UART con los terminales de comunicación 18 Tx y 19 Rx del serial a la placa Arduino Mega2560.
- El terminal 1 UART de la PixyCam 2 se conecta al terminal UART Tx 18 del Arduino Mega2560.
- El terminal 4 UART de la PixyCam 2 se conecta al terminal UART Rx 19 del Arduino Mega2560.
- El terminal 6 UART de la PixyCam 2 se conecta al terminal GND del Arduino Mega2560.
- El terminal 2 UART de la PixyCam 2 se conecta al terminal Vcc del Arduino Mega2560.

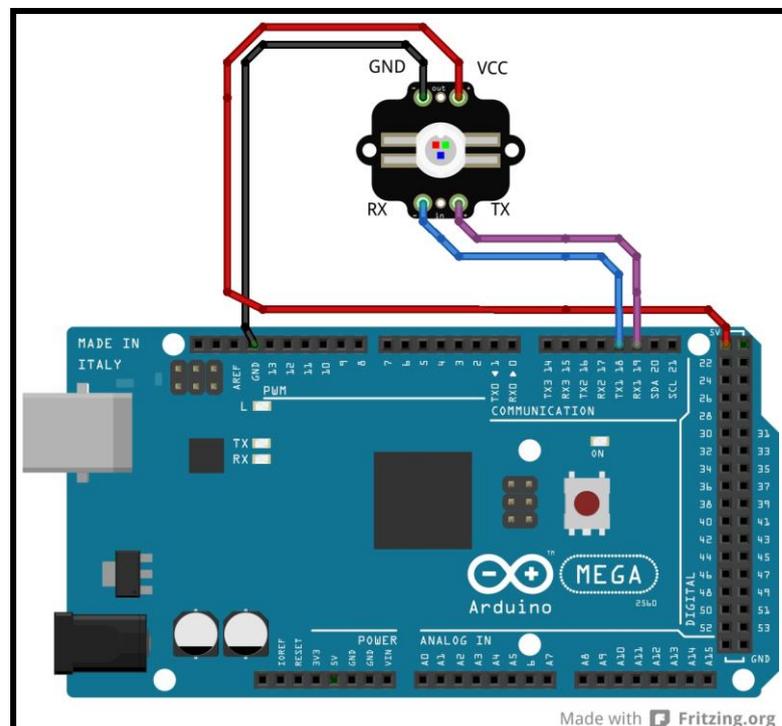


Figura 7-2: Sistema de reconocimiento de imagen.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

2.4.4. Sistema para llamada de emergencia

En la figura 8-2 se observa el esquema de conexión del sistema para llamada de emergencia compuesto por el módulo SIM900 y la placa Arduino Mega2560, este sistema proporciona al prototipo la opción de realizar una llamada de emergencia hacia algún familiar o persona de confianza ya que el módulo de comunicación SIM900 cuenta con un chip de telefonía móvil.

- El terminal D9 del módulo SIM900 está conectado al terminal 10 del Arduino Mega2560.
- El terminal D8 del módulo SIM900 está conectado al terminal 11 del Arduino Mega2560.
- La alimentación Vcc (positivo) y GND (negativo) del módulo SIM900 está conectada en los terminales de alimentación del Arduino Mega2560.

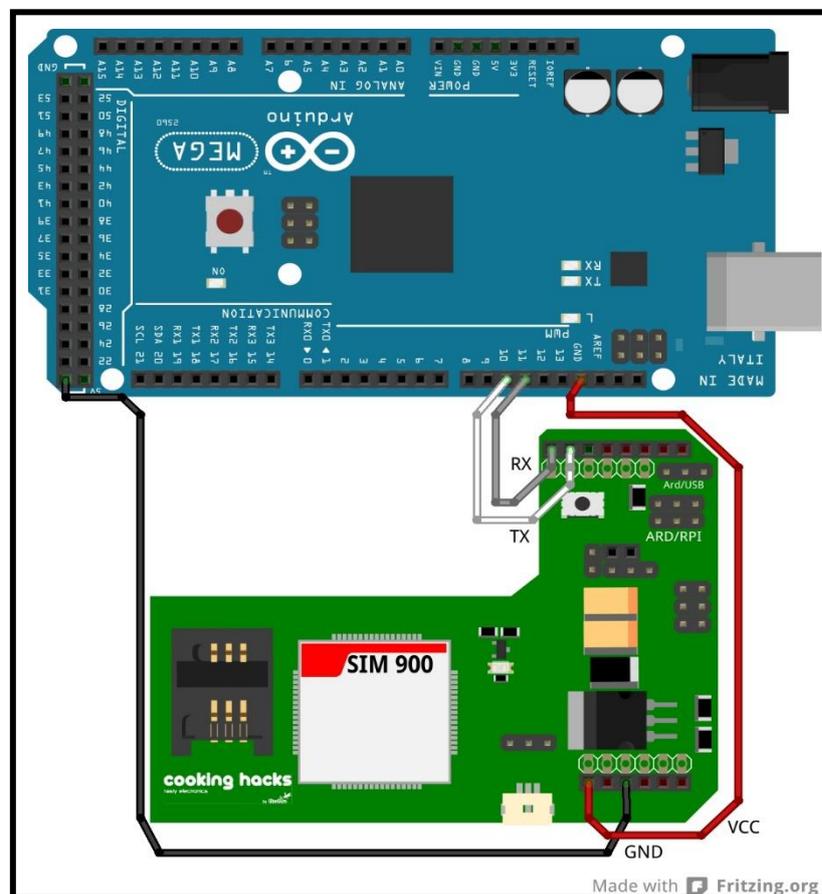


Figura 8-2: Sistema para llamada de emergencia.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

2.5. Requerimiento de *software* del prototipo

Se presenta los diagramas de flujo que conforman cada uno de los sistemas que forman parte del prototipo electrónico, partiendo de sus requerimientos, funciones y librerías necesarias para su funcionamiento.

2.5.1. *Desarrollo de la aplicación del prototipo*

A continuación, se pone a consideración las principales características a tomar en cuenta para que el prototipo funcione correctamente:

- Obtener una buena respuesta del posicionamiento GPS en tiempo real a la hora de realizar la comparación de datos.
- La lectura de imagen por parte de la cámara Pixy debe ser enviada de manera rápida y con buena calidad para poder ser procesada.
- El sistema de audio deberá brindar una buena fidelidad a la hora del envío de mensajes de voz.
- La lectura de las tarjetas micro SD por parte de los módulos Adaptador micro SD y DF Player mini sea de manera rápida sin presentar conflicto a la hora de la lectura de sus archivos.
- La comunicación entre las placas Arduino debe ser rápida y eficiente a la hora de enviar bits de datos.
- Los pulsadores de cada etapa del sistema del prototipo activen su función de manera inmediata.
- El módulo SIM900 envíe la alerta de mensaje o llamada automáticamente solicitando ayuda al número guardado en la aplicación instalada en el celular.
- El Power Bank ofrezca un tiempo de duración prolongado a la hora de conectarlo al prototipo.

2.5.2. *Diagrama de flujo GPS, PixyCam 2 y Mensaje de Emergencia del Prototipo*

A continuación, se indican los diagramas de flujo que conforman el prototipo, tomando en cuenta sus librerías y funciones.

En la figura 9-2 se representa el diagrama de flujo de los sistemas: GPS, Cámara y Llamada de Emergencia que deben ser seguidos para su respectivo desarrollo.

Inicialización

- Se define la librería <SoftwareSerial.h>, necesaria para establecer la comunicación entre el módulo del adaptador micro SD y el módulo de comunicación SIM900 en el sistema.
- Se define la librería <TinyGPS++.h>, que necesita el modulo GPS Neo 6M para que pueda establecer comunicación con Arduino.
- Se define la librería <Wire.h>, necesaria para establecer la comunicación maestro-esclavo entre placas Arduino.
- Se definen las librerías <SPI.h> y <SD.h> necesarias para la comunicación con el módulo adaptador micro SD para realizar la diferencia entre coordenadas.
- Se define la librería <Pixy2UART.h> que sirve para establecer la comunicación con la PixyCam 2.
- Se declaran los terminales a los que van a estar conectados cada uno de los módulos que forman parte de los diferentes sistemas que conforman el prototipo.
- Se inicializan como entradas y salidas a cada uno de los terminales conectados.

Bucle Repetitivo

- Se declara las variables de latitud, longitud y diferencia que servirán para almacenar la distancia a la que se encuentra el bus previo a una parada de bus.
- Luego de leer el estado de los pulsadores, se identifica el pulsador de funcionamiento que este activo, entonces se enviará una señal al Arduino Esclavo donde el módulo DF Player enviará el respectivo mensaje de voz indicado de cada sistema.

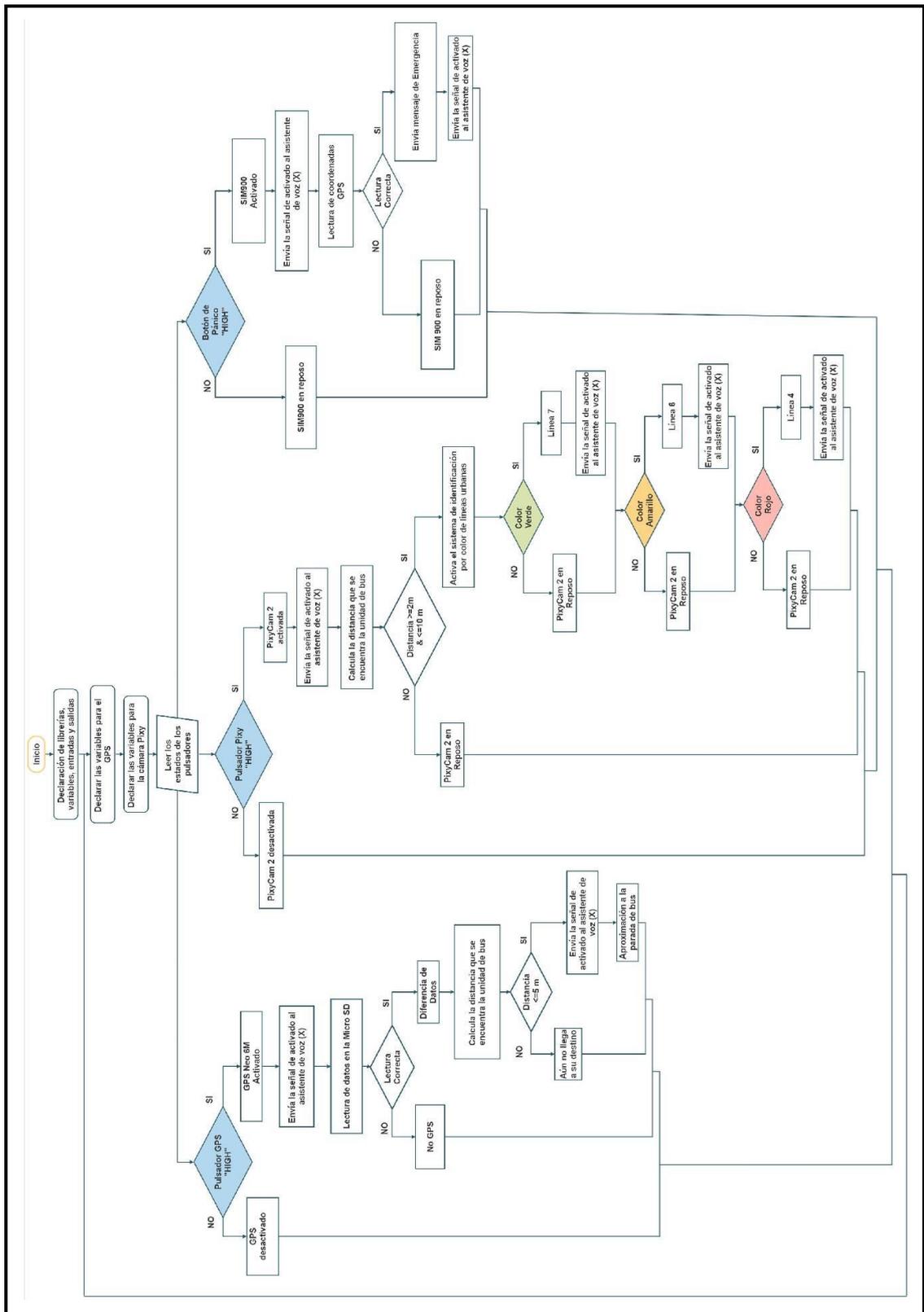


Figura 9-2: Diagrama de flujo GPS, PixyCam 2 y Mensaje de Emergencia.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

En la figura 10-2 se representa el diagrama de flujo del asistente de Voz que debe ser seguido para su respectivo desarrollo.

Inicialización

- Se define la librería <Wire.h>, necesaria para establecer la comunicación maestro-esclavo entre placas Arduino.
- Se declaran los terminales a los que va a estar conectado el módulo que forma parte de la placa esclavo que conforman el prototipo.
- Se inicializan como entradas y salidas a cada uno de los terminales conectados.

Bucle Repetitivo

- Se declara la variable X que representa un caso switch donde se seleccionará la pista de audio apropiada para cada sistema de la placa Maestro del prototipo.

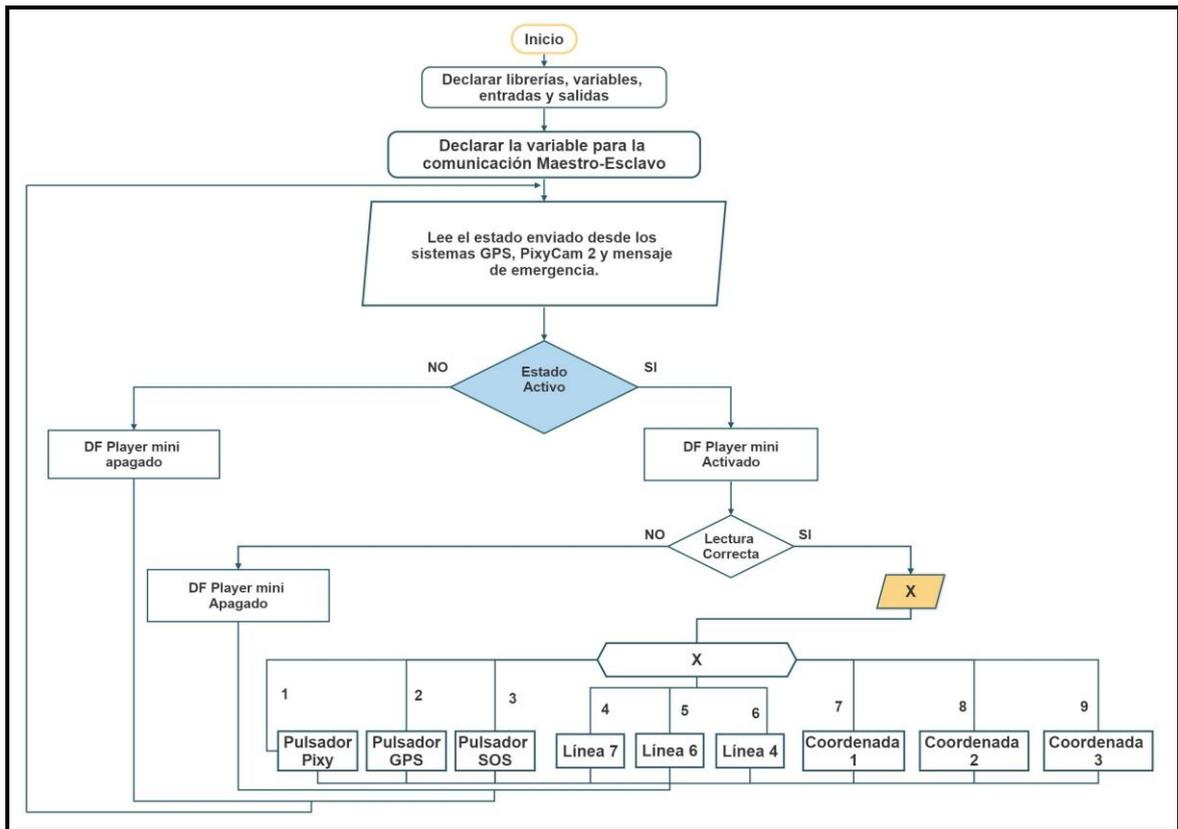


Figura 10-2: Diagrama de flujo del asistente de Voz.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021.

