



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INÁLAMBRICO QUE
PERMITA INTERACTUAR CON EL ENTORNO A PERSONAS CON
LIMITACIÓN MOTRIZ UTILIZANDO EL MOVIMIENTO DE OJOS Y
COMANDOS DE VOZ”**

TRABAJO DE TITULACIÓN: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO

Para optar al Grado Académico de:

INGENIERO EN ELECTRONICA TELECOMUNICACIONES Y REDES

AUTORES: MORALES MONTERO HUGO MARCELO

YÁNEZ JÁCOME CRISTIAN DANILO

TUTOR: Ing. Diego Veloz

Riobamba-Ecuador

2018

@2018, Hugo Marcelo Morales Montero, Cristian Danilo Yáñez Jácome.

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

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EN TELECOMUNICACIONES Y REDES

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica: El dispositivo tecnológico “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INALÁMBRICO QUE PERMITA INTERACTUAR CON EL ENTORNO A PERSONAS CON LIMITACIÓN MOTRIZ UTILIZANDO EL MOVIMIENTO DE OJOS Y COMANDOS DE VOZ”, de responsabilidad de Hugo Marcelo Morales Montero y Cristian Danilo Yáñez Jácome ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

| NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|--|--------------|--------------|
| Dr. Julio Santillán C. VICEDECANO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA | _____ | _____ |
| Ing. Franklin Moreno DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES Y REDES | _____ | _____ |
| Ing. Diego Veloz DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | _____ | _____ |
| Ing. Franklin Moreno. MIEMBRO DEL TRIBUNAL | _____ | _____ |

Nosotros, Hugo Marcelo Morales Montero y Cristian Danilo Yáñez Jácome somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Hugo Marcelo Morales Montero

Cristian Danilo Yáñez Jácome

DEDICATORIA

Hugo

Se lo dedico a Dios por bendecirme en cada momento y brindarme su sabiduría para seguir adelante en cada momento difícil, a mis padres por su amor y su apoyo incondicional, a mis queridos hermanos por enseñarme que mediante esfuerzo y dedicación se puede llegar lejos, a mis amigos y a mi querida novia por siempre estar junto a mí en la lucha de conseguir este sueño, a todos ellos por su cariño incondicional se los dedico con amor.

Cristian

AGRADECIMIENTO

Hugo

A mis padres por todo su esfuerzo que han hecho para permitirme estudiar y alcanzar mis sueños, a mis amigos por su constante apoyo en todos estos años de estudio, a la formación profesional recibida por grandes maestros que han sabido guiar con su conocimiento mi carrera profesional. Gracias a Dios por siempre estar conmigo y hacerse presente en todo momento.

Cristian

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|-------------------------|-------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | XIV |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | XVII |
| RESUMEN..... | XVIIi |
| SUMMARY | XIX |
| INTRODUCCIÓN | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|---|-----------|
| 1. MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 1.1 Sistema de comunicaciones | 6 |
| 1.1.1 Elementos de un Sistema de Comunicación. | 6 |
| 1.1.1.1 Transmisor. | 6 |
| 1.1.1.2 Canal de comunicación..... | 6 |
| 1.1.1.3 Ruido. | 6 |
| 1.1.1.4 Receptor. | 7 |
| 1.2 Redes Inalámbricas | 7 |
| 1.2.1 Tipos de Redes Inalámbricas..... | 7 |
| 1.3 Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) | 8 |
| 1.3.1 Bluetooth..... | 8 |
| 1.3.2 Velocidad de Transmisión de Bluetooth. | 9 |
| 1.3.3 Infrarrojo. | 10 |
| 1.3.4 Protocolos de control remoto infrarrojo. | 11 |
| 1.3.5 Zigbee..... | 12 |
| 1.3.6 Tipos de nodos Zigbee. | 12 |
| 1.3.6.1 Nodo Coordinador Zigbee. | 12 |
| 1.3.6.2 Nodo Router Zigbee. | 12 |
| 1.3.6.3 Dispositivo Final Zigbee..... | 12 |
| 1.3.7 Topología de redes Zigbee..... | 13 |
| 1.4 Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN) | 13 |
| 1.4.1 Wifi..... | 14 |
| 1.4.2 Colisiones en WLAN..... | 14 |