2.6. Etapa de detección de líneas de Buses Urbanos

En un recorrido de la ruta de un bus de servicio urbano de la ciudad de Riobamba, se realizó una aproximación de tiempo en una de las paradas desde que el bus se detiene para recoger a los pasajeros hasta que el bus emprende su salida. Se obtuvo un rango de valores entre 7 a 20 segundos, esto depende de la cantidad de personas que se encuentren en la parada, de las personas que se bajen del bus y del semáforo que coincida con la parada. Por lo tanto, el prototipo lo que requiere es de una respuesta rápida y precisa en lo que respecta a la detección de las líneas de buses, por lo que se tomó en cuenta el uso de dos métodos: Detección de líneas de buses con YOLO y detección de buses con PixyCam 2.

2.6.1. *Detección de líneas de buses con YOLO*

YOLO, es un algoritmo de detección de objetos que trabaja con redes neuronales convolucionales y Deep learning, se destaca de otras herramientas porque, como su nombre lo indica requiere “solo mirar una vez” la imagen, por lo tanto, logra rapidez al momento de la detección de objetos en tiempo real. Este algoritmo divide la imagen en celdas, para cada una de las regiones existe un número de bounding boxes, y calcula el nivel de probabilidad. Con estos niveles procede a eliminar aquellas regiones donde el nivel sea bajo o a la vez realizar la técnica denominada Supresión de No Máximos. El funcionamiento de este algoritmo se lo puede observar en la figura 11-2.

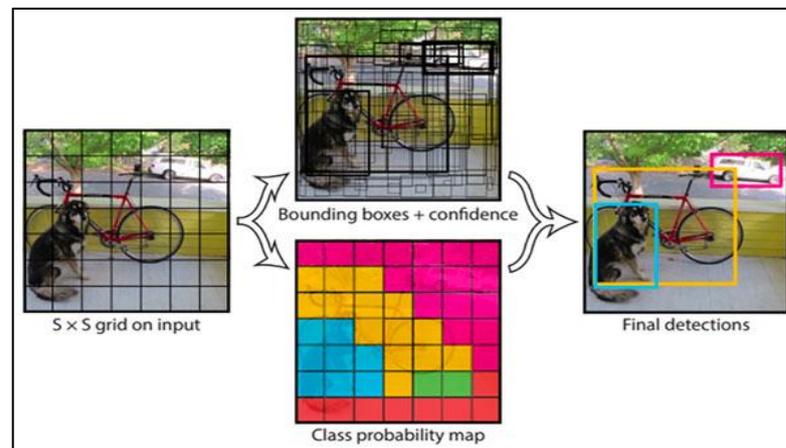


Figura 11-2: Funcionamiento del algoritmo Yolo

Fuente: <https://www.pyimagesearch.com/>

Existen diferentes versiones de YOLO, una de las versiones más recientes y conocidas es la denominada YOLO v3, la cual se utilizó en el presente trabajo.

2.6.1.1. YOLO v3

Esta versión de YOLO respecto a sus antecesoras, realiza predicciones a 3 escalas distintas lo que brinda poder detectar objetos de tamaño pequeño, lo que le hace perfecto para la detección de las líneas de buses. Además, lleva consigo una nueva red neuronal convolucional base llamada Darknet-53, formada por 53 capas convolucionales, la cual permite la extracción de las características de nuestras imágenes.

2.6.1.2. Creación de un entorno en Conda

Para la creación del ambiente en conda, se procede a instalar Anaconda en versión 3.8 para Windows. Es necesario crear un ambiente para obtener todas las paqueterías que se instalen para la interacción con Python. El ambiente se llama YoloCustom, el cual viene con la versión de Python 3.6 como se muestra en la figura 12-2.



```
Anaconda Prompt (anaconda3)
(base) C:\Users\david>conda create -n YoloCustom anaconda python=3.6
```

Figura 12-2: Creación del ambiente conda para python.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Después se instala algunas librerías como: numpy, matplotlib, tensorboard, pytorch, torchvision, cudatoolkit, entre otras, necesarias para la detección de objetos.

2.6.1.3. Preparar Dataset

Para entrenar las imágenes se debe tener una base de datos con las diferentes imágenes que contengan el objeto que se quiere detectar. Para el prototipo implementado es el número que identifica a cada línea de bus. Se almacenó 200 imágenes por cada dígito de la línea respectiva, para el caso se decidió detectar la línea 4,6 y 7, debido a que no se tiene una GPU muy avanzada, la cual es necesaria para poder entrenar una gran cantidad de imágenes. Es por esto que para este trabajo se tiene 3 diferentes clases de dígitos dando un total de 600 imágenes. Para el dataset de imágenes se utilizó la herramienta LabelImg, que sirve para la anotación de imágenes, y cuadros delimitadores de objetos que llevan su respectiva etiqueta con el fin de poder distinguir una clase de otra. En la figura 13-2, se muestra el etiquetado de las imágenes en la herramienta LabelImg.

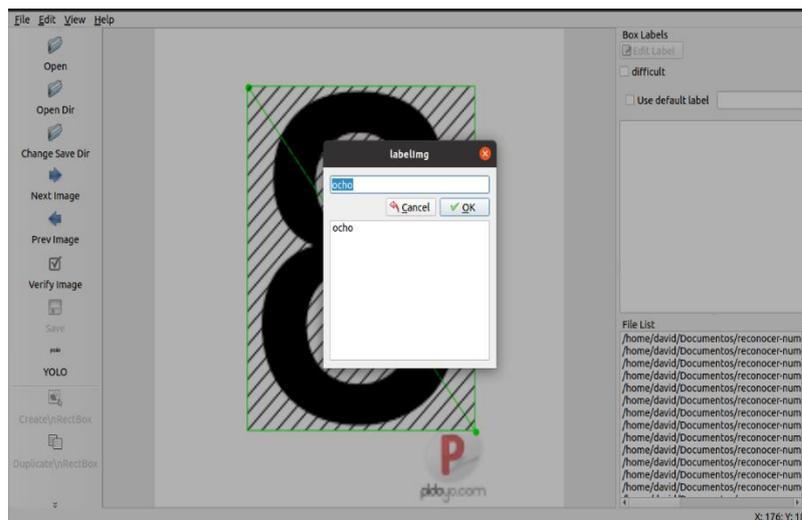


Figura 13-2: Etiquetado de las imágenes en la herramienta LabelImg.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

2.6.1.4. Entrenamiento de las imágenes

Para el entrenamiento del dataset de imágenes se generó un archivo cfg que contiene toda la información sobre la red neuronal convolucional para la detección de objetos. Se descargó los pesos del modelo YOLO. Como se muestra en la figura 14-2, esto proceso se denomina transfer

learning, es decir se reutiliza como punto de partida un modelo ya entrenado y se transfiere ese aprendizaje a otro modelo para poder realizar otra tarea.

```
cd weights
bash download_darknet.sh
cd ..
```

Figura 14-2. Descarga de los pesos del modelo YOLO.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Después se creó un archivo en OpenCV que contiene el código para el entrenamiento utilizando los pesos anteriormente descargados y así se inicia el entrenamiento con un número de 200 épocas.

2.6.1.5. Detención del objeto

Una vez realizado el entrenamiento, YOLOv3 realiza la detección de los números de forma precisa como se puede evidenciar en la figura 15-2.

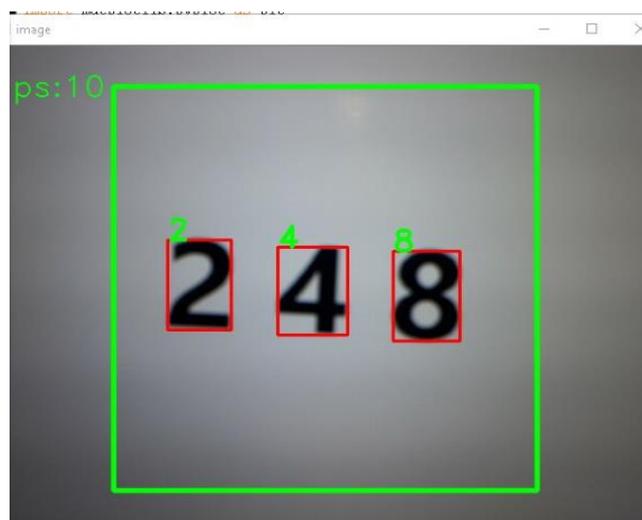


Figura 15-2: Detección de objetos con YOLOv3.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

2.6.2. *Detección de líneas de buses con PixyCam 2*

PixyCam 2 es una herramienta que permite mayor rapidez a la hora de detectar objetos ya que esta trabaja a 60 cuadros por segundo, cuenta con las siguientes características como se muestra en la tabla 5-2:

Tabla 5-2: Características de la PixyCam 2

Módulo	PIXYCAM 2
Tipo de lente:	M12
Procesador:	NXP LPC4330, 204 MHz, doble núcleo
Sensor de imagen:	Aptina MT9M114
Resolución	1296 × 976
Consumo de energía:	140 mA
RAM	264K bytes
Flash	2 M de bytes
Salidas de datos disponibles	UART, SPI, I2C, USB, digital, analógica
Velocidad de reloj	16 MHz
Peso	10 gramos
Tamaño	1.5 "x 1.65" x 0.6 "
Fuente de luz integrada	20 lúmenes

Fuente: <https://www.dfrobot.com/>.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Para la detección de la línea de bus mediante PixyCam 2, se realizó la instalación del programa PixiMon V2, que es de fácil descarga e instalación.

En la figura 16-2 se observa el funcionamiento de PixyCam 2 con una ejecución de 60 cuadros por segundo.

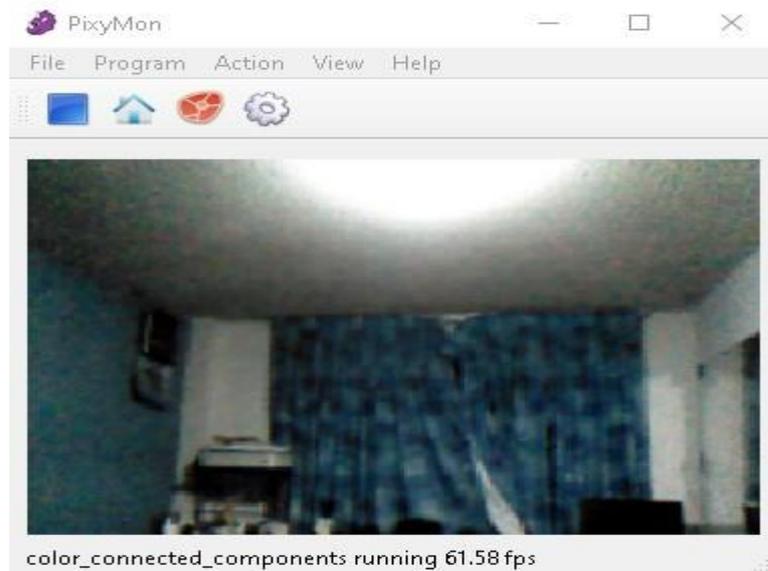


Figura 16-2: Funcionamiento de PixyCam 2.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Para etiquetar los objetos que se desee detectar, se dirige a “File-Configure”, donde se abre una ventana con diferentes opciones, se elige la opción “Signature Labels” y se procede a etiquetar el objeto, como se muestra en la figura 17-2.

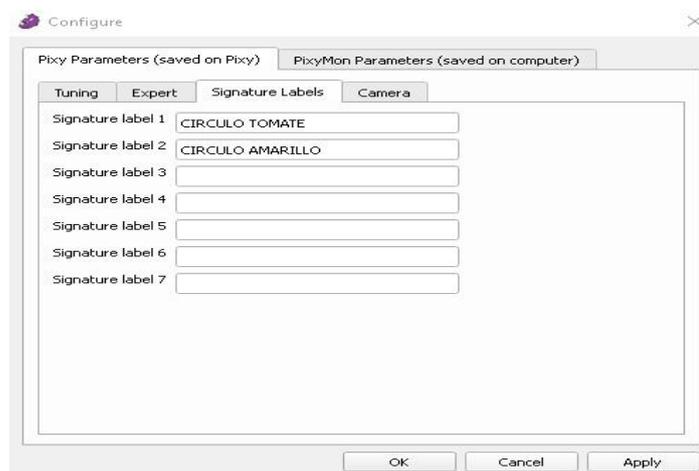


Figura 17-2: Etiquetar objetos por medio de PixyMon.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Existe dos formas de detectar objetos, la primera es con interfaz que proporciona PixyMon y la segunda en forma manual.

2.6.2.1. Detección de objetos mediante PixyMon

Una de las formas de entrenar a PixyCam 2, es manejando la interfaz de PixyMon. el primer paso es poner en frente a la cámara el objeto que se quiere detectar. Una vez colocado al objeto se dirige al botón “Action” y se elige la opción “Set signatura”. La ventana realiza una captura y se dibuja un recuadro en el objeto a reconocer, como se puede evidenciar en la figura 18-2.

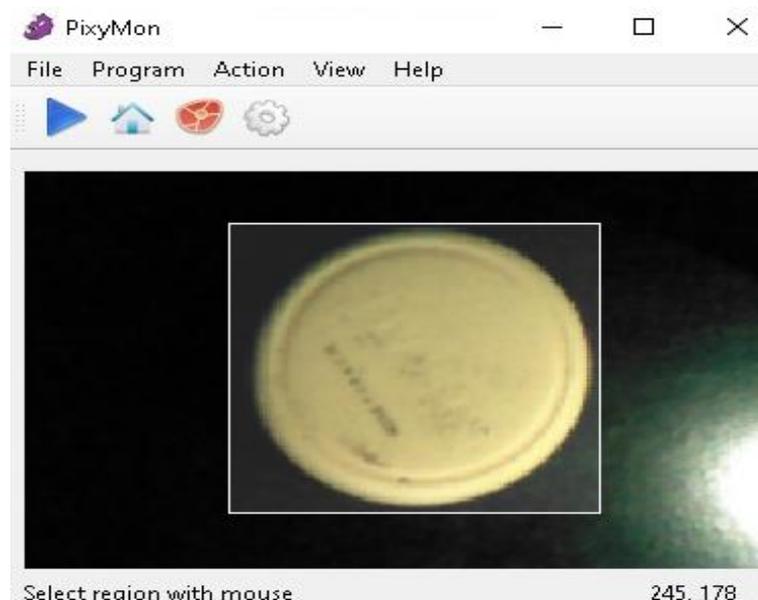


Figura 18-2: Entrenamiento de PixyCam 2 por medio de PixyMon.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

2.6.2.2. Detección de objetos manualmente

La segunda manera de entrenar a Pixy2, es de forma manual, puesto que este dispositivo cuenta con un botón en la parte superior que sirve para entrenar sin necesidad de estar conectado a una

computadora. Este botón se verifica su estado mediante un LED RGB, que muestra el estado en que se encuentra el entrenamiento. Cuando el LED parpadee, quiere decir que el dispositivo está inicializando, después de unos segundos se apaga lo que indica que está listo para el entrenamiento.

Una vez colocado el objeto en una posición adecuada, se mantiene pulsado el botón por un segundo, y el LED comienza a brillar en blanco manteniéndolo pulsado hasta que el indicador LED sea rojo. Después de unos segundos el LED empieza a brillar en el color que más se aproxime al objeto detectado. Por último, Pixy2, dibuja una cuadrícula que envuelve al objeto como se puede evidenciar en la figura 19-2 y se presiona por última vez el botón, para confirmar el reconocimiento del objeto.