| | | |
|---------|---|----|
| 1.4.3 | <i>Radiofrecuencia en WLANs</i> | 15 |
| 1.4.4 | <i>Canalización del estándar IEEE 802.11</i> | 15 |
| 1.4.5 | <i>Espectro Disperso</i> | 16 |
| 1.4.6 | <i>Interferencias en las señales de Radio</i> | 17 |
| 1.4.7 | <i>Conexiones a una Red WLAN</i> | 18 |
| 1.4.7.1 | <i>Características de un Punto de Acceso (AP)</i> | 19 |
| 1.4.8 | <i>Funcionamiento de un Punto de Acceso (AP)</i> | 19 |
| 1.4.9 | <i>Tramas WLAN</i> | 20 |
| 1.4.9.1 | <i>Tramas de Gestión</i> | 20 |
| 1.4.9.2 | <i>Tramas de Control</i> | 20 |
| 1.4.9.3 | <i>Trama de Datos</i> | 21 |
| 1.4.10 | <i>Variantes del Estándar IEEE 802.11</i> | 21 |
| 1.5 | Sensores | 21 |
| 1.5.1 | <i>Transductores de Entrada</i> | 22 |
| 1.5.2 | <i>Transductores de Salida</i> | 22 |
| 1.5.3 | <i>Principio de Transducción</i> | 22 |
| 1.6 | Tarjetas de Desarrollo | 23 |
| 1.6.1 | <i>Arduino</i> | 23 |
| 1.6.2 | <i>Arduino Nano</i> | 24 |
| 1.6.3 | <i>Shields para Arduino Mini/Pro</i> | 25 |
| 1.6.4 | <i>Módulo MCU-ESP8266</i> | 25 |
| 1.6.4.1 | <i>Especificaciones Técnicas</i> | 26 |
| 1.6.5 | <i>Módulo de Recocimiento de Voz</i> | 27 |
| 1.6.5.1 | <i>VR3 (Voice recognition Module V3)</i> | 27 |
| 1.6.6 | <i>Acelerómetro</i> | 27 |
| 1.6.7 | <i>Raspberry Pi 3</i> | 28 |
| 1.6.7.1 | <i>Hardware de la Raspberry Pi 3</i> | 29 |
| 1.6.7.2 | <i>Puertos GPIO</i> | 30 |
| 1.6.7.3 | <i>Software Raspbian</i> | 31 |
| 1.7 | Procesamiento de Imágenes | 31 |
| 1.7.1 | <i>Visión computacional</i> | 32 |
| 1.7.2 | <i>Procesamiento de imágenes con Matlab</i> | 33 |
| 1.7.3 | <i>Procesamiento De Imágenes con OpenCV</i> | 34 |

| | | |
|----------|---|----|
| 1.7.4 | <i>Procesamiento de imágenes con Labview.....</i> | 34 |
| 1.8 | Limitación Motriz..... | 35 |
| 1.8.1 | <i>Miembros afectados de acuerdo al tipo de lesión de la medula espinal.</i> | 38 |
| 1.9 | Limitacion motriz en el Ecuador..... | 38 |
| 1.10 | Analisis del Ojo Humano | 40 |
| 1.10.1 | <i>Anatomía del ojo.....</i> | 41 |
| 1.10.2 | <i>Túnica externa.....</i> | 41 |
| 1.10.2.1 | <i>Córnea.....</i> | 41 |
| 1.10.2.2 | <i>Esclerótica.....</i> | 41 |
| 1.10.3 | <i>Túnica media o vascular.....</i> | 41 |
| 1.10.3.1 | <i>Iris.....</i> | 41 |
| 1.10.3.2 | <i>Cuerpo Ciliar.....</i> | 42 |
| 1.10.3.3 | <i>Coroides.....</i> | 42 |
| 1.10.4 | <i>Túnica interna.....</i> | 42 |
| 1.10.4.1 | <i>Cámara anterior.....</i> | 42 |
| 1.10.4.2 | <i>Cámara posterior.....</i> | 42 |
| 1.10.4.3 | <i>Cámara vítrea.....</i> | 42 |
| 1.10.4.4 | <i>Retina.....</i> | 42 |
| 1.10.4.5 | <i>Nervio Óptico.....</i> | 42 |
| 1.10.4.6 | <i>Vítreo.....</i> | 42 |
| 1.10.4.7 | <i>Cristalino.....</i> | 43 |
| 1.10.4.8 | <i>Conjuntiva.....</i> | 43 |
| 1.10.4.9 | <i>Párpados.....</i> | 43 |

CAPÍTULO II

| | | |
|-------|---|----|
| 2. | MARCO METODOLÓGICO..... | 44 |
| 2.1 | Visión General del Sistema Infrarrojo para el manejo de TV | 46 |
| 2.1.1 | <i>Para Comandos de Voz.....</i> | 46 |
| 2.1.2 | <i>Para la Comunicación Infrarroja.....</i> | 46 |
| 2.2 | Comandos de Voz | 46 |
| 2.2.1 | <i>Etapas de Reconocimiento de Voz.....</i> | 46 |
| 2.2.2 | <i>Configuración del Módulo VR3.....</i> | 47 |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.3 | Control Remoto Infrarrojo para el manejo de TV | 50 |
| 2.4 | Sistema de adquisición y procesamiento de imagen del ojo | 51 |
| 2.5 | Componentes hardware del sistema | 52 |
| 2.5.1 | <i>Cámara Web-Cam USB</i> | 52 |
| 2.5.2 | <i>Ordenador hp pavilion g series 1c57dx</i> | 53 |
| 2.5.3 | <i>Raspberry pi 3</i> | 54 |
| 2.5.4 | <i>Router TP-link</i> | 54 |
| 2.5.5 | <i>Módulo relé</i> | 55 |
| 2.6 | Software del Sistema de Adquisición y Procesamiento de Imagen | 55 |
| 2.6.1 | <i>Python 3</i> | 55 |
| 2.6.1.1 | <i>Nombres de variables y palabras claves</i> | 56 |
| 2.6.1.2 | <i>Lectura y escritura de archivos</i> | 56 |
| 2.6.1.3 | <i>Estructura IF</i> | 57 |
| 2.6.1.4 | <i>Manipulación de los puertos GPIO mediante Python</i> | 57 |
| 2.6.2 | <i>LabView 2014 32-bits</i> | 58 |
| 2.6.2.1 | <i>Geometry</i> | 58 |
| 2.6.2.2 | <i>Image Mask</i> | 58 |
| 2.6.2.3 | <i>Color Plane Extraction</i> | 58 |
| 2.6.2.4 | <i>Particle Clasification</i> | 59 |
| 2.7 | Instalación de complementos en LabView | 59 |
| 2.8 | Adquisición de Imagen en LabView | 60 |
| 2.9 | Procesamiento de Imagen en Vision Assistant | 62 |
| 2.9.1 | <i>Implementación y Programación de Indicadores</i> | 66 |
| 2.10 | Captura y Almacenamiento de Imagen | 68 |
| 2.11 | Instalación y Configuración de Servidor SAMBA en Raspberry | 69 |
| 2.12 | Programación de Script de Manejo de Archivos en Python | 70 |
| 2.13 | Escritura de archivos de texto en LabView | 71 |
| 2.14 | Programación de captura de imagen desde Python | 73 |
| 2.15 | Comunicación inalámbrica entre ESP8266 | 74 |
| 2.16 | Comunicación Serial entre Server-ESP8266 y LabView | 75 |
| 2.17 | Funcionamiento del Prototipo | 77 |
| 2.17.1 | <i>Caso 1</i> | 79 |
| 2.17.2 | <i>Caso 2</i> | 80 |
| 2.17.3 | <i>Caso 3</i> | 81 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.17.4 | <i>Caso 4</i> | 82 |
| 2.18 | Funcionamiento del Sistema Inalambrico IR | 82 |
| 2.18.1 | <i>Training de Comandos de Voz</i> | 83 |
| 2.19 | Implementacion del acelerómetro MPU6050 | 84 |

CAPÍTULO III

| | | |
|-----|--|----|
| 3. | MARCO DE RESULTADOS | 85 |
| 3.1 | Interpretacion de los datos recolectados | 85 |
| 3.2 | Estadistico del funcionamiento de los comandos de voz | 86 |
| 3.3 | Estadistico de la lectura de procesamiento de imagen | 87 |
| 3.4 | Nivel de aceptación del Prototipo | 88 |
| 3.5 | Comparacion de tiempos de funcionamiento real y teórico | 89 |
| 3.6 | Presupuesto de implementación | 90 |

| | |
|---------------------------|----|
| CONCLUSIONES | 91 |
|---------------------------|----|

| | |
|------------------------------|----|
| RECOMENDACIONES | 93 |
|------------------------------|----|

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1-1: Tipos de Redes Inalámbricas | 7 |
| Tabla 2-1: Velocidad de transmisión de Redes Inalámbricas | 8 |
| Tabla 3-1: Velocidad de Transmisión de Bluetooth | 9 |
| Tabla 4-1: Frecuencias por canal en IEEE 802.11 | 16 |
| Tabla 5-1: Interferencias en señales de Radio Frecuencia | 18 |
| Tabla 6-1: Variantes del Estándar IEEE 802.11 | 21 |
| Tabla 7-1: Principio de Transducción | 22 |
| Tabla 8-1: Modelos de Tarjetas de Desarrollo Arduino | 24 |
| Tabla 9-1: Especificaciones Técnicas de Arduino Nano | 25 |
| Tabla 10-1: Especificaciones Técnicas de Voice recognition Module V3 | 27 |
| Tabla 11-1: Filtros de procesamiento de imagen digital en OpenCV | 34 |
| Tabla 13-1: Funciones motoras afectadas por una lesión de la médula espinal | 37 |
| Tabla 1-2: Características de la Cámara Web-Cam | 53 |
| Tabla 2-2: Comandos de Voz para la Ejecucion de Ordenes | 83 |
| Tabla 1-3: Colecta de datos de la valoración del sistema | 87 |
| Tabla 2-3: Registro de lectura del Funcionamiento del procesamiento del ojo | 88 |
| Tabla 3-3: Lista de Usuarios de Comandos de Voz para la Ejecucion de Ordenes | 88 |
| Tabla 4-3: Evaluacion de Comandos de Voz para la Ejecucion de Ordenes | 88 |
| Tabla 5-3: Comandos de Voz para la Ejecucion de Ordenes | 89 |
| Tabla 6-3: Latencias de las muestras realizadas | 90 |
| Tabla 7-3: Presupuesto de implementación | 90 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1-1: Sistema de Comunicación Básico..... | 6 |
| Figura 2-1: Redes Inalámbricas según su alcance | 8 |
| Figura 3-1: Piconet y Scatternet..... | 9 |
| Figura 4-1: Espectro electromagnético de frecuencias | 10 |
| Figura 5- 1: RC5 | 11 |
| Figura 6-1: NEC | 11 |
| Figura 7-1: SIRC..... | 12 |
| Figura 8-1: Canales en 802,11(WiFi) | 15 |
| Figura 9-1: FHSS y DSSS | 17 |
| Figura 10-1: Concentracion de energia en 1 MHz y 22 MHz..... | 17 |
| Figura 11-1: IBSS, BSS y ESS | 19 |
| Figura 12-1: Cobertura de varios APs | 20 |
| Figura 13-1: Trama WLAN IEEE 802.11 | 21 |
| Figura 14-1: Transductores de Entrada y Salida..... | 22 |
| Figura 15-1: Disposiciones de Pines del Arduino Nano..... | 24 |
| Figura 16-1: Placa de desarrollo MCU-ESP8266..... | 26 |
| Figura 17-1: Placa de desarrollo MPU6050 | 28 |
| Figura 18-1: Placa Raspberry Pi 3 Model B | 29 |
| Figura 19-1: Puertos GPIO de la Raspberry Pi 3 Model B..... | 30 |
| Figura 20-1: GUI de Raspberry Pi 3 Model B..... | 31 |
| Figura 21-1: Diagrama de bloques del procesamiento digital de imagen..... | 33 |
| Figura 22-1: Cuadro de información sobre Personas con Movilidad Reducida (PMR) | 35 |
| Figura 23-1: Zona corporal afectada por daño en vertebra C6 | 38 |
| Figura 24-1: Datos deL consejo de Igualdad de Discapacidades..... | 39 |
| Figura 25-1: Constitucion Anatómica del Ojo Humano | 41 |
| Figura 26-1: Campo Visual de los Ojos..... | 43 |
| Figura 1-2: Topología General del sistema inalámbrico..... | 45 |
| Figura 2-2: Diagrama de Bloques del Sistema de Comunicación Inalámbrica | 46 |
| Figura 3-2: Voice recognition Module V3 | 47 |
| Figura 4-2: Voice Recognition Module V3 | 47 |
| Figura 5-2: Acceso a vr_sample_train en Arduino IDE | 48 |
| Figura 6-2: Configuracion Básica de vr_sample_train | 48 |
| Figura 7-2: Acceso a vr_sample_control_led..... | 49 |