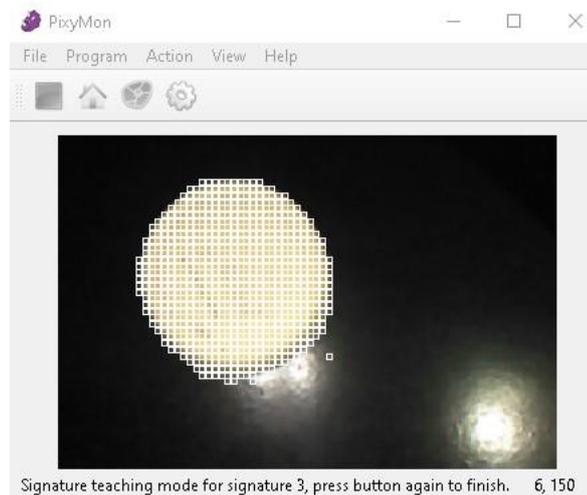


Figura 19-2: Entrenamiento de PixyCam 2.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Una vez realizado el entrenamiento, PixyCam 2 realiza la detección de objetos de forma adecuada como se puede evidenciar en la figura 20-2.

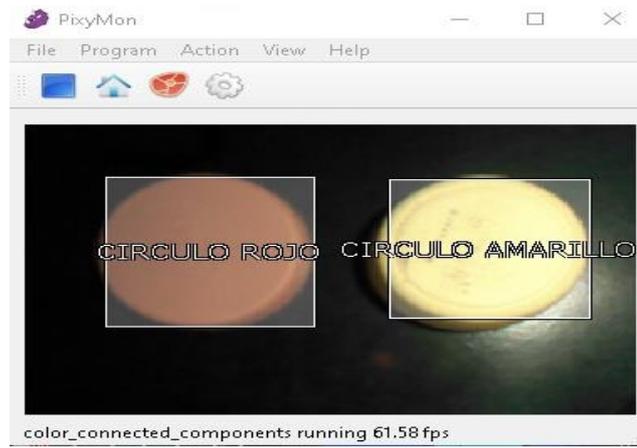


Figura 20-2: Detección de objetos PixyCam 2.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

CAPÍTULO III

3. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se detallan los resultados obtenidos de las pruebas desarrolladas en los diferentes sistemas que conforman el prototipo de reconocimiento y geolocalización de líneas urbanas de la ciudad de Riobamba utilizando visión artificial. Tomando en cuenta el hardware y software de los diferentes sistemas se verifica el funcionamiento del sistema de posicionamiento GPS, sistema asistente de voz, sistema de Reconocimiento de Imágenes y el sistema para Llamadas de Emergencia. En la figura 1-3 se observa el prototipo compacto terminado. Adicional se realiza un análisis de los costos del prototipo implementado.

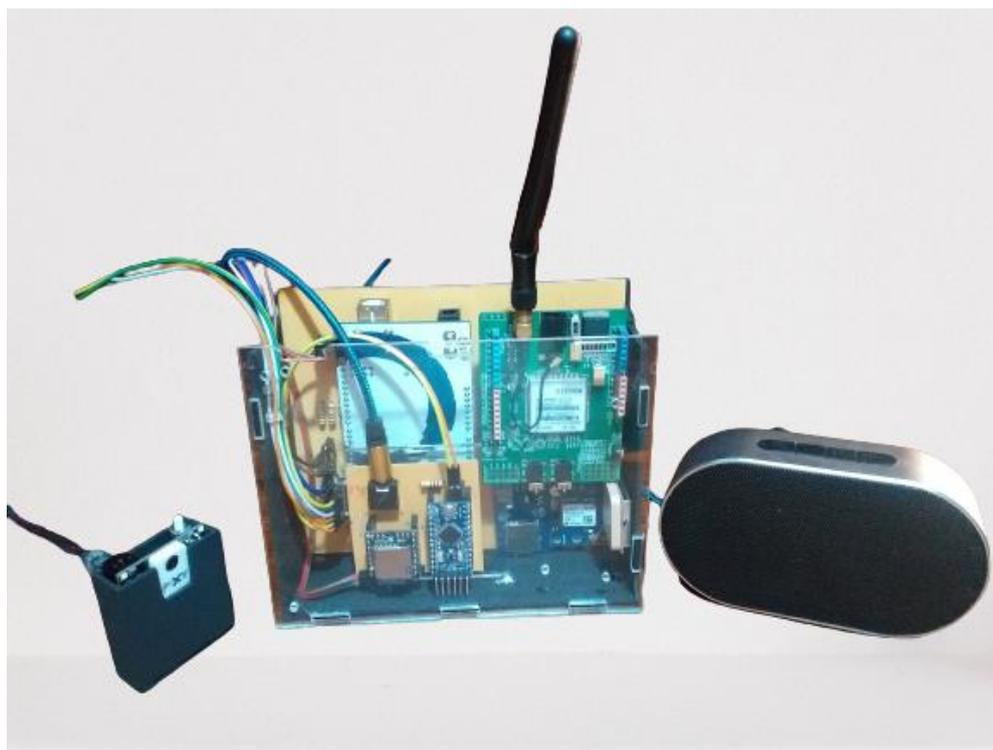


Figura 1-3: Prototipo Electrónico Terminado.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

3.1. Desarrollo del sistema de Posicionamiento GPS

Partiendo del análisis de funcionamiento del sistema de geolocalización satelital se realizó el desarrollo y definición de las rutas ejemplo para el prototipo electrónico.

3.1.1. Definición de rutas en Google Maps

En Google Maps se establecieron rutas ejemplo para las líneas de transporte urbano número 4 y 7 para poder obtener a través del mapeo sus coordenadas de posición con respecto a latitud y longitud que posteriormente serán colocadas en la tarjeta micro SD Card.

Para la línea 7 se tomó como primera coordenada la ex fábrica TUBASEC, como coordenada dos se colocó a la empresa INPAPEL ubicada en el Parque Industrial y como tercera coordenada se tomó al Liceo Policial de Chimborazo como se puede observar en la figura 2-3. La distancia total del primer recorrido fue de 5,1 Km con una duración aproximada de 25 minutos distribuidas en 3 paradas y un punto de partida.

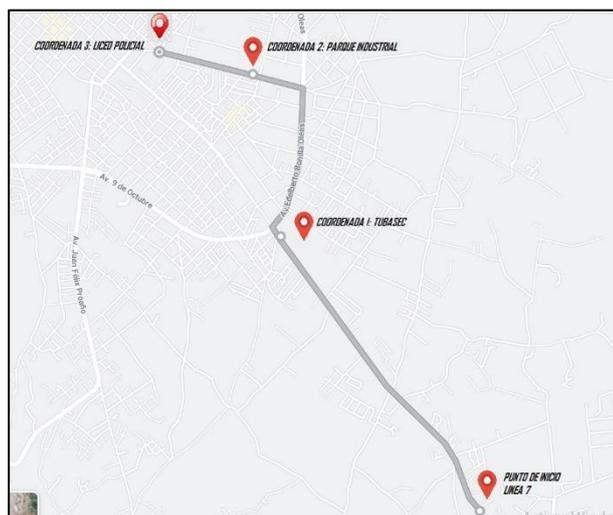


Figura 2-3: Ruta Línea 7.

Fuente: <https://www.google.com.ec/maps>.

Para la línea 4 se tomó como primera coordenada la Media Luna, como coordenada dos se colocó a la ESPOCH y como tercera coordenada se tomó al Redondel del Libro como se puede observar en la figura 3-3. La distancia total del segundo recorrido fue de 4,4 Km con una duración aproximada de 20 minutos distribuidas en 3 paradas y un punto de partida.

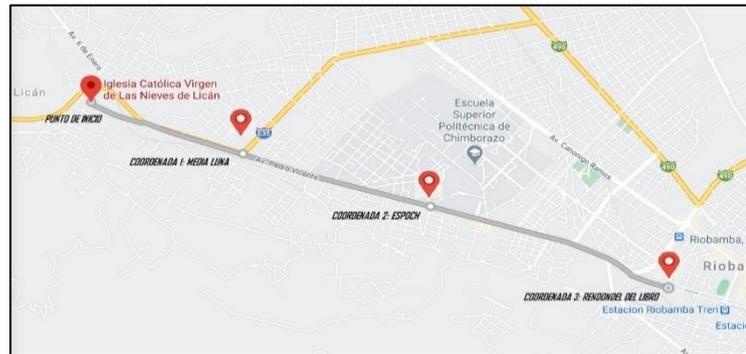


Figura 3-3: Ruta Línea 4.

Fuente: <https://www.google.com.ec/maps>.

Se tomaron en cuenta dos líneas ya que por efectos de la pandemia los transportistas de otras líneas de bus no accedieron al pedido para poder realizar dichas pruebas de posicionamiento GPS en tiempo real.

3.1.2. *Rutas predefinidas para la micro SD Card*

Para la toma de rutas se procedió a guardar 6 coordenadas GPS de ejemplo distribuidas en dos líneas urbanas, las cuales son: [16789.39: 786376.12] [16803.11: 786322.68] [16900.29: 786315.50] para la *LÍNEA 7* y [16553.36: 786969.00] [16611.19: 786781.12] [16649.82: 786677.00] para la *LÍNEA 4* respectivamente como se muestra en la figura 4-3.



Figura 4-3: Rutas predefinidas guardadas en la micro SD Card.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Al momento de guardar las coordenadas en la micro SD Card se debe cerciorar que el almacenamiento sea correcto sin dejar las coordenadas con espacios en blanco ya que el programa puede asumir esto como caracteres que pueden provocar errores en el arranque y lectura de datos. Asegurarse que el documento guardado tenga la extensión .txt.

3.1.3. *Diferencia de Lecturas*

El GPS Neo 6M envía las coordenadas de ubicación del transporte, en el programa IDE se da lectura a las coordenadas, pero con valores negativos propios de los sistemas de posicionamiento GPS que van desde -360 a 360, por ende, se debe multiplicar por 10000 y por -1 para que la resta con las coordenadas seteadas en la micro SD Card sean leídas de manera fácil y su resultado sea positivo.

Por ser una unidad de transporte en donde se efectúa el posicionamiento GPS no presentará problemas a la hora de tomar las coordenadas, pero no está por demás decir que dicho GPS debe ser ubicado en lugares no cerrados para que él envío de lectura se realice con mejor efectividad.

El Arduino Mega2560 al obtener las coordenadas enviadas por el módulo GPS Neo 6M procede a realizar la diferencia entre los valores previamente almacenados en la micro SD Card, si la diferencia es igual a la establecida en la programación se procede a enviar bits de datos que serán procesados por el Arduino Pro Mini configurado en modo esclavo y que en conjunto con el módulo DF Player mini. Las diferencias de valores obtenidas de las variables: dif1, dif2, dif3, dif4, dif5 y dif6 tanto en latitud y longitud de cada coordenada determina la trayectoria del bus en una ruta de línea y antes de llegar a la parada establecida emite un mensaje de voz a la persona no vidente alertando de su llegada, como se muestra en la figura 5-3.



```
COM3
16809.00
786392.00
dif1
2.96
dif2
-0.56
dif3
-65.92
dif4
55.81
dif5
-99.58
dif6
94.44
LLego al Comando de la policia
antes de calcular
```

The screenshot shows a serial monitor window titled 'COM3'. The output text is as follows: 16809.00, 786392.00, dif1, 2.96, dif2, -0.56, dif3, -65.92, dif4, 55.81, dif5, -99.58, dif6, 94.44, LLego al Comando de la policia, and antes de calcular. The window includes standard window controls (minimize, maximize, close) and a serial monitor interface with an 'Enviar' button, a scroll bar, and a status bar at the bottom with options for 'Autoscroll', 'Mostrar marca temporal', 'Nueva línea', '9600 baudio', and 'Limpiar salida'.

Figura 5-3: Diferencia de coordenadas entre Neo 6M y micro SD Card (dif1..dif6).

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

De las pruebas realizadas se procedió a colocar un rango de diferencia 3 metros para obtener las posiciones ejemplo durante el trayecto de la *línea 4* lo que arrojó 2 de 3 resultados positivos lo que refleja un rendimiento bueno del GPS Neo 6M, pero no eficiente a la hora de la recolección de datos. Ver tabla 1-3.

Tabla 1-3: Resultados con las Primeras coordenadas predefinidas.

Línea 4	GPS Neo 6M		Micro Sd Card		Diferencia 3 m		Envío de Datos	
	Paradas	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	SI
1	16787.39	786376.12	16789.39	786376.12	2	0	x	
2	16803.11	786322.68	16803.11	786322.68	0	1	x	
3	16900.29	786318.50	16900.29	786315.50	0	3		x

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Para el siguiente recorrido se optó por colocar una diferencia de 5 metros en el trayecto del bus de la línea 7 donde se obtuvieron 3 de 3 resultados positivos durante el envío de datos lo que refleja un rendimiento óptimo del módulo GPS Neo 6M a la hora de la recolección de datos. Ver tabla 2-3

Tabla 2-3: Resultados con las Segundas coordenadas predefinidas.

Línea 7	GPS Neo 6M		Micro Sd Card		Diferencia 5 m		Envío de Datos	
	Paradas	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	SI
1	16787.39	786376.12	16789.39	786376.12	0	0	x	
2	16803.11	786322.68	16803.11	786322.68	2	0	x	
3	16900.29	786318.50	16900.29	786315.50	0	1	x	

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

La colocación de diferencias se realiza para obtener un margen de distancia prudente para que la persona no vidente pueda proceder a moverse hacia la salida de la unidad en cualquier parada del recorrido de las líneas urbanas en la ciudad de Riobamba.

3.2. Desarrollo del sistema de reconocimiento de líneas de buses

Para el desarrollo de un sistema que identifique las líneas de buses se realizaron las pruebas correspondientes en tiempo real, realizamos pruebas de distancias, precisión y fluidez de cada una de las etapas propuestas a continuación.

3.2.1. *Pruebas de la distancia de detección de Líneas de buses.*

Se realizó tres etapas de reconocimiento con el fin de buscar fluidez y precisión a la hora de la detección de las líneas de buses que circulan por la ciudad de Riobamba. Se procedió a ir a la inmaculada y a la parroquia Licán, donde termina el recorrido de buses de las líneas 4, 6 y 7, con el fin de que los señores que manejan el transporte público nos permitan realizar las respectivas pruebas y nos brinden la posibilidad de poder colocar un identificativo en la parte frontal del bus para una de las etapas del reconocimiento.

En La primera etapa se realizó la detección de las etiquetas propias de cada bus que se encuentran en la parte frontal de esté, la prueba se realizó con la PixyCam 2. En la segunda etapa se realizó la detección de los identificadores pegados en los buses con el respectivo permiso de los señores transportistas. Por último, se realizó la detección de los números que identifican cada bus mediante YOLO v3.

Las primeras pruebas se realizaron en una distancia de 2 m hasta los 10 m, con el fin de conocer a que distancia el dispositivo reconoce el objeto sin dificultades. Un factor importante en las pruebas fue la iluminación, debido a esto se realizaron las pruebas en un día soleado y un día nublado para ver cómo reacciona el dispositivo en diferentes entornos como se muestra en la tabla 3-3 y 4-3.

Tabla 3-3: Resultados de detección realizadas a distintas distancias del bus en un día nublado.

	Línea 4						Línea 6						Línea 7					
	2m	4m	6m	8m	10m	12 m	2m	4m	6m	8m	10m	12 m	2m	4m	6m	8m	10m	12m
Etapa 1	X	X					X	X					X	X	X			
Etapa 2	X	X	X	X			X	X	X	X			X	X	X	X		

Etapa 3	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
----------------	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	--	---	---	---	---	---	--

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Tabla 4-3: Resultados de detección realizadas a distintas distancias del bus en un día soleado.

	Línea 4						Línea 6						Línea 7					
	2m	4m	6m	8m	10m	12m	2m	4m	6m	8m	10m	12m	2m	4m	6m	8m	10m	12m
Etapa 1	X	X	X				X	X	X				X	X	X			
Etapa 2	X	X	X	X			X	X	X	X			X	X	X	X		
Etapa 3	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

3.2.2. Matriz de confusión de detección de Líneas de buses.

Se realizó una matriz de confusión para las líneas 4,6 y 7, con el fin de determinar la precisión del dispositivo para detectar la línea de bus. El resultado dependerá de las configuraciones realizadas a cada etapa para conseguir una buena identificación y así poder brindar seguridad a la persona no vidente.