| | |
|--|----|
| Figura 8-2: Configuración de Puertos digitales en función al comando de Voz | 50 |
| Figura 9-2: Configuración de Puertos controlados por Comandos de Voz | 50 |
| Figura 10-2: Códigos HEX de control remoto LG | 51 |
| Figura 11-2: Código de Control Remoto IR | 51 |
| Figura 12-2: Diagrama de flujo del Sistema de procesamiento de ojo | 52 |
| Figura 13-2: Cámara Web-Cam Usb. | 53 |
| Figura 14-2: Ordenador hp pavilion g series 1c57dx..... | 54 |
| Figura 15-2: Raspberry Pi 3..... | 54 |
| Figura 16-2: Router TP-LINK TL-WR740N..... | 55 |
| Figura 17-2: Módulo Relé..... | 55 |
| Figura 18-2: Lectura y Escritura de Archivos..... | 57 |
| Figura 19-2: Estructura IF..... | 57 |
| Figura 20-2: Librerías de Configuración en GPIO | 57 |
| Figura 22-2: Geometry | 58 |
| Figura 23-2: Image Mask..... | 58 |
| Figura 24-2: Color Plane Extraction..... | 59 |
| Figura 25-2: Particle Classification..... | 59 |
| Figura 26-2: Software de adquisición y procesamiento de imagen pre-instalado | 59 |
| Figura 27-2: Instalación del Vision Assistant..... | 60 |
| Figura 28-2: Algoritmo de adquisición y clasificación la imagen del ojo | 60 |
| Figura 29-2: Pasos para acceder al Vision Acquisition express | 61 |
| Figura 30-2: Selección de la cámara en el Vision Acquisition..... | 61 |
| Figura 31-2: Modo de adquisición de imagen | 62 |
| Figura 32-2: Ventana del Vision Assistant..... | 62 |
| Figura 33-2: Script programado para el reconocimiento de posición de ojo | 63 |
| Figura 34-2: Imagen obtenida clasificada como “arriba” | 64 |
| Figura 35-2: Muestras a comparar para realizar la clasificación | 64 |
| Figura 36-2: Entrenamiento de muestra a clasificar | 65 |
| Figura 37-2: Agregar muestra al clasificador | 65 |
| Figura 38-2: Bloque creado como resultado del algoritmo del NI Vision Assistant | 66 |
| Figura 39-2: Programación estructura Case del movimiento “arriba”..... | 67 |
| Figura 40-2: Programación estructura Case del movimiento “abajo” | 67 |
| Figura 41-2: Panel frontal mostrando la clasificación del movimiento del ojo | 67 |
| Figura 42-2: Bloque IMAQ Write file | 68 |
| Figura 43-2: Configuración de servidor SAMBA sobre Raspbian | 69 |
| Figura 44-2: Entorno de red compartida del servidor de archivos SAMBA | 70 |

| | |
|---|----|
| Figura 45-2: Scrip que nos permite encender o apagar los GPIO..... | 71 |
| Figura 46-2: Bloque Open/Create/Repleace File | 72 |
| Figura 47-2: Procesamiento de imagen y creación de archivo de texto..... | 72 |
| Figura 48-2: Script de adquisición de imagen desde la Webcam | 73 |
| Figura 49-2: Programación del Cliente-Servidor en Arduino IDE | 74 |
| Figura 50-2: Enlace inalámbrico entre los comandos de voz y LabView | 74 |
| Figura 51-2: BLOques de lectura de Arduino sobre LabView | 75 |
| Figura 52-2: Ventana de bloques de LabView | 76 |
| Figura 53-2: Ventana del panel frontal de LabView | 76 |
| Figura 54-2: Ingreso a los archivos compartidos del Raspberry..... | 77 |
| Figura 55-2: Archivos de texto a comparar y Script de Python para manejo de archivos | 77 |
| Figura 56-2: Script de captura de imagen e imagen creada por el Script | 77 |
| Figura 57-2: Ejecucion de Script Manejo de orden en el CLI | 78 |
| Figura 58-2: Script Cmara_aprobada compilada en el IDLE de Pyhton | 78 |
| Figura 59-2: Verificación de comunicacio serial..... | 79 |
| Figura 60-2: Funcionamiento Caso 1 en LabView y Python..... | 80 |
| Figura 61-2: Funcionamiento Caso 2 en LabView y Python..... | 81 |
| Figura 62-2: Funcionamiento Caso 3 en LabView y Python..... | 81 |
| Figura 63-2: Funcionamiento Caso 4 en LabView y Python..... | 82 |
| Figura 64-2: Entrenamiento con el Sketch de vr_sample_train..... | 83 |
| Figura 65-2: Entrenamiento de comandos de voz y utilización de Puertos. | 84 |
| Figura 66-2: Programacion de módulo MPU6050..... | 84 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1-1: Etapas del Procesamiento digital de imagen | 32 |
| Gráfico 2-1: Causas más comunes de Lesiones en la Médula Espinal | 36 |
| Gráfico 1-2: Bloques utilizados para el procesamiento de Imagen en LabView | 63 |
| Gráfico 1-3: Diagrama de barras del funcionamiento de los comandos de voz..... | 86 |
| Gráfico 2-3: Valoración de funcionamiento del sistema..... | 86 |
| Gráfico 3-3: Valoración de funcionamiento del sistema..... | 87 |
| Gráfico 4-3: Comparacion entre Tiempo de Operación teórico vs real | 89 |

RESUMEN

El objetivo del trabajo de investigación fue el diseño y la implementación de un sistema inalámbrico que permita interactuar con el entorno a personas con limitación motriz utilizando el movimiento de ojos y comandos de voz, el prototipo fue diseñado mediante NI Vision Acquisition para el procesamiento de imagen. La captura de imágenes se implementó con una cámara web usb conectada al Raspberry PI 3, la cual se acopló cerca del ojo para la adquisición de imágenes, mediante un script desarrollado en Python, la Raspberry permite capturar y almacenar la imagen tomada del ojo, la cual es analizada y procesada en LabView determinando dos movimientos: arriba y abajo, y en segunda estancia el control respectivo de los puertos de entrada y salida (GPIO) del Raspberry en función del movimiento del ojo, la imagen es compartida mediante un servidor SAMBA en la red local de tal manera que LabView procesa la imagen de acuerdo a una clasificación de patrones y de forma, asignándole una calificación en función de las muestras almacenadas; al determinar la posición del ojo, se envía la orden a su respectivo actuador a través de la red inalámbrica wifi usando módulos ESP8266; los comandos de voz están perfilados bajo tarjetas de desarrollo Arduino mas un módulo de reconocimiento de voz Module V3 que mediante el uso de un micrófono se cumple la función de control remoto básico usando la tecnología inalámbrica infrarrojo (IR), además de la configuración de un comando de voz para activar el procesamiento de imágenes, las respectivas pruebas de funcionamiento del prototipo se ejecutaron con personas discapacitadas, determinando que el prototipo tiene de una fiabilidad del 80% con respecto a su funcionalidad y una latencia máxima medida 1,13 segundos en el procesamiento de imagen. Al entrenar los comandos de voz se recomienda pronunciar y modular claramente las palabras.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TELECOMUNICACIONES>, <PROCESAMIENTO DE IMÁGENES>, <DISCAPACIDAD MOTRIZ>, <COMUNICACIONES INALÁMBRICAS>, <RECONOCIMIENTO DE VOZ>.

SUMMARY

The objective of this research was the design and implementation of a wireless system that allows interacting with environment to people with motor limitation using eye movement and voice commands, the prototype was designed using NI Vision Acquisition to the processing of image. Image captures were implemented with a USB webcam connected to the Raspberry PI 3, which was coupled near the eye to the image acquisition using a script developed in Python. The Raspberry allows capturing and storing the image taken from the eye that is analyzed and processed in LabView by determining two movements: up and down. Secondly, the respective control of the input and output ports (GPIO) of the Raspberry depending on the movement of the eye. The image is shared by a SAMBA server in the local networks in such a way that LabView processes the image according to a classification of patterns and shape assigning a qualification based on the stored samples. When determining the position of the eye, the order is sent to its respective actuator through the WI-FI wireless network using ESP8266 modules. The voice commands are outlined under Arduino development cards plus a voice recognition module Module V3 that by using a microphone the basic remote control function is fulfilled using infrared (IR) wireless technology. In addition to the configuration of a voice command to activate image processing, the respective prototype performance tests were performed with disabled people, determining that the prototype has a reliability of 80% with respect to its functionality and a maximum latency of 11,3 seconds in the processing of image. When training voice commands, it is recommended to pronounce and modelate the words.