En la figura 6-3, 7-3 y 8-3, se muestra las pruebas realizadas para la detección de las líneas de buses 4,6 y 7 en la etapa 1.

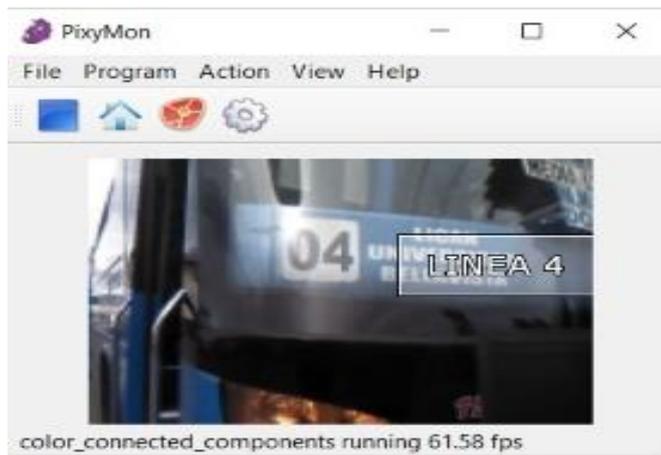


Figura 6-3: Detección positiva de la línea 4 en la etapa1.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021



Figura 7-3: Detección positiva de la línea 6 en la etapa1.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021



Figura 8-3: Detección positiva de la línea 7 en la etapa1.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Como se puede observar en la tabla 5-3, se muestran los resultados de la detección de las líneas de buses 4,6 y 7 en la etapa 1. Se realizaron 5 muestras para cada distancia del bus con respecto a la cámara y en las tablas 6-3, 7-3, y 8-3 se puede evidencia las matrices de confusión para cada una de las líneas descritas anteriormente.

Tabla 5-3: Resultados de detección en la etapa 1 realizadas a distintas distancias del bus.

FPS=60	Línea 4				Línea 6				Línea 7			
	VP	VN	FP	FN	VP	VN	FP	FN	VP	VN	FP	FN
1m	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
2m	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
3m	4	1	1	0	4	1	1	0	5	0	0	0
4m	4	1	1	0	4	1	1	0	4	1	1	0

5m	3	2	2	0	3	2	2	0	4	1	1	0
6m	2	3	2	1	2	3	2	1	4	1	1	0
TOTAL	23	7	6	1	23	7	6	0	27	3	3	0

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021.

Donde:

VP= Verdadero Positivo

VN= Verdadero Negativo

FP= Falso Positivo

FN= Falso Negativo

Tabla 6-3: Matriz de confusión para la línea 4 en la etapa 1.

MATRIZ CONFUSIÓN LÍNEA 4		Predicción	
		Positivos	Negativos
Valor real	Positivos	23	1
	Negativos	6	7

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Tabla 7-3: Matriz de confusión para la línea 6 en la etapa 1.

MATRIZ CONFUSIÓN LÍNEA 6		Predicción	
		Positivos	Negativos
Valor real	Positivos	23	1
	Negativos	6	7

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Tabla 8-3: Matriz de confusión para la línea 7 en la etapa 1.

MATRIZ CONFUSIÓN LÍNEA 7		Predicción	
		Positivos	Negativos
Valor real	Positivos	27	0
	Negativos	3	3

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Para determinar la precisión de cada una de las matrices de confusión se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 1-3. Precisión de las líneas de buses en la etapa 1.

$$Precisión = \frac{Vp}{(Vp + Fp)} \times 100\%$$

Donde:

VP= Verdadero Positivo

FP= Falso Positivo

$$Precisión_{línea4} = \left(\frac{23}{23+6}\right) * (100\%)$$

$$Precisión_{línea6} = \left(\frac{23}{23+6}\right) * (100\%)$$

$$Precisión_{línea4} = 79,31\%$$

$$Precisión_{línea6} = 79,31\%$$

$$Precisión_{línea7} = \left(\frac{27}{27+3}\right) * (100\%)$$

$$Precisión_{línea7} = 90\%$$

El porcentaje de la línea 7 es mejor en relación a los porcentajes obtenidos de la línea 4 y 6 debido a que la etiqueta propia del bus tiene un color distinto al color de la unidad.

En la figura 9-3, 10-3 y 11-3, se muestra las pruebas realizadas para la detección de las líneas de buses 4,6 y7 en la etapa 2.

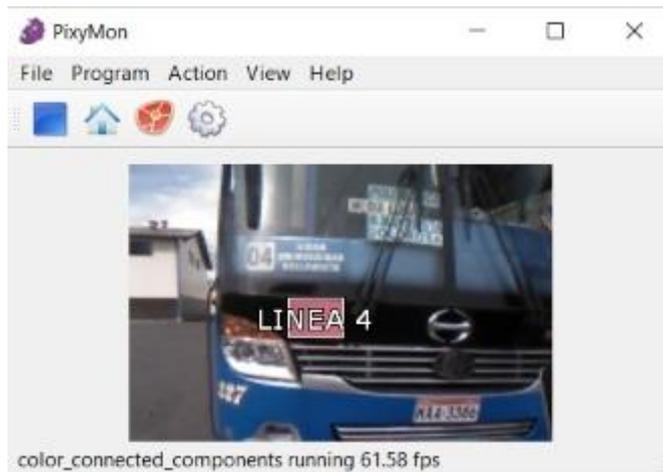


Figura 9-3: Detección positiva de la línea 4 en la etapa2.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

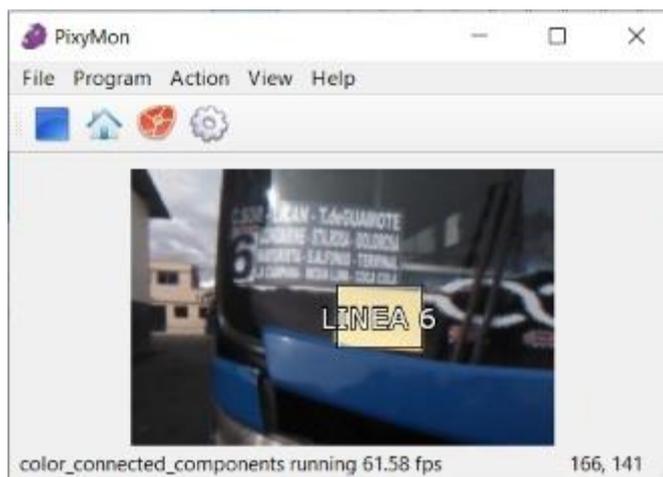


Figura 10-3: Detección positiva de la línea 6 en la etapa2.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

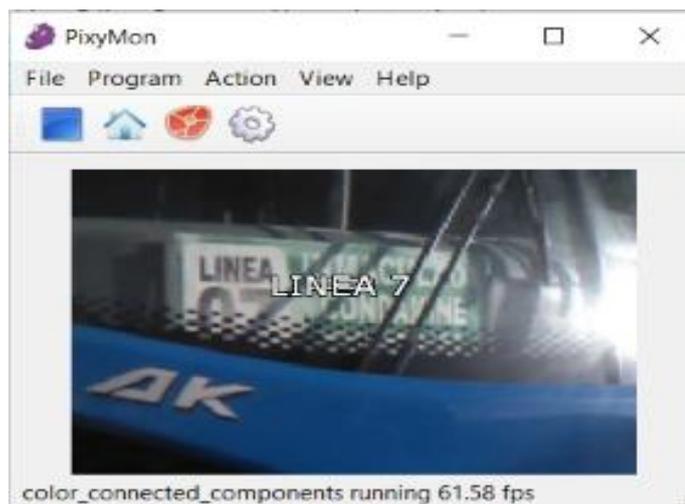


Figura 11-3: Detección positiva de la línea 7 en la etapa2.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Como se puede observar en la tabla 9-3, se muestran los resultados de la detección de las líneas de buses 4,6 y 7 en la etapa 2 para la cual se realizaron 5 muestras por cada distancia del bus con respecto a la cámara y en las tablas 10-3, 11-3, y 12-3 se puede evidencia las matrices de confusión para cada una de las líneas descritas anteriormente.

Tabla 9-3: Resultados de detección en la etapa 2 realizadas a distintas distancias del bus.

FPS=60	Línea 4 (Identificador rojo)				Línea 6 (Identificador amarillo)				Línea 7 (Identificador verde)			
	VP	VN	FP	FN	VP	VN	FP	FN	VP	VN	FP	FN
1m	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
2m	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
3m	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
4m	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0

5m	5	0	0	0	4	1	1	0	4	1	1	0
6m	4	1	1	0	4	1	1	0	4	1	1	0
7m	4	1	1	0	4	1	0	1	4	1	1	0
8m	4	1	0	1	3	2	2	0	4	1	0	1
TOTAL	37	3	2	1	35	5	4	1	36	5	3	1

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Donde:

VP= Verdadero Positivo

VN= Verdadero Negativo

FP= Falso Positivo

FN= Falso Negativo

Tabla 10-3: Matriz de confusión para la línea 4 en la etapa 2.

MATRIZ CONFUSIÓN LÍNEA 4		Predicción	
		Positivos	Negativos
Valor real	Positivos	37	2
	Negativos	2	3

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Tabla 11-3: Matriz de confusión para la línea 6 en la etapa 2.

MATRIZ CONFUSIÓN LÍNEA 6		Predicción	
		Positivos	Negativos
Valor real	Positivos	35	1
	Negativos	4	5

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Tabla 12-3: Matriz de confusión para la línea 7 en la etapa 2.

MATRIZ CONFUSIÓN LÍNEA 7		Predicción	
		Positivos	Negativos
Valor real	Positivos	36	1
	Negativos	3	4

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Para determinar la precisión de cada una de las matrices de confusión se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 2-3. Precisión de las líneas de buses en la etapa 2.

$$Precisión = \frac{Vp}{(Vp + Fp)} \times 100\%$$

Donde:

VP= Verdadero Positivo

FP= Falso Positivo

$$Precisión_{línea4} = \left(\frac{37}{37+2} \right) * (100\%)$$

$$Precisión_{línea6} = \left(\frac{35}{35+4} \right) * (100\%)$$

$$Precisión_{línea4} = 94,87\%$$

$$Precisión_{línea6} = 89,74\%$$

$$Precisión_{línea7} = \left(\frac{36}{36+3} \right) * (100\%)$$

$$Precisión_{línea7} = 92,30\%$$

Del análisis realizado en la etapa 2 se puede determinar el aumento de porcentaje en cada una de las líneas debido a que se obtuvo un mejor mapeo de imagen al ser colocado un distintivo de color que identifique a cada línea de bus.

Los resultados de la detección de las líneas de buses 4,6 y 7 en la etapa 3 se muestran en la tabla 13-3, se realizaron estas pruebas con 5 muestras para cada distancia del bus con respecto a la

cámara y en las tablas 14-3, 15-3, y 16-3 se puede evidencia las matrices de confusión para cada una de las líneas descritas anteriormente.

Tabla 13-3: Resultados de detección en la etapa 3 realizadas a distintas distancias del bus.

FPS=15	Número 4				Número 6				Número 7			
	VP	VN	FP	FN	VP	VN	FP	FN	VP	VN	FP	FN
1m	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
2m	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
3m	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
4m	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
5m	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
6m	5	0	0	0	5	0	0	0	4	1	1	0
7m	4	1	1	0	5	0	0	0	4	1	1	0
8m	4	1	1	0	4	1	1	0	4	1	1	1
TOTAL	38	2	2	0	39	1	1	0	37	3	3	0

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Donde:

VP= Verdadero Positivo

VN= Verdadero Negativo

FP= Falso Positivo

FN= Falso Negativo

Tabla 14-3: Matriz de confusión para la línea 4 en la etapa 3.

MATRIZ CONFUSIÓN LÍNEA 4		Predicción	
		Positivos	Negativos
Valor real	Positivos	38	0
	Negativos	2	2

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Tabla 15-3: Matriz de confusión para la línea 6 en la etapa 3.

MATRIZ CONFUSIÓN LÍNEA 6		Predicción	
		Positivos	Negativos
Valor real	Positivos	39	0
	Negativos	1	1

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Tabla 16-3: Matriz de confusión para la línea 7 en la etapa 3.

MATRIZ CONFUSIÓN LÍNEA 7		Predicción	
		Positivos	Negativos
Valor real	Positivos	37	0
	Negativos	3	3

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Para determinar la precisión de cada una de las matrices de confusión se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 3-3. Precisión de las líneas de buses en la etapa 3.

$$Precisión = \frac{Vp}{(Vp + Fp)} \times 100\%$$

Donde:

VP= Verdadero Positivo

FP= Falso Positivo

$$Presición_{línea4} = \left(\frac{38}{38+2} \right) * (100\%)$$

$$Presición_{línea4} = 95\%$$

$$Presición_{línea6} = \left(\frac{39}{39+1} \right) * (100\%)$$

$$Presición_{línea6} = 97,5\%$$

$$Presición_{línea7} = \left(\frac{37}{37+3} \right) * (100\%)$$

$$Presición_{línea7} = 92,50\%$$

Del análisis realizado en la etapa 3 se puede determinar el aumento de porcentaje en cada una de las líneas debido a que se realizó una extensa adquisición de imágenes que fueron entrenadas por 300 épocas para que el dispositivo pueda identificar de manera correcta la línea de bus.

Tabla 17-3: Resumen de resultados.

ETAPA	FRAMES	BUS	PRECISIÓN (%)
ETAPA 1	60	LINEA 4	79,31
		LINEA 6	79,31
		LINEA 7	90,00
ETAPA 2	60	LINEA 4	94,87
		LINEA 6	89,74
		LINEA 7	92,30
ETAPA 3	15	LINEA 4	95,00
		LINEA 6	97,50
		LINEA 7	92,50
PROMEDIO			90,06

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

El porcentaje de precisión para nuestro sistema dependerá de la etapa que se aplique al sistema, el tipo de iluminación, la distancia del dispositivo respecto al objeto y el ángulo de visión. Como se puede evidenciar en la tabla 17-3, se muestra el resumen de los resultados de precisión obtenidos anteriormente.

3.3. Desarrollo del sistema Asistente de Voz

La construcción del sistema de voz involucró tres partes las cuales fueron: el módulo DFPlayer mini, el Arduino Mega2560 y el Arduino Pro mini, siendo estos dos últimos conectados mediante la comunicación Maestro-Esclavo.

3.3.1. *Conexión Maestro-Esclavo entre el Arduino Mega2560 y el Pro Mini*

Para establecer la comunicación entre dos placas Arduino simplemente se debe hacer el uso del protocolo de comunicación I2C propio de Arduino donde usa dos cables, un (SDA) para envío de datos y un (SCL) para reloj razón por la cual se envían datos por el mismo cable y es controlado por la placa maestro. En la figura 12-3 se puede observar la comunicación entre maestro-esclavo del Arduino MEGA 2560 y Arduino Pro Mini. Todo esto se lo realiza mediante direccionamiento, en el IDE de Arduino se utiliza la librería *wire.h* para realizar la interacción entre ambas placas.