KEY WORD: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <TELECOMMUNICATIONS>, <IMAGE PROCESSING>, <MOTOR DISABILITY>, <WIRELESS COMMUNICATIONS >, <VOICE RECOGNITION>.

INTRODUCCION

El presente trabajo de titulación esta enfocado en el diseño e implementación de un sistema inalámbrico que permita interactuar con el entorno a personas con limitación motriz utilizando el movimiento de ojos y comandos de voz.

Mediante el procesamiento de imagen y digitalización de señales analógicas se diseñara un sistema de control para el manejo de tareas básicas como son: el control de encendido y apagado de luces, sistema de ventilación y el control básico de un televisor. Permittiendole a la persona con limitación motriz tener mayor autonomía.

Para desarrollar el procesamiento de imagen se utilizara LabView con NI Vision Acquisition, que permitirá la captura de imágenes del ojo a travez de una cámara web ubicada cerca del ojo de la persona discapacitada, con este proceso se tendrá acceso al movimiento del glóbulo ocular y posteriormente mediate algoritmos de comparación de imágenes se defnira dos movimientos del ojo para el control de luces y sistema de ventilación.

La digitalización de señales analogicas permitirá el reconocimiento de voz de la persona con discapacidad para ejecutar tareas, para el tratamiento de estas señales sedefinira a travez de tarjetas de desarrollo arduino y un modulo de reconocimiento de voz Module V3. Para la comunicación inaambrica se utilizara modulos ESP8266 bajo el estándar IEEE 802.11 (WIFI),

Los métodos y técnicas que se usaran en este trabajo de titulación será la investigacion bibliográfica para la obtención de información y pruebas con personas discapacitadas para definir el nivel de aceptación de la propuesta tecnológica y la incidencia positiva en personas con limitación motriz.

ANTECEDENTES

Las personas con discapacidad en el Ecuador pueden ser parte para el comienzo de una investigación o para el desarrollo de nuevos proyectos tecnológico, lo cual permitirá a la persona con discapacidades sobrellevar una vida más estable.

El término "inalámbrico" hace referencia a la tecnología sin cables que permite conectar varias máquinas entre sí. Las conexiones inalámbricas que se establecen entre los empleados remotos y una red confieren a las empresas flexibilidad y prestaciones muy avanzadas.

Se mide en Mbps. Un Mbps es un millón de bits por segundo, o la octava parte de un MegaByte por segundo - MBps. (Recordemos que un byte son 8 bits.)

El uso de una comunicación inalámbrica en nuestros días hace posible mayor movilidad, pero la limitante es la distancia de cobertura, de acuerdo a la tecnología que se use. Además del tipo de interferencias que se presentan en un medio no guiado.

La electrónica aplicada a desarrollo de prototipos en el ámbito de la medicina permite a personas con discapacidades adquirir prótesis y poder sobrellevar una vida mejor.

El desarrollo de un prototipo que permita a personas con limitación motriz realizar tareas sencillas como encender un foco o mover una persiana, lo cual es la motivación para la investigación de un prototipo que permita realizar este tipo de tareas interactuando el movimiento de ojos o simplemente con comandos de voz.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las principales limitaciones que se presentan en una persona con limitación motriz en el desarrollo de actividades cotidianas como es la movilización o la convivencia en su hogar han acarreado serios problemas afectando silenciosamente no solo a las personas que padecen de ello, sino también a sus familiares. Además del impacto psicológico por no poder realizar tareas básicas como encender un foco o cerrar una persiana conlleva a traumas psicológicos futuros. En ciertos casos lastimosamente la falta de atención por parte de sus propios familiares causan un sentimiento de abandono y soledad atormentando mucho más a las personas afectadas con este problema, que por lo general son residentes en sus propias casas o en casos extremos en un hospital. Lo cual implica llevar una vida muy limitada, que en ciertos casos extremos algunas de

estas personas con este tipo de limitación motriz hacen que prefieran la muerte como la mejor opción ante esta problemática. La posibilidad de adquirir un sistema especializado en estas personas en el Ecuador es muy difícil ya que en otros países es muy posible hacerlo con la ayuda de dispositivos electrónicos sin embargo son excesivamente caros y la posibilidad de adquisición son casi nulas.

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cuáles son los cuidados principales de una persona con limitación motriz ubicada en un hospital u hogar?
- ¿Cuáles son las variables externas que una persona con limitación motriz puede controlar en su entorno?
- ¿Cómo podría interpretar el sistema inalámbrico los requerimientos de esa persona con limitación motriz?
- ¿Cómo ejecutar las órdenes realizadas desde la persona con limitación motriz hacia el sistema inalámbrico?
- ¿Cómo el usuario con limitación motriz podrá manipular el sistema diseñado?
- ¿Qué dispositivo de bajo coste me permitirá adquirir datos desde los ojos y la voz de una persona con limitación motriz y transmitir órdenes a los actuadores en una LAN?
- ¿Qué controlador usaríamos para procesar los datos adquiridos desde los ojos y la voz para poner en funcionamiento el sistema inalámbrico?
- ¿Qué funciones principales deben estar programadas en este sistema de comunicaciones para que la persona con limitación motriz pueda desenvolverse en su entorno por sí misma?
- ¿Cuáles son los recursos de la red de comunicaciones que requerirá el sistema para un óptimo funcionamiento?

JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.

Se propone diseñar un dispositivo electrónico que permita solucionar en su mayoría los problemas que posee una persona con limitación motriz, teóricamente se usara la tecnología inalámbrica para la transmisión de los datos por brindarle mucha más comodidad al usuario, para no limitarlo aún más debido a la situación de la persona con limitación motriz. Para ello haremos uso de tecnología ya existente y las ventajas del tratamiento de señales interpretadas por una cámara web en el caso de la adquisición del movimiento de los ojos y un módulo de arduino para la voz de la persona con limitación motriz.

Para poder interconectar al sistema inalámbrico poseemos dos tipos de dispositivos, el maestro que controla las órdenes y los esclavos que son los que las cumplen, estos dispositivos esclavos se desea que sean Wireless para la comodidad del usuario usando el estándar el 802.15 correspondiente a BlueTooth en sus diferentes versiones los cuales serán analizados en el desarrollo del proyecto para la interconectividad del sistema.

El ordenador posee un microprocesador que es capaz de ejecutar múltiples tareas al mismo tiempo utilizando esta ventaja la tarjeta rasperry pi es un mini ordenador y es muy útil por su tamaño y costo, en ella podemos realizar el análisis, procesamiento y transmisión de las ordenes provenientes del usuario hacia los dispositivos actuales los cuales serán sensores instalados de acuerdo a su función, los sensores inalámbricos utilizados son elegidos de acuerdo al sistema de comunicaciones inalámbrico a utilizar.

Con la existencia de software open source es posible el desarrollo de aplicaciones o programas sin la necesidad de pagar por el uso de herramientas disminuyendo el costo de implementación que es uno de los factores más importantes y limitantes en un estudio de factibilidad técnica, además que incentiva la innovación de lo ya existente, mejorándolo o fundamentando nuevos trabajos de investigación.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

El sistema inalámbrico trae beneficios a la persona con limitación motriz que le ayudaran a la misma a interactuar con su entorno, permitiéndole operar en su lugar de residencia, además de brindarle comodidad porque él será quien manipule todo este sistema, lo cual contribuiría de

manera positiva no solo a disminuir su soledad o limitarlo a su área actual de estadía, sino también a elevar su autoestima, permitiéndole sentir que la vida le ha dado otra alternativa de vida y que la tecnología usándola correctamente es beneficiosa para las cualquier tipo personas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un sistema inalámbrico que permita interactuar con el entorno a personas con limitación motriz utilizando el movimiento de ojos y comandos de voz.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar los tipos, causas, problemas y necesidades de las personas con limitaciones motrices en el Ecuador.
- Investigar acerca de las tecnologías inalámbricas compatibles con las tarjetas de desarrollo Raspberry Pi y arduino.
- Analizar las señales recibidas a través de la cámara web desde los ojos de la persona con limitación motriz, comandos de voz y datos provenientes de un acelerómetro para controlar eventos.
- Diseñar el sistema de control inalámbrico para la secuencia de encendido o apagado de los actuadores por medio del movimiento de ojos, comandos de voz y datos provenientes del acelerómetro.
- Implementar un sistema de control inalámbrico por movimiento de ojos, comandos de voz y acelerómetro.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Sistema de comunicaciones

Un sistema de comunicaciones básicamente está diseñado para transmitir información sobre un canal de comunicación, dicho sistema de comunicación está constituido por un transmisor, un receptor y un canal de transmisión como se puede apreciar a continuación. (Frenzel, 2015, p. 5)

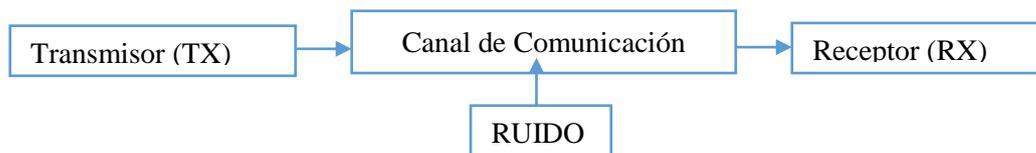


Figura 1-1: Sistema de Comunicación Básico

Fuente: (Frenzel, 2015, p. 5), Un modelo general de todos los sistemas de comunicaciones

1.1.1 Elementos de un Sistema de Comunicación.

1.1.1.1 Transmisor.

Es una colección de circuitos para convertir señales eléctricas, los transmisores generalmente se componen por osciladores, amplificadores, circuitos sintonizadores, filtros moduladores, mezcladores de frecuencia, entre otros. (Tomasi, 2013, p. 2)