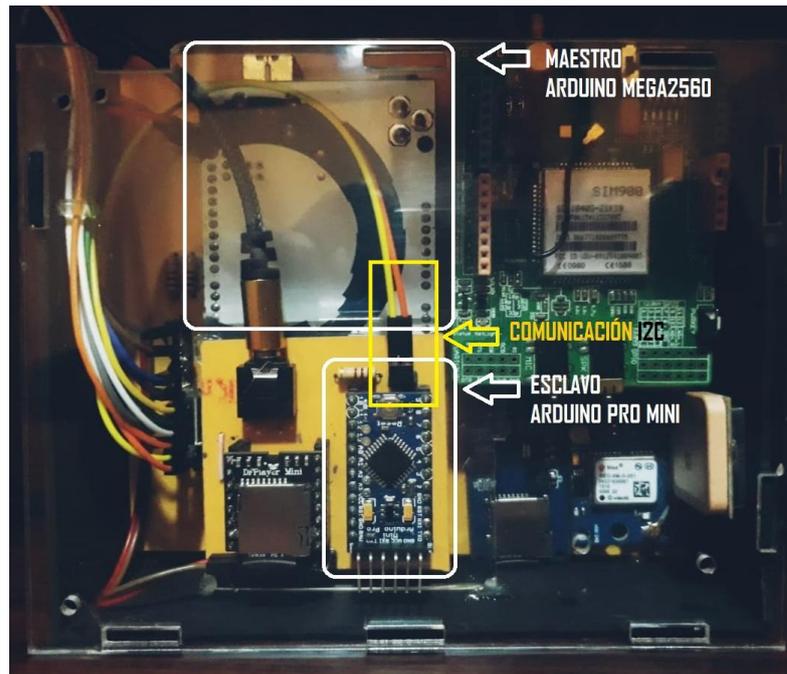


Figura 12-3: Comunicación I2C Maestro-Eslavo.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

3.3.2. *Configuración de Voz en el módulo DF Player Mini*

Para la comunicación de voz se utilizaron pistas en formato mp3 grabadas previamente desde una aplicación de narración de voz con fácil descarga disponible en la Play Store de Android. Para poder almacenar la pista en el módulo se debe tener en cuenta el nombre y formato para que el lector micro SD del DF Player Mini pueda replicar la pista de una forma ordenada y clara. El formato debe constar con una numeración de cuatro dígitos en orden según el número de pistas a ser colocadas en la tarjeta micro SD como se muestra en la figura 13-3.

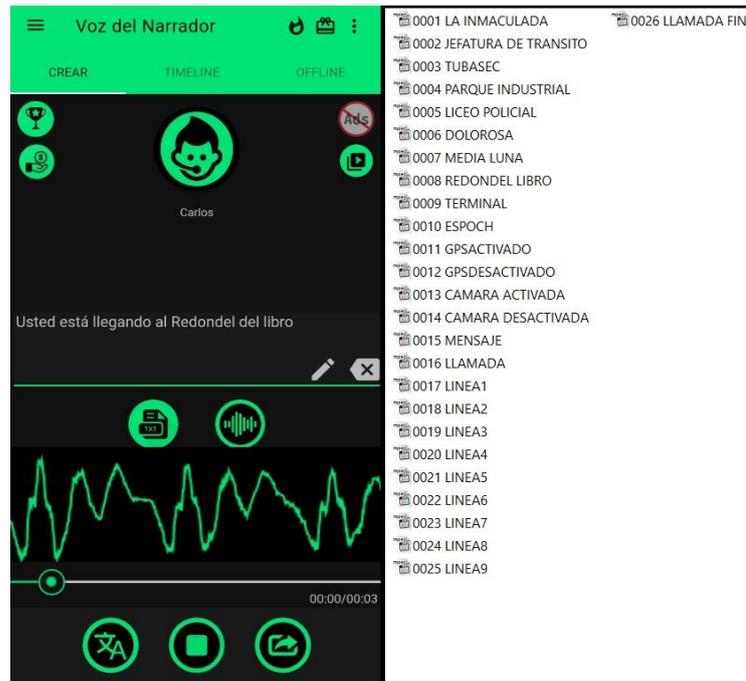


Figura 13-3: App Voz del Narrador y Formato pistas mp3.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Una vez almacenadas las pistas en la tarjeta micro SD el DF Player Mini está listo para recibir los datos captados por el Arduino Pro mini configurado en modo Esclavo cuando la placa Arduino Mega2560 envíe datos del posicionamiento GPS al ser activado o cuando la PixyCam 2 sea seleccionada, también cuando se realiza la llamada de emergencia o se envía un mensaje. Al momento de recibir la señal el módulo DF Player Mini enciende su led de *Busy* el cual indica la reproducción de un mensaje de voz específico como se puede observar en la figura 14-3. Adicional a esto se colocaron pulsadores guía para que la persona no vidente pueda distinguir y elegir el sistema que necesite ya sea al momento de encontrarse en una parada de bus o en la ruta de la línea, cabe indicar que el botón de pánico estará activo desde que se enciende el prototipo por lo que la persona no vidente podrá enviar un mensaje de emergencia en cualquier momento.

A la hora de pulsar cualquier botón el no vidente de igual manera escuchará un mensaje de voz indicado que sistema está activando.

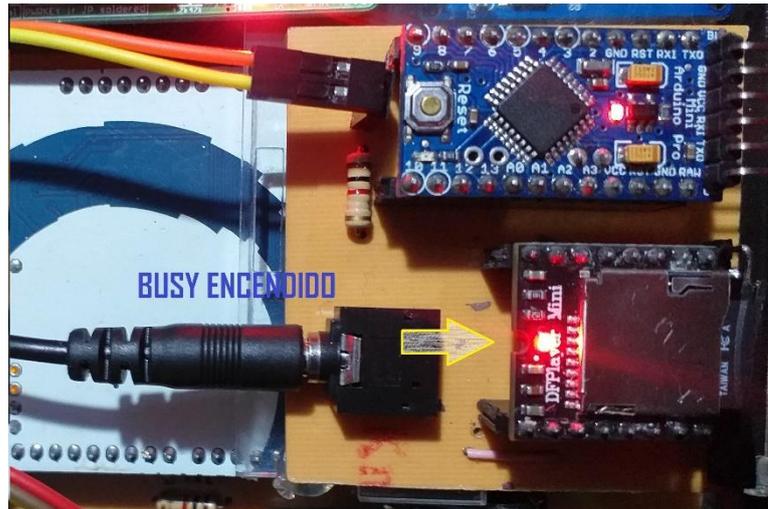


Figura 14-3: Busy del DF Player mini en funcionamiento.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

3.4. Desarrollo del sistema de Emergencia Recepción de mensaje y Llamada

Para la recepción de mensaje y llamada por parte de un tutor a cargo de la persona no vidente, la mochila cuenta con un botón de emergencia en caso de que la persona no vidente por alguna circunstancia sienta que no se encuentra en el lugar de destino. Para lo cual mediante el módulo GSM SIM900, se procedió a enviar la localización de la persona como se muestra en la figura 15-3 (izquierda) y realizar la llamada de emergencia a la persona voluntaria como se puede observar en la figura 15-3 (derecha).

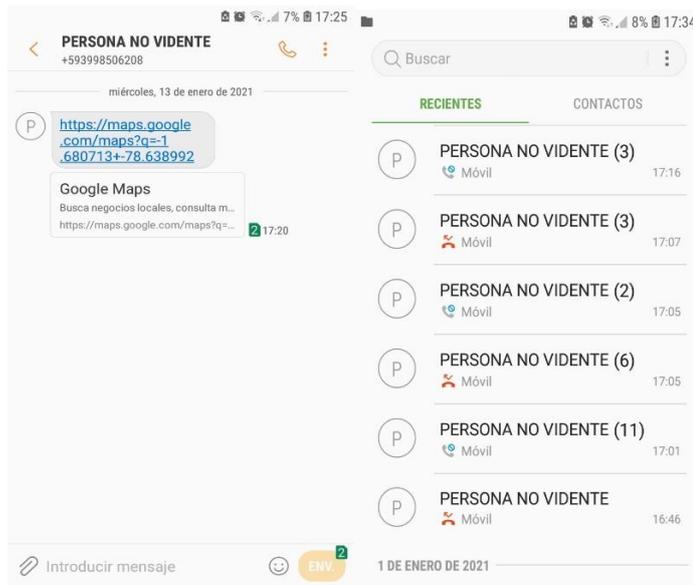


Figura 15-3: Recepción de mensaje y llamada /celular del tutor a cargo.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

Si el tutor de la persona no vidente abre el mensaje, se encuentra con un enlace que contiene las coordenadas de la persona con discapacidad visual, si entra a este enlace le dirige a Google Maps para conocer la ubicación exacta como se puede evidenciar en la figura 16-3, para esto el tutor deberá contar con datos móviles y la persona no vidente deberá tener activado el GPS.

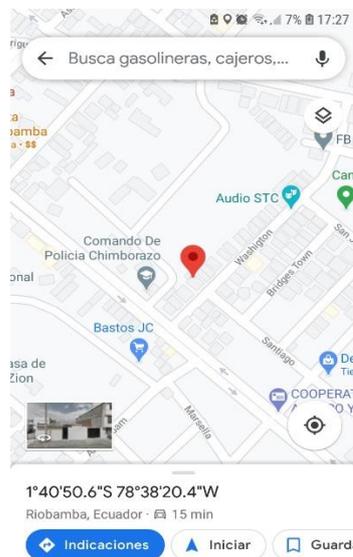


Figura 16-3: ubicación GPS de la persona no vidente.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

3.5. Consumo de corriente del prototipo

El propósito de esta investigación fue determinar el tiempo de duración que puede mantener la batería del prototipo al someterse a un funcionamiento continuo. Para el cálculo de la capacidad teórica con respecto a la carga de la batería y su consumo dado por (miliamperios-hora) se definió mediante la fórmula 4-3 (Nisfe, 2014).

$$Cd = \frac{Cb}{Cc} \quad \text{Fórmula 4-3}$$

Donde:

Cd= Capacidad de duración en horas

Cb=Capacidad de la batería en mAh

Cc= Corriente total en mA

En la tabla 18-3 se desglosan los resultados obtenidos mediante la corriente de operación de los 4 sistemas que conforman el prototipo conectado a una Power Bank de 3400 mAh. A todos los sistemas se le sumo el consumo total del Arduino Mega2560 al ser la placa que alimenta el prototipo electrónico.

Tabla 18-3: Consumo de corriente del prototipo

SISTEMA	MÓDULO	CORRIENTE DE OPERACIÓN
Sistema de localización GPS	GPS Ublox NEO-6M	37mA
	MicroSD Card Adapter	80 mA
	Tiempo de duración:	16 horas
Sistema para asistencia de voz	Dfplayer (DF0299)	20mA
	Arduino Pro Mini	40mA
	Tiempo de duración:	22.20 horas
	Pixy 2 CMUCam 5	140mA

Sistema de reconocimiento de imágenes	Tiempo de duración:	14.59 horas
Sistema para llamada de emergencia	GSM SIM900	216 mA
	Tiempo de duración:	11 horas
	Arduino Mega2560	93 mA

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

De la tabla 18-3, se obtiene que la duración de carga promedio de los 4 sistemas que componen el prototipo es de 15.94 horas de duración, lo que concluye que el prototipo implementado obtiene un trabajo independiente continuo de aproximadamente 16 horas lo que indica que se encuentra acorde los requerimientos de funcionamiento con equipos similares.

En adición se realizó un análisis de carga y descarga de la Power Bank obteniendo como resultado una duración de carga aproximada de 9 horas conectado a un cargador con corriente de carga de 1 A usado comúnmente. Se debe tener en cuenta que, cuando la batería llega a niveles bajos de energía el prototipo podría llegar a presentar fallos.

3.6. Funcionamiento del Prototipo

Las pruebas de campo se realizaron con el objetivo de validar el funcionamiento del prototipo en conjunto con los sistemas que lo componen, para las pruebas se trabajó con dos personas voluntarias videntes ya que por efectos de la pandemia causada por el Covid-19 no se pudo contar con el apoyo de personas con discapacidad visual. Se desarrollaron dos escenarios con propósitos similares, pero en distintos sectores de la urbe riobambeña. Para la toma de muestras se optó por trabajar primero con la línea de bus número 4 partiendo desde el norte de la ciudad donde se realizaron pruebas de reconocimiento del bus mediante la interacción Cámara-Voz-Humano, posteriormente a la hora de abordar dicha unidad se procedió a realizar un recorrido pequeño por la ruta que sigue la línea de bus donde se pudo constatar la interacción GPS- Voz-Humano y por último se constató la interacción entre Emergencia-Voz mediante el botón de pánico, como se visualiza en la figura 17-3. El mismo caso fue aplicado a la línea de bus número 7 con rutas

diferentes partiendo desde el Sur de la ciudad y con mensajes de voz distintos como se puede observar en la figura 18-3. Las expectativas, confianza y aprobación del prototipo fueron evidentes al ponerlo en funcionamiento en contacto con el entorno de la urbe y observar que tiene gran futuro esperando la reactivación total de la gente con capacidades especiales en dicho entorno.



Figura 17-3. Funcionamiento de las tres fases del prototipo final LÍNEA 4.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021



Figura 18-3. Funcionamiento de las tres fases del prototipo final LINEA 7.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021.

De las pruebas realizadas se concluyó que las personas voluntarias se adaptaron al prototipo y pudieron interactuar con total comodidad y confianza ya que el presente fue colocado en una mochila para mayor comodidad y confort del no vidente como se observa en la figura 19-3. Al final el prototipo tiene el potencial para ayudar a las personas con discapacidad visual que día a día luchan por obtener una mejor movilidad y sentirse cómodos al tomar una unidad de transporte urbano en la ciudad de Riobamba.



Figura 19-3: Maleta adaptada al prototipo.

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

3.7. Análisis de costos del prototipo

Este apartado tiene como objetivo dar a conocer el costo de cada uno de los elementos que conforman el prototipo, con lo que se tomó en cuenta el precio nacional de cada uno de los elementos exceptuando la PixyCam 2 que fue enviada de Estados Unidos. Como se muestra en la tabla 19-3, siendo el precio total del prototipo de \$560,00.

Tabla 19-3: Costos del prototipo.

COSTOS	DETALLE	CANTIDAD	COSTO
Costos Directos	GPS Ublox NEO-6M	1	\$14,00
	MicroSD Card Adapter	1	\$3,50
	Dfplayer (DF0299)	1	\$4, 50
	Arduino Pro Mini	1	\$6, 00
	Pixy2 CMUCam 5	1	\$140,00
	GSM SIM900	1	\$25,00
	Arduino Mega2560	1	\$25,00
	Power Bank de 4300 mAh	1	\$18,00
	Componentes Electrónicos	1	\$20,00
	Mochila	1	\$20,00
	Bocina	1	\$15,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS			\$291,00
Costos Indirectos	Algoritmo	1	\$200,00
	Envío PixyCam 2	1	\$25,00
	Impresión para Placa	2	\$4,00
	Transporte	5	\$10,00
	Internet	1	\$20,00
	Útiles de oficina	1	\$10,00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS			\$269,00
Costo total del prototipo			\$560,00

Realizado por: Ricaurte, D; Miranda, D. 2021

CONCLUSIONES

Se implementó un prototipo de reconocimiento automático de líneas urbanas en la ciudad de Riobamba para personas con discapacidad visual utilizando visión artificial adaptada a una mochila con un sistema de posicionamiento global para ubicar las diferentes paradas que recorren los buses y cuenta también con un sistema de emergencia que brinda seguridad a las personas con discapacidad visual.

De la investigación realizada acerca de los avances tecnológicos y sistemas electrónicos de monitoreo para personas no videntes se ha podido determinar que existen en el mercado diferentes modelos y tipos con precios sumamente elevados razón por la cual el prototipo cumple con los objetivos de servicio a menor precio. Las pruebas que se realizaron fueron a dos líneas de buses para posicionamiento GPS y tres líneas de buses para detección de imágenes donde se pudo constatar que el prototipo cumple con los requerimientos planteados.

El prototipo implementado dispone de cuatro sistemas electrónicos que bajo la modalidad Maestro-Esclavo realiza los procesos como: Geolocalización, Reconocimiento de imágenes, Llamada de emergencia y contiene el sistema de Voz. La estructura de comunicación entre los componentes es mediante I2C que por medio de un módulo Mp3 permite una salida de sonido nítida para la interacción con la persona no vidente.

La implementación del prototipo presenta una independencia de trabajo continuo de 16 horas aproximadamente, un sistema de detección de líneas para las tres etapas de un 90.06%, para la etapa 2 presenta una precisión de 94.87% en la línea 4; 89.74% en la línea 6 y 92.30% en la línea 7 todo esto a 60 (FPS), lo que indica que en esta etapa se presenta fluidez y precisión a la hora de detectar la etiqueta de la línea de bus por medio de identificadores de color. En las pruebas de posicionamiento global se determinó el rango de diferencia en metros entre la lectura del GPS y las coordenadas de las paradas almacenadas en el módulo micro SDcard dando un rango de -5 a 5 metros del lugar de la parada.

RECOMENDACIONES

Para obtener una mejor precisión y fluidez en el prototipo implementado se debe tomar en cuenta el uso de identificadores de colores colocados en la parte frontal del bus y la ubicación de la cámara se encuentre en un lugar ideal de la mochila.

Se recomienda que para una mejora del prototipo se cree una aplicación para la comunicación entre la mochila con la persona encargada de velar su seguridad, la incorporación de una cámara con visión artificial de mejor captura de imágenes para un mejor reconocimiento de los objetos del entorno.

Validar el funcionamiento del prototipo con una muestra representativa de personas no videntes con el objetivo de investigar y descubrir mejoras en el diseño propuesto del prototipo.

Para evitar que el sistema de Asistencia de Voz se detenga es necesario colocar retardos en la programación dependiendo de la reproducción de las indicaciones con las que cuenta el prototipo.

Colocar el receptor GPS afuera de la mochila, debido a que en lugares cerrados y en climas fríos y/o nublados, tiende a demorarse la comunicación con los satélites no obteniendo las coordenadas reales de ubicación de la persona no vidente.

BIBLIOGRAFÍA

ARIAS ROURA, María Elisa. Relaciones interpersonales entre niños con discapacidad visual y sus compañeros videntes en el contexto educativo regular [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2010. pp.8-9 [Consulta: 2020-12-15]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7161>

AYALA CRUZ, Edy Leonardo; & VÁSQUEZ FREIRE, Fernando Oswaldo. Diseño y construcción del prototipo de un sistema electrónico por ultrasonido para medir distancias aplicada a un bastón blanco [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2011. pp.7-8 [Consulta: 22020-12-23]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1080>

CARBALLAR, José; & CARBALLAR Falcón. *WI-FI. Lo que se necesita conocer.* Madrid-España: RC Libros, 2010, pp.1-2.

CARREIRAS Manuel & CODINA Benito. "Cognición espacial, orientación y movilidad: consideraciones sobre la ceguera". Integración [en línea], 1993, (España) 11(2), pp. 5-6. [Consulta: 2020-11-16]. ISSN 0214-1992. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-0-585-33485-1_11

CERMI. (2003). *Comité español de representantes de personas con discapacidad.* [en línea]. [Consulta: 2020-11-8]. Disponible en: <https://www.cermi.es/es/colecciones/historicos/2003>

CONDO SIMBAÑA, Jonathan Andrés, & MOLINA CHÁVEZ, Cristian Enrique. Desarrollo de un bastón electrónico para mejorar la movilidad de personas con discapacidad visual apoyado mediante visión artificial [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado)

Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 2019 pp. 10-12 [Consulta: 2020-11-06].
Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16891>

CONSEJO NACIONAL PARA LA IGUALDAD DE DISCAPACIDADES. (2020).
Estadísticas de Discapacidad. [en línea]. [Consulta: 2020-11-8]. Disponible en:
<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>

CONSTANTE PRÓCEL, Patricia. Nataly; & GORDÓN GARCÉS, Andrés. Marcelo.
Diseño e implementación de un sistema de visión artificial para clasificación de al menos tres tipos de frutas [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2015. pp.11-13 [Consulta: 2021-01-2]. Disponible en:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11368>

ESPINAL CORREA, Alexander; et al. "Sistemas de identificación por radiofrecuencia, código de barras y su relación con la gestión de la cadena de suministro". Estudios Gerenciales [en línea], 2010, (Colombia) 26(116), pp. 123-127. [Consulta: 2020-12-28]. ISSN 0123-5923. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(10\)70126-1](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(10)70126-1)

FALLAS, Jorge. Sistema de posicionamiento global [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 2002. pp.2-7 [Consulta: 2020-12-26]. Disponible en: https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUEACADEMICO/Unidad3/complementarias/Sistemas_de_posicionamiento_global

GONZÁLEZ DUQUE, Raúl. *Python para todos* [en línea]. España, 2020. [Consulta: 2020-12-28] Disponible en: <http://bvc.cea-atitlan.org.gt/397/>

GORI, Marco. *Machine Learning: A Constraint-Based Approach* [en línea]. Siena-Italia: Morgan Kaufmann. 2019. [Consulta: 2021-01-03] Disponible en: <https://www.vitalsource.com/pe/products/machine-learning-marcogoriv9780081006702>

INFOBAE. *Bastón blanco, el curioso origen de la herramienta esencial de toda persona no vidente.* [blog]. [Consulta: 2020-12-22]. Disponible en: infobae.com/discapacidad/2017/03/25/baston-blanco-el-curioso-origen-de-la-herramienta-esencial-de-toda-persona-no-vidente/

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (2010). *INEC socializa Censo 2020 con representantes de organizaciones de personas con discapacidad.* [en línea]. [Consulta: 2020-11-15]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/inec-socializa-censo-2020-con-representantes-de-organizaciones-de-personas-con-discapacidad/>

MAINA, Hernán Javier. Visión artificial para el reconocimiento automático, en tiempo real, de líneas urbanas de autobuses [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. 2019. pp.3-7 [Consulta: 2020-11-10]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/15560>

MARTÍNEZ CADME, GeovannyNestor. Estudio, Diseño e Implementacion de un Sistema Audible con Tecnología Gps, para que Personas Invidentes Puedan Ubicarse Cuando se Trasladan Dentro del Sector la Mariscal en la Ciudad de Quito [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Israel, Quito, Ecuador. 2012. pp.5-7 [Consulta: 2020-12-07]. Disponible en: <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/803>

MIRANDA GANCHOZO, Cristhian Alberto; et al. Diseño y construcción de un sistema de ubicación y enrutamiento para personas con discapacidad visual en un ambiente controlado por medio de algoritmos inteligentes y medios ópticos [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado)

Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 2013. [Consulta: 2020-12-06]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5340>

NISFE. *¿Qué significa esta palabra en las baterías de los teléfonos móviles y tabletas?* [blog]. (2014-08-14). [Consulta: 2021-02-15]. Disponible en: <https://www.nisfe.com/tutoriales/mah-que-significa-esta-palabra-en-las-baterias-de-los-telefonos-moviles-y-tablets/>

NOBOA TELLO, Ramiro Clemente. Elaboración y aplicación de una guía de estrategias metodológicas de orientación y movilidad para desarrollar la inteligencia espacial de personas con discapacidad visual, en el Centro de Educación Popular Especial de la Asociación de personas con discapacidad la Unión de Pallatanga [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2015. pp.1-3 [Consulta: 2020-11-16]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/2487>

ORDOÑEZ RAMOS, Erech. Deep Learning para la visión artificial e identificación del personal administrativo y docente de la universidad nacional micaela bastidas de Apurímac [en línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. 2020. pp.4-8 [Consulta: 2021-01-06]. Disponible en: <http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/13523>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2018). *Ceguera y discapacidad visual.* [en línea]. [Consulta: 2020-11-10]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2020). *Discapacidad y salud.* [en línea]. [Consulta: 2020-11-10]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>

ORTEGA HIDALGO, Christian Andrés; & SÁNCHEZ BEDÓN, David Jonathan. Diseño e implementación de un sistema de navegación para asistencia de personas no videntes [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2016. pp.4-7 [Consulta: 2020-11-20]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16471>

QUICALIQUIN QUILLIGANA, Diego David. Implementación de un prototipo: Sistema automático de censado inalámbrico basado en RFID para estaciones de control de buses urbanos de Riobamba [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2018. pp.1-3 [Consulta: 2020-12-06]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/9146>

RECASENS PUJOL, Jordina. Los ojos que ven. El perro guía como recurso [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Rovira i Virgili, Tarragona, España. 2015. pp.3-5 [Consulta: 2020-12-23]. Disponible en: <http://repositori.urv.cat/fourrepublic/search/item/TFG%3A489?label=Los+ojos+que+ven.+El+perro+gu%C3%ADa+como+recurso>

REVUELTA SANZ, Pablo; et al. "ATAD: Una Ayuda Técnica para la Autonomía en el Desplazamiento". Revista Española de Discapacidad [en línea], 2013, (España) 1(3), pp. 149-152. [Consulta: 2020-12-25]. ISSN 2340-5104. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5569/2340-5104.01.02>

RODRÍGUEZ MARIÑO, Hernán David; & SALVADOR RUEDA, Sergio Daniel. Sistema informativo audible para usuarios de los buses urbanos del sitp [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia. 2017. pp.12-13 [Consulta: 2020-12-17]. Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/1071>

ROSSIUS, Steve. Reconocimiento de objetos mediante webcam en tiempo real [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Politécnica Superior de Gandía, Valencia, España. 2013. pp.6-7 [Consulta: 2021-01-06]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/29009>.

SÁENZ CORREA, Mauricio Alejandro. Sistema de posición y orientación móvil parapersonas ciegas en ambientes cerrados [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. 2009. pp.25-26 [Consulta: 2020-12-28]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/102035>

SALAZAR SOLER, Jordi. *Circuitos y dispositivos electrónicos. Fundamentos de electrónica (PT)*. [en línea]. Barcelona España: Ediciones de la UPC. 1999. [Consulta: 2021-01-07] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=297471>

VALVERDE AGURTO, Deyvi Dicson. Integración de un sistema de adquisición de datos mediante el uso de un Arduino Mega y Raspberry Pi 3 como servidor web y base de datos [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú. 2020. pp.29-30 [Consulta: 2021-01-09]. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2477>

VÁSQUEZ RODRÍGUEZ, Andrés Medardo. Prototipo de un sistema preventivo de acercamiento de buses para personas no videntes [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2017. pp.16-17 [Consulta: 2020-12-17]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/27447>

VILLALOBOS VELASCO, Jaime. (2007). "Sistema de Posicionamiento Global, GPS". Tecnología de frontera del presente y del futuro [en línea], 2007, (Colombia) 25(1), pp. 54-57. [Consulta: 2020-12-26]. ISSN 0120-4347. Disponible en: <http://repositorio.minciencias.gov.co/handle/11146/2283>

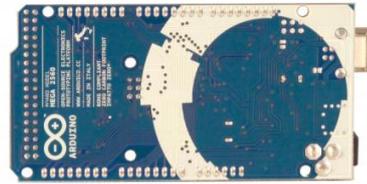
ZUÑIGA MALDONADO, Kirenia; et al. "Gafas electrónicas con sensores ultrasónicos para personas no videntes ". Sinapsis [en línea], 2020, (Ecuador) 2(17), pp. 1-5. [Consulta: 2020-12-25]. ISSN 1390 –9770. Disponible en: <https://doi.org/10.37117/s.v2i17.355>

ANEXOS

ANEXO A: ARDUINO MEGA2560



Arduino Mega 2560 Datasheet



Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#)

Activar V
Ve a Configu



Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current per 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

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

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

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

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.



The power pins are as follows:

- VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- 5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- 3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH

Activar W
Ve a Configu

ANEXO B: ARDUINO PRO MINI

DEV-11113: ARDUINO PRO MINI 328 5 V A 16 MHZ.

Intermedio

ARDUINO GENERICO

NIVEL DE ENTRADA
Estas placas y módulos son los mejores para realizar proyectos básicos a intermedios.

Descripción
Mini Pro es una placa de microcontroladores que está pensada para usuarios que entienden las limitaciones del voltaje del sistema (5V), contiene 14 pines digitales de entrada/salida (6 de los cuales se pueden usar como PWM), 8 entradas analógicas, con una frecuencia de 16MHz y cuenta con un botón de reinicio, la placa no viene con pines para que puedas soldar cualquier conector.

Nota: "Si está suministrando energía no regulada a la placa, asegúrese de conectarla al pin "RAW" y no a la VCC".

Especificaciones

Microcontrolador	ATmega328
Velocidad del reloj	16MHz
Memoria Flash	32KB
Memoria SRAM	2KB
Memoria EEPROM	1 KB
Voltaje de Funcionamiento	5 V
Corriente de Funcionamiento:	150 mA
Pines digitales I/O	14(incluidos 6 salidas para PWM)
Pines de Entrada Analógicos	8
Comunicación	TTL RX/TX
Dimensiones	33 x 18 mm
Fuente de Alimentación externa:	fuentes de alimentación de CD externa (5 -12 V)

Hardware Overview

- 1) Puerto Serie TTL**
Para la comunicación el puerto serial RX/TX del transmisor-receptor de TTL.
- 2) Pines de entradas / salidas digitales**
Los pines digitales (del 0 al 13 se puede usar como entrada o salida, usando las funciones pinMode (), digitalWrite () y digitalRead (). Operan a 5 volts. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tiene una resistencia interna de pull-up (desconectada por defecto).
- 3) Pines de PWM.**
Son pines digitales que generan dos valores 0 y 5 V, un ON y un OFF, se utilizan para controlar la dirección de los servos entre otras cosas. Así lo que hacen es generar pulsos (un pulso es la subida y bajada, esa onda cuadrada que se forma) cada x tiempo. Según el tiempo, que se controla con el ciclo de trabajo.
- 4) Boton Reset.**
Reinicia cualquier código que este cargado en el Arduino.
- 5) Pines de entradas analógicas.**
El área de pines con las etiquetas A0 a A3 son entradas analógicas. Estos pines pueden leer la señal de un sensor analógico (como un sensor de temperatura) y convertirlo en un valor digital que podemos leer. Cada una de las entradas proporciona 10 bits de resolución (es decir, 1024 valores diferentes).

- 6) Microcontrolador ATmega328.**
El ATmega328 cuenta con una frecuencia de 16MHz, además que contiene una memoria flash de 32 KB para almacenamiento.
- 7) Alimentación y GND.**
Son los suministros de 5V , así como pines GND(tierra) en la tarjeta, los cuales pueden ser utilizado para alimentar circuitos y dispositivos electrónicos.
- 8) RAW(Alimentación no regulada).**
Si está suministrando energía no regulada a la placa, asegúrese de conectarla al pin "RAW" y no a la VCC".

Alimentación
El Arduino PRO MINI puede alimentarse a través de una fuente de alimentación externa de 5 -12 V de CD, además soporta energía no regulada a la placa, asegúrese de conectarla al pin RAW.

Diagrama de conexión.

Arduino Pro Mini (DEV-11113)
Programmed as Arduino Pro Mini w/ ATmega328P
5MHz 5V

Primeros Pasos

Para poder realizar la programación del Arduino MINI PRO se requiere de un convertidor de USB a serial (TTL), este producto lo puede encontrar en el siguiente link:
<http://www.agspecinfo.com/pdfs/D/DEV09716.PDF>

Este convertidor es necesario debido a que las placas de Arduino se comunican con la PC mediante el puerto USB, tanto para la programación como para el intercambio de datos, por esta razón dentro de las placas Arduino encontramos un chip que se encarga de la conversión de USB a Serial TTL como ejemplo: en las primeras versiones de Arduino las placas utilizaban el puerto COM o RS232 para comunicarse con la PC.

El Arduino Pro Mini a diferencia de las demás placas no incluye un convertor en placa (por un tema de reducción), por lo que es necesario utilizar un convertidor externo para la programación del chip o para la comunicación serial. Dentro de los convertidores USB-Serial TTL se encuentran los chips: FTDI232, PL2303, CH340G y el CP2102.

A continuación se muestra un imagen de la conexión del Arduino Pro Mini y del convertidor USB - Serial TTL.

Elección del placa y Puerto

- Para cargar el primer sketch en el Arduino Nano debe tener instalado el IDE de Arduino en su computadora que se debe descargar de la siguiente página:
<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>
- Una vez instalado el software, diríjase en la pestaña: Herramientas-> Placa -> Arduino Pro Mini Conecte su placa.

ANEXO C: MÓDULO GPS NEO 6M

GPS
locate, communicate, accelerate.

NEO-6 u-blox 6 GPS Modules Data Sheet

Abstract

Technical data sheet describing the cost effective, high-performance u-blox 6 based NEO-6 series of GPS modules, that brings the high performance of the u-blox 6 positioning engine to the miniature NEO form factor. These receivers combine a high level of integration capability with flexible connectivity options in a small package. This makes them perfectly suited for mass-market end products with strict size and cost requirements.



16.0 x 12.2 x 2.4 mm

www.u-blox.com



NEO-6 - Data Sheet

Document information

Title	NEO-6
Subtitle	u-blox 6 GPS Modules
Document type	Data Sheet
Document number	GPS.G6-HW-09005-E
Document status	

Document status information

Objective	This document contains target values. Revised and supplementary data will be published later.
Specification	later.
Advance Information	This document contains data based on early testing. Revised and supplementary data will be published later.
Preliminary	This document contains data from product verification. Revised and supplementary data may be published later.
Released	This document contains the final product specification.

This document applies to the following products:

Name	Type number	ROM/FLASH version	PCN reference
NEO-6G	NEO-6G-0-001	ROM7.03	UBX-TN-11047-1
NEO-6Q	NEO-6Q-0-001	ROM7.03	UBX-TN-11047-1
NEO-6M	NEO-6M-0-001	ROM7.03	UBX-TN-11047-1
NEO-6P	NEO-6P-0-000	ROM6.02	N/A
NEO-6V	NEO-6V-0-000	ROM7.03	N/A
NEO-6T	NEO-6T-0-000	ROM7.03	N/A

This document and the use of any information contained therein, is subject to the acceptance of the u-blox terms and conditions. They can be downloaded from www.u-blox.com. u-blox makes no warranties based on the accuracy or completeness of the contents of this document and reserves the right to make changes to specifications and product descriptions at any time without notice. Reproduction, use or disclosure to third parties without express permission is strictly prohibited. Copyright © 2011, u-blox AG. u-blox™ is a registered trademark of u-blox Holding AG in the EU and other countries. ARM™ is the registered trademark of ARM Limited in the EU and other countries.



Activar V
Ve a Config



NEO-6 - Data Sheet

3.2 Operating conditions

All specifications are at an ambient temperature of 25°C.

Parameter	Symbol	Module	Min	Typ	Max	Units	Condition
Power supply voltage	VCC	NEO-6G	1.75	1.8	1.95	V	
		NEO-6QM	2.7	3.0	3.6	V	
		NEO-6P/VT					
Supply voltage USB	VDDUSB	All	3.0	3.3	3.6	V	
Backup battery voltage	V_BCKP	All	1.4		3.6	V	
Backup battery current	I_BCKP	All		22		µA	V_BCKP = 1.8 V, VCC = 0V
Input pin voltage range	Vin	All	0		VCC	V	
	Vil	All	0		0.2*VCC	V	
Digital I/O Pin Low level input voltage	Vih	All	0.7*VCC		VCC	V	
Digital I/O Pin High level input voltage	Voi	All		0.4	V	Ioh=Ioa	
Digital I/O Pin Low level output voltage	Voh	All	VCC - 0.4		V	Ioh=Ioa	
Digital I/O Pin High level output voltage	Voih	All		0.4	V	Ioh=Ioa	
USB DMA USB_DP	Vid1	All					Compatible with USB with 22 Ohms series resistance.
VCC_MF voltage	VCC_MF	All			VCC-0.1	V	
VCC_MF output current	IcC_MF	All			50	mA	
Antenna gain	Gain	All			50	dB	
Receiver Chain Noise Figure	Nfbot	All			3.0	dB	
Operating temperature	Topt	All	-40		85	°C	

Table 10: Operating conditions

Operation beyond the specified operating conditions can affect device reliability.

3.3 Indicative power requirements

Table 11 lists examples of the total system supply current for a possible application.

Parameter	Symbol	Module	Min	Typ	Max	Units	Condition	
Max. supply current**	Isp	All		47 [†]	67	mA	VCC = 3.6 V ^{††}	
							1.95 V ^{†††}	
		Ic Tracking (Max Performance mode)	NEO-6G/QT		40 ^{††}		mA	
Average supply current*	Isp	All		39 [†]		mA	VCC = 3.0 V ^{††}	
		Ic Tracking (Max Performance mode)	NEO-6G/QT		38 ^{††}		mA	1.8 V ^{†††}
		Ic Tracking (Power Save mode) (1 ms)	NEO-6G/Q		12 ^{††}		mA	
		NEO-6M		11 ^{††}		mA		

Table 11: Indicative power requirements

Values in Table 11 are provided for customer information only as an example of typical power requirements. Values are characterized on samples, actual power requirements can vary depending on FW version used, external circuitry, number of SVs tracked, signal strength, type of start as well as time, duration and conditions of test.

[†] Use this figure to dimension maximum current capability of power supply. Measurement of this parameter with 1 Hz bandwidth.
^{††} NEO-6Q, NEO-6M, NEO-6P, NEO-6V, NEO-6T
^{†††} NEO-6G
^{*} Use this figure to determine required battery capacity.
^{**} at 90% in new, Cto=0 dBm, current average of 30 sec after cold start.
^{††††} With strong signals, all orbits available. For Cold Starts typical 12 min after first fix. For Hot Starts typical 15 s after first fix.



NEO-6 - Data Sheet

3.4 SPI timing diagrams

In order to avoid a faulty usage of the SPI, the user needs to comply with certain timing conditions. The following signals need to be considered for timing constraints:

Symbol	Description
SS_N	Slave Select signal
SCK	Slave Clock signal

Table 12: Symbol description

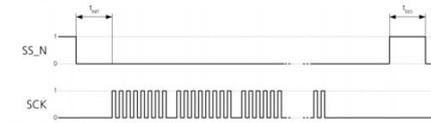


Figure 3: SPI timing diagram

3.4.1 Timing recommendations

Parameter	Description	Recommendation
t _{init}	Initialization Time	500 µs
t _{de}	Deassert Time	1 ms
Bitrate		100 kbit/s

Table 13: SPI timing recommendations

The values in the above table result from the requirement of an error-free transmission. By allowing just a few errors, the byte rate could be increased considerably. These timings – and therefore the byte rate – could also be improved by disabling other interfaces, e.g. the UART.

The maximum bandwidth is 100 kbit/s.

Activar V
Ve a Config

^{†††††} This is a theoretical maximum, the protocol overhead is not considered.

ANEXO D: MÓDULO GPRS SIM900

3 Package Information

3.1 Pin out Diagram

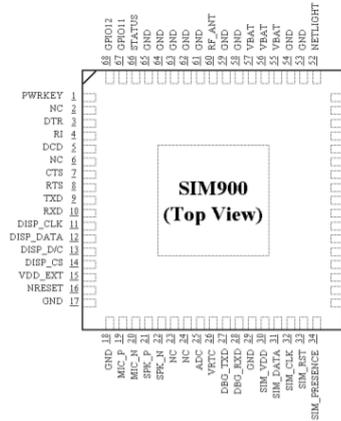


Figure 2: SIM900 pin out diagram (Top view)

3.2 Pin Description

Table 4: Pin description

Pin name	Pin number	I/O	Description	Comment
Power supply				
VBAT	55,56,57	I	Power supply	
VRTC	26	I/O	Power supply for RTC	It is recommended to connect with a battery or a capacitor (e.g. 4.7uF).
VDD_EXT	15	O	2.8V output power supply	If it is unused, keep open.
GND	17,18,29,39, 45,46,53,54, 58,59,61,62, 63,64,65		Ground	
Power on/down				
PWRKEY	1	I	PWRKEY should be pulled low at least 1 second and then released to power on/down the module.	Pulled up internally.
Audio interfaces				
MIC_P	19	I	Differential audio input	If these pins are unused, keep open.
MIC_N	20			
SPK_P	21	O	Differential audio output	
SPK_N	22			
Status				
STATUS	66	O	Power on status	If these pins are unused, keep open.
NETLIGHT	52	O	Network status	
LCD interface				
DISP_CLK	11	O	Display interface	If these pins are unused, keep open.
DISP_DATA	12	IO		
DISP_D_C	13	O		
DISP_CS	14	O		
I²C interface				
SDA	37	O	I ² C serial bus data	If these pins are unused, keep open.
SCL	38	IO	I ² C serial bus clock	
Keypad interface / GPIOs				
GPIO5/KBR0	44	IO	GPIO5/keypad row 0	If these pins are unused, keep open.
GPIO4/KBR1	43		GPIO4/keypad row 1	
GPIO3/KBR2	42		GPIO3/keypad row 2	
GPIO2/KBR3	41		GPIO2/keypad row 3	
GPIO1/KBR4	40		GPIO1/keypad row 4	
GPIO9/KBC1	50		GPIO9/keypad column 1	

5 Electrical, Reliability and Radio Characteristics

5.1 Absolute Maximum Ratings

The absolute maximum ratings stated in following table are stress ratings under non-operating conditions. Stresses beyond any of these limits will cause permanent damage to SIM900.

Table 15: Absolute maximum ratings

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
VBAT	Power supply voltage	-	-	5.5	V
V _I	Input voltage	-0.3	-	3.1	V
I _I	Input current	-	-	10	mA
I _O	Output current	-	-	10	mA

* These parameters are for digital interface pins, such as keypad, GPIO, I²C, UART, LCD, PWMs and DEBUG.

5.2 Recommended Operating Conditions

Table 16: Recommended operating conditions

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
VBAT	Power supply voltage	3.2	4.0	4.8	V
T _{OPER}	Operating temperature	-40	+25	+85	°C
T _{STG}	Storage temperature	-45	-	+90	°C

5.3 Digital Interface Characteristics

Table 17: Digital interface characteristics

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
I _{IN}	High-level input current	-10	-	10	uA
I _{IL}	Low-level input current	-10	-	10	uA
V _{OH}	High-level output voltage	2.4	-	-	V
V _{OL}	Low-level output voltage	-	-	0.4	V
V _{OH}	High-level output voltage	2.7	-	-	V
V _{OL}	Low-level output voltage	-	-	0.1	V

* These parameters are for digital interface pins, such as keypad, GPIO, I²C, UART, LCD, PWMs and DEBUG.

5.4 SIM Card Interface Characteristics

Table 18: SIM card interface characteristics

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
I _{IN}	High-level input current	-10	-	10	uA
I _{IL}	Low-level input current	-10	-	10	uA
V _{OH}	High-level input voltage	1.4	-	-	V
V _{OL}	Low-level input voltage	2.4	-	-	V
V _{OH}	High-level output voltage	-	-	0.4	V
V _{OL}	Low-level output voltage	-	-	2.4	V
V _{OH}	High-level output voltage	1.7	-	-	V
V _{OL}	Low-level output voltage	2.7	-	-	V
V _{OH}	High-level output voltage	-	-	0.1	V
V _{OL}	Low-level output voltage	-	-	0.1	V

5.5 VDD_EXT Characteristics

Table 19: VDD_EXT characteristics

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V _O	Output voltage	2.70	2.80	2.95	V
I _O	Output current	-	-	10	mA

5.6 SIM_VDD Characteristics

Table 20: SIM_VDD characteristics

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
V _O	Output voltage	2.75	2.9	3.00	V
I _O	Output current	1.65	1.80	1.95	mA

ANEXO E: MÓDULO MP3 DF PLAYER MINI

DFPlayer Mini

1. Summary

1.1 .Brief Instruction

DFPlayer Mini module is a serial MP3 module provides the perfect integrated MP3, WMV hardware decoding. While the software supports TF card driver, supports FAT16, FAT32 file system. Through simple serial commands to specify music playing, as well as how to play music and other functions, without the cumbersome underlying operating, easy to use, stable and reliable are the most important features of this module.

1.2 .Features

- Support Mp3 and WMV decoding
- Support sampling rate of 8KHz,11.025KHz,12KHz,16KHz,22.05KHz,24KHz,32KHz,44.1KHz,48KHz
- 24-bit DAC output, dynamic range support 90dB, SNR supports 85dB
- Supports FAT16, FAT32 file system, maximum support 32GB TF card
- A variety of control modes, serial mode, AD key control mode
- The broadcast language spots feature, you can pause the background music being played
- Built-in 3W amplifier
- The audio data is sorted by folder; supports up to 100 folders, each folder can be assigned to 1000 songs
- 30 levels volume adjustable, 10 levels EQ adjustable.

1.3 .Application

- Car navigation voice broadcast
- Road transport inspectors, toll stations voice prompts
- Railway station, bus safety inspection voice prompts
- Electricity, communications, financial business hall voice prompts
- Vehicle into and out of the channel verify that the voice prompts
- The public security border control channel voice prompts
- Multi-channel voice alarm or equipment operating guide voice
- The electric tourist car safe driving voice notices
- Electromechanical equipment failure alarm
- Fire alarm voice prompts
- The automatic broadcast equipment, regular broadcast.

2. Module Application Instruction

2.1. Specification Description

Item	Description
MP3Format	1. Support 11172-3 and ISO13813-3 layer3 audio decoding
	2. Support sampling rate (KHZ):8/11.025/12/16/22.05/24/32/44.1/48
	3. Support Normal . Jazz. Classic . Pop. . Rock etc
UART Port	Standard Serial; TTL Level; Baud rate adjustable(default baud rate is 9600)
Working Voltage	DC3.2-5.0V; Type :DC4.2V
Standby Current	20mA
Operating Temperature	-40-+70
Humidity	5%-95%

Table 2.1 Specification Description

DFPlayer Mini

2.2 .Pin Description

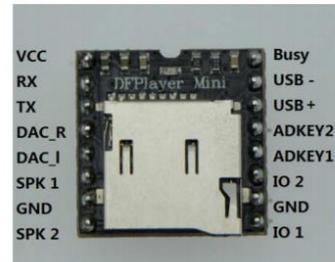


Figure 2.1

No	Pin	Description	Note
1	VCC	Input Voltage	DC3.2-5.0V;Type:DC4.2V
2	RX	UART serial input	
3	TX	UART serial output	
4	DAC_R	Audio output right channel	Drive earphone and amplifier
5	DAC_L	Audio output left channel	Drive earphone and amplifier
6	SPK2	Speaker-	Drive speaker less than 3W
7	GND	Ground	Power GND
8	SPK1	Speaker+	Drive speaker less than 3W
9	IO1	Trigger port 1	Short press to play previous (long press to decrease volume)
10	GND	Ground	Power GND
11	IO2	Trigger port 2	Short press to play next (long press to increase volume)
12	ADKEY1	AD Port 1	Trigger play first segment
13	ADKEY2	AD Port 2	Trigger play fifth segment
14	USB+	USB+ DP	USB Port
15	USB-	USB- DM	USB Port
16	BUSY	Playing Status	Low means playing \High means no

Table 2.2 Pin Description

Acti
Ve a i

DFPlayer Mini

K9	2	Repeat play tracking 2	Long push always to repeat play
K10	1	Repeat play tracking 1	Long push always to repeat play
K11	5	Repeat play tracking 5	Long push always to repeat play
K12	6	Repeat play tracking 6	Long push always to repeat play
K13	7	Repeat play tracking 7	Long push always to repeat play
K14	8	Repeat play tracking 8	Long push always to repeat play
K15	9	Repeat play tracking 9	Long push always to repeat play
K16	10	Repeat play tracking 10	Long push always to repeat play
K17	11	Repeat play tracking 11	Long push always to repeat play
K18	12	Repeat play tracking 12	Long push always to repeat play
K19	13	Repeat play tracking 13	Long push always to repeat play
K20	14	Repeat play tracking 14	Long push always to repeat play

4. Application Circuit

4.1 Serial Communication Connect

Module's serial port is 3.3V TTL level, so the default interface level is 3.3V. If the MCU system is 5V. It is recommended connect a 1K resistor in series.

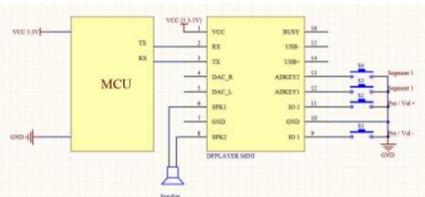


Figure 4.1 Serial Connect (3.3V)

DFPlayer Mini

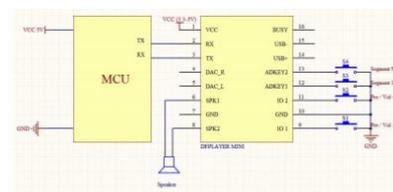


Figure 4.2 Serial Connect (5v)

4.2. Other Refer Diagram

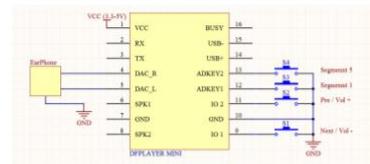


Figure 4.3 headset connect module

Between the headset and the module can string a 100R resistor, make a limiting

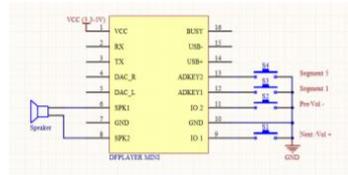


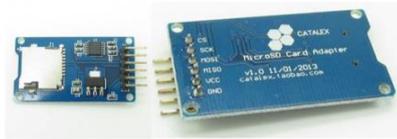
Figure 4.4 speaker connect module

Acti

ANEXO F: MÓDULO ADAPTADOR MICRO SD

eBay Search:

Micro SD Card Micro SDHC Mini TF Card Adapter Reader Module for Arduino



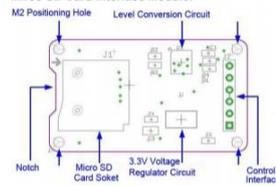
Description

- The module (MicroSD Card Adapter) is a Micro SD card reader module for reading and writing through the file system and the SPI interface driver, SCM system can be completed within a file MicroSD card
- Support Micro SD Card, Micro SDHC card (High speed card)
- Level conversion circuit board that can interface level is 5V or 3.3V
- Power supply is 4.5V ~ 5.5V, 3.3V voltage regulator circuit board
- Communications interface is a standard SPI interface
- 4 M2 screws positioning holes for easy installation
- Control Interface: A total of six pins (GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS), GND to ground, VCC is the power supply, MISO, MOSI, SCK for SPI bus, CS is the chip select signal pin
- 3.3V regulator circuit: LDO regulator output 3.3V for level conversion chip, Micro SD card supply;
- Level conversion circuit: Micro SD card to signal the direction of converts 3.3V, MicroSD card interface to control the direction of the MISO signal is also converted to 3.3V, general AVR microcontroller systems can read the signal;
- Micro SD card connector: self bomb deck, easy card insertion.
- Positioning holes: 4 M2 screws positioning holes with a diameter of 2.2mm, so the module is easy to install positioning, to achieve inter-module combination.

Interface Parameters:

Items	Min	Typical	Max	Unit
Power Voltage VCC	4.5	5	5.5	V
Current	0.2	80	200	mA
Interface Electrical Potential	3.3 or 5			V
Support Card Type	Micro SD Card(<=2G), Micro SDHC Card(<=32G)			—
Size	42X24X12			mm
Weight	5			g

Micro SD Card Interface Module:



Activar W
Ve a Configu

ANEXO G: CARACTERÍSTICAS DE LA POWER BANK IGOMA DE 3400 MAH.

CARACTERÍSTICA

Marca: IGOMA

Referencia:

Color: Azul / Verde / Negra

Batería incorporada: batería de iones de litio

Entrada: DC 5V = 1A (Máx.)

Salida: DC 5V = 2.1A (Máx.)

Capacidad: 3.400 mAh

Cargas Aproximadas: 1,2 Cargas aproximadas (celular batería de 2.800 mAh)

CONTENIDO:

- Powerbank
- Cable usb carga
- Manual

GARANTIA

- 6 Meses (defectos de Fabrica)

ANEXO H: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE ARDUINO MAESTRO

```
#define UART
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Pixy2UART.h>

static const int RXPin = 63, TXPin = 62;
static const uint32_t GPSBaud = 9600;

TinyGPSPlus gps;
SoftwareSerial ss(RXPin, TXPin);
SoftwareSerial SIM900(10, 11);
Pixy2UART pixy;

const int chipSelect = 53;
int pulsador = 0;
String camara="";

File Archivo;

double lat1,lon1,lat2,lon2,lat3,lon3;
float lagps,logps,dif1,dif2,dif3,dif4,dif5,dif6;
char trama[100];
byte aux;
String cadena="";
int i,j,cp,salida;
boolean bandera;

int buttonState = 0;
int lastButtonState = 0;
int buttonPushCounter = 1;

int buttonStatel = 0;
int lastButtonStatel = 0;
int buttonPushCounterl = 1;

int audio1 = 0;
int audio2 = 0;

void setup()
{
  SIM900.begin(19200);//Arduino se comunica con el SIM900 a una velocidad de 19200bps
  Serial.begin(19200);//Velocidad del puerto serial de arduino

  ss.begin(GPSBaud);
  pinMode(salida,OUTPUT); //declarar pin 48 como vara=iabile salida para el resto del programa
  Wire.begin();
  Serial.begin(9600);

  lat1=0,lon1=0,lat2=0,lon2=0,lat3=0,lon3=0;
  i=0; j=1; cp=0;

  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.print("SD no iniciada");
    delay(500);

    return;
  }
  Serial.print("SD iniciada");
  delay(500);
  //leer datos de la tarjeta previamente guardados
  Archivo = SD.open("PRUEBA1.txt");
  if (Archivo){
  while (Archivo.available()){
    //mientras exista informacion en el txt
    i=0; //puntero para leer las lineas del txt
    //j=1; //puntero para saber que linea del txt estoy leyendo
    bandera=true;
    while(bandera==true)
    {
      aux=Archivo.read();
      trama[i]=aux;
      cadena.concat(trama[i]);
      i++;
      if (aux=='\n'){
        bandera=false;
      }
    }
  }
}
```

```

switch (j){
  case 1:
    lat1=cadena.toFloat();
    Serial.println(lat1);
    j++;
    break;
  case 2:
    lon1=cadena.toFloat();
    Serial.println(lon1);
    j++;
    break;
  case 3:
    lat2=cadena.toFloat();
    Serial.println(lat2);
    j++;
    break;
  case 4:
    lon2=cadena.toFloat();
    Serial.println(lon2);
    j++;

    break;
  case 5:
    lat3=cadena.toFloat();
    Serial.println(lat3);
    j++;
    break;
  case 6:
    lon3=cadena.toFloat();
    Serial.println(lon3);
    j++;
    break;

}
cadena="";
}
else{
  bandera=true;
};
};
}

};
Archivo.close();          //cerrar el archivo de txt

////////////////////////////////////
pinMode(7, INPUT);
pinMode(6, INPUT);
pinMode(8, INPUT);
Serial.begin(9600);

pixy.init();//Inicializamos la cámara

}

void loop()
{
  //////////////////////////////////Procesos////////////////////////////////////
  buttonState = digitalRead(7);
  if (buttonState != lastButtonState) {

    if (buttonState == HIGH) {

      buttonPushCounter += 1;
      Serial.println("on");
      Serial.print("number of button pushes: ");
      Serial.println(buttonPushCounter);
      audiol = 0;
      delay(500);

    } else {
      Serial.println("off");
    }

    delay(50); // Wait for 5 millisecond(s)
  }

  lastButtonState = buttonState;

  if (buttonPushCounter % 2 == 0) {

```

```

if (audio1 == 0){
    Wire.beginTransaction(1);
    Wire.write(11);
    Wire.endTransmission();
    audio1=1;
}

while (ss.available() > 0)
    if (gps.encode(ss.read()))
        procesol();

if (millis() > 5000 && gps.charsProcessed() < 10)    //si pasa del tiempo muerto, muestra el mensaje no hay GPS
{
    Serial.print("No GPS");
    while(true);
}

}

pulsador = digitalRead(8);
if (pulsador == HIGH) {
    Serial.println("HACIENDO LLAMADA");
    Wire.beginTransaction(1);
    Wire.write(16);
    Wire.endTransmission();
    hacerLlamada();
    delay(1000);
    pulsador=0;
}
////////////////////////////////////
buttonStatel = digitalRead(6);
if (buttonStatel != lastButtonStatel) {
    if (buttonStatel == HIGH) {
        buttonPushCounter1 += 1;
        Serial.println("on");
        Serial.print("number of button pushes: ");
        Serial.println(buttonPushCounter1);
        audio2=0;
    } else {
        Serial.println("off");
    }

    delay(50); // Wait for 5 millisecond(s)
}

lastButtonStatel = buttonStatel;

if (buttonPushCounter1 % 2 == 0) {
    if (audio2 == 0){
        Wire.beginTransaction(1);
        Wire.write(13);
        Wire.endTransmission();
        audio2=1;
    }
    proceso2();
}

}

void procesol() {
    lagps=gps.location.lat()*10000*(-1);    //para redondear la locacion de latitud
    lagps=round(lagps);                    //redondear latitud
    logps=gps.location.lng()*10000*(-1);   //para redondear la locacion de longitud
    logps=round(logps);

    Serial.println("antes de calcular");
    Serial.println(lagps);
    Serial.println(logps);
    dif1=lat1-lagps;                       //encontrar la diferencia de latitud para parada 1
    dif2=lon1-logps;                       //encontrar la diferencia de longitud para parada 1

    Serial.println("dif1");
    Serial.println(dif1);
    Serial.println("dif2");
    Serial.println(dif2);
}

```

```

Serial.println("dif3");
Serial.println(dif3);
Serial.println("dif4");
Serial.println(dif4);
dif3=lat2-lagps; //encontrar la diferencia de latitud para parada 1
dif4=lon2-logps;

Serial.println("dif5");
Serial.println(dif5);
Serial.println("dif6");
Serial.println(dif6);
dif5=lat3-lagps; //encontrar la diferencia de latitud para parada 3
dif6=lon3-logps;
delay(50);

if((dif1<5) & (dif2<5) & (dif1>(-5)) & (dif2>(-5))){
    delay(1000);
    Serial.println("MEDIA LUNA");
    Wire.beginTransmission(1); // Comenzamos la transmisión con el dispositivo 1
    Wire.write(7); // Mandamos el número 1
    Wire.endTransmission(); // Terminamos la transmisión con el dispositivo 1
    delay(3000);
}

else{

}

if((dif3<5) & (dif4<5) & (dif3>(-5)) & (dif4>(-5))){
    delay(1000);
    Serial.println("ESPOCH");
    Wire.beginTransmission(1); // Comenzamos la transmisión con el dispositivo 1
    Wire.write(10); // Mandamos el número 2
    Wire.endTransmission(); // Terminamos la transmisión con el dispositivo 1
    delay(5000);
}

else{

}

if((dif5<5) & (dif6<5) & (dif5>(-5)) & (dif6>(-5))){

    delay(1000);
    Serial.println("REDONDEL DEL LIBRO");
    Wire.beginTransmission(1); // Comenzamos la transmisión con el dispositivo 1
    Wire.write(8); // Mandamos el número 1
    Wire.endTransmission(); // Terminamos la transmisión con el dispositivo 1
    delay(3000);
}

else{

}

}

void hacerLlamada()
{
SIM900.print("ATD");//Comando AT para iniciar una llamada
SIM900.print("+593983293160");//Número de telefono al cual queremos llamar
SIM900.println(";");//El ";" indica llamada de voz y no llamada de datos ej:(FAX)
Serial.println("Llamando...");//Leyenda que indica que se inicio el llamado
delay(25000);//Duración del llamado antes de cortar
SIM900.println("ATH");// comando AT cortar llamada
Serial.println("Llamada finalizada");//Leyenda que indica que finalizó el llamado
Wire.beginTransmission(1); // Comenzamos la transmisión con el dispositivo 1
Wire.write(26); // Mandamos el número 1
Wire.endTransmission(); // Terminamos la transmisión con el dispositivo 1
}

void proceso2()
{
int i;

```

```

// grab blocks!
pixy.ccc.getBlocks();

// Si se detecta un objeto
if (pixy.ccc.numBlocks)
{
  if(pixy.ccc.blocks[0].m_signature==1){
    //rectangulo violeta
    camara="uno";
    Serial.print("LINEA 6");
    Wire.beginTransmission(1); // Comenzamos la transmisión con el dispositivo 1
    Wire.write(22); // Mandamos el número 1
    Wire.endTransmission(1); // Terminamos la transmisión con el dispositivo 1
    delay(3000);

  }
  if(pixy.ccc.blocks[0].m_signature==2){
    camara="dos";
    Serial.print("LINEA 4");

    Wire.beginTransmission(1); // Comenzamos la transmisión con el dispositivo 1
    Wire.write(20); // Mandamos el número 2
    Wire.endTransmission(1); // Terminamos la transmisión con el dispositivo 1
    delay(3000);

  }
}
}
}
}

```

ANEXO I: CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE ARDUINO ESCLAVO

```

#include <Wire.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <DFRobotDFPlayerMini.h>

int x; // Variable auxiliar de la función "recibidoEvento"
SoftwareSerial mySoftwareSerial(10, 11); // RX, TX
DFRobotDFPlayerMini myDFPlayer;

void setup()
{
  Wire.begin(1); // Empezamos la comunicación I2C con el dispositivo esclavo 1
  Wire.onReceive(recibidoEvento); // Irá a la función receiveEvent cuando entre un dato
  Serial.begin(9600);
  mySoftwareSerial.begin(9600);
  myDFPlayer.begin(mySoftwareSerial);
  myDFPlayer.volume(20);
}

void loop()
{
}

void recibidoEvento(int recepcion)
{
  while(Wire.available()) // Mientras tengamos datos en la entrada
  {
    x = Wire.read(); // Leemos el dato recibido
  }

  // Casos de la variable dato (X)
  switch (x)
  {
    case 1: // Si se recibe el número "1"
      Serial.println("TUBASEC");
      myDFPlayer.play(3); //Play the first mp3
      delay(3000);
      break;
    case 2: // Si se recibe el número "2"
      Serial.println("PARQUE INDUSTRIAL");
      myDFPlayer.play(4); //Play the second mp3

```

```

        delay(3000);
        break;
    case 3: // Si se recibe el número "2"
        Serial.println("LICEO POLICIAL");
        myDFPlayer.play(5); //Play the second mp3
        delay(3000);
        break;
    case 4: // Si se recibe el número "2"
        Serial.println("MEDIA LUNA");
        myDFPlayer.play(7); //Play the second mp3
        delay(3000);
        break;
    case 5: // Si se recibe el número "2"
        Serial.println("ESPOCH");
        myDFPlayer.play(10); //Play the second mp3
        delay(3000);
        break;
    case 6: // Si se recibe el número "2"
        Serial.println("REDONDEL LIBRO");
        myDFPlayer.play(8); //Play the second mp3

        delay(3000);
        break;
    case 7: // Si se recibe el número "2"
        Serial.println("GPS ACTIVADO");
        myDFPlayer.play(11); //Play the second mp3
        delay(3000);
        break;
    case 8: // Si se recibe el número "2"
        Serial.println("CAMARA ACTIVADA");
        myDFPlayer.play(15); //Play the second mp3
        delay(3000);
        break;
    case 9: // Si se recibe el número "2"
        Serial.println("LLAMADA SOS");
        myDFPlayer.play(16); //Play the second mp3
        delay(3000);
        break;
    case 10: // Si se recibe el número "2"
        Serial.println("LINEA 4");
        myDFPlayer.play(20); //Play the second mp3

        delay(3000);
        break;
    case 11: // Si se recibe el número "2"
        Serial.println("LINEA 6");
        myDFPlayer.play(22); //Play the second mp3
        delay(3000);
        break;
    case 12: // Si se recibe el número "2"
        Serial.println("LINEA 7");
        myDFPlayer.play(23); //Play the second mp3
        delay(3000);
        break;
}
}

```



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

Fecha de entrega: 30/07/2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: DAVID ESTEBAN RICAURTE SÁNCHEZ DENNY ALEJANDRO MIRANDA PROCEL
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Carrera: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Título a optar: INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. CPA. Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA.  <p style="text-align: right;">30-07-2021</p> <p style="text-align: right;">0763-DBRAI-UPT-2021</p>