1.1.1.2 Canal de comunicación.

Es el medio por el cual viaja la señal portadora de información, estos pueden ser un medio guiado o no guiado. Al referirse de un medio guiado corresponde a medios alámbricos como son: cable coaxial, conductores eléctricos, fibra óptica. Y al hablar de medios no guiados representamos al espacio libre. (Couch, 2013, pp. 8-10)

1.1.1.3 Ruido.

Son señales no deseadas que degrada la señal portadora de información. En los sistemas de comunicación siempre se encuentra inmerso ya sea por factores internos como el ruido térmico que se genera en los componentes electrónicos o por factores externos como son las condiciones ambientales las cuales son no ideales. El gran problema en sistemas de comunicaciones es que

dicha variable no se puede prescindir completamente, este tipo de energía aleatoria siempre esta presente en los sistemas de comunicaciones. (Frenzel, 2015, p. 7)

1.1.1.4 *Receptor.*

Es una colección de circuitos electrónicos que permiten recibir el mensaje enviado por el transmisor, al igual que el transmisor el receptor contiene amplificadores, osciladores, mezcladores, circuitos sintonizadores, filtros y un demodulador o detector el cual permite recuperar la señal que fue enviada para posteriormente ser interpretada. (Stalligs, 2016, pp. 4-7)

1.2 **Redes Inalámbricas**

Es un tipo de comunicaciones, usa como medio de transmisión el aire mediante Ondas de Radio, en la actualidad es una de las tecnologías más usadas por una de sus características valoradas como positivas “la portabilidad” o traslado de los equipos informáticos. En comparación con redes cableadas su velocidad de trasmisión es menor, y la principal debilidad de este tipo de tecnología es la seguridad, ya que la información se transporta a través del ESPECTRO RADIO ELÉCTRICO razón por la cual puede ser interceptada la información y descifrada. (Cruz, 2013, p. 19)

No se espera que las redes inalámbricas reemplacen a redes cableadas, sino que trabajen juntas formando una infraestructura de red hibrida como actualmente se usa en campos universitarios, empresas, pymes, entre otros. (Ordenadores y Portátiles, 2014)

1.2.1 *Tipos de Redes Inalámbricas.*

Existen diferentes tipos de redes inalámbricas como son: las de área personal, las de área local, las de área metropolitana hasta las redes inalámbricas de área global. También se puede definir los diferentes tipos de redes inalámbricas de acuerdo a su alcance como se muestra a continuación. (Cruz, 2013, p. 23)

Tabla 1-1: Tipos de Redes Inalámbricas

| WPAN | WLAN | WMAN | CELULAR |
|-----------------------|------------------------|---------------|----------------------|
| < 10 metros | Edificio-Campus | Ciudad | Región-Global |
| BLUETOOTH | WI-FI | LMDS | 2.5 G |
| ZIGBEE | HOMERF | MMDS | 3G |
| IRDA | HIPERLAN | WIMAX | 4G, 4.5 G, 5G |

Fuente: (Cruz, 2013, p. 23)

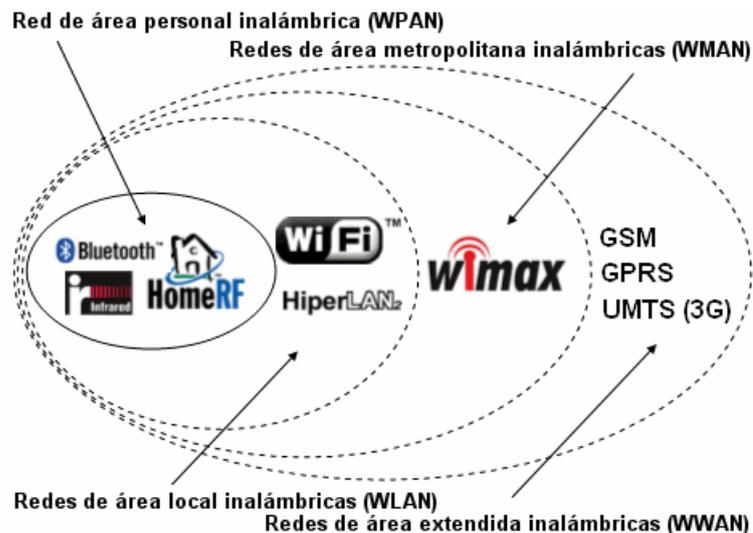


Figura 2-1: Redes Inalámbricas según su alcance

Fuente: (Cruz, 2013, p. 23), Redes de área extendida inalámbricas (WWAN)

La velocidad de transmisión de datos depende de la tecnología así como la distancia de cobertura, mientras más cerca este de la antena trasmisora, las características de comunicación se mantienen. (Anon., s.f.)

Tabla 2-1: Velocidad de transmisión de Redes Inalámbricas

| | PAN | LAN | MAN | WAN |
|---------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--|
| Standars | Bluetooth | 802.11a, 11b, 11g, HiperLAN2 | 802.11 MMDS, LMDS | GSM, GPRS, CDMA, 2.5 - 4G |
| Speed | < 1Mbps | 1-54+ Mbps | 22+ Mbps | 10 Kbps to 3900 Mbps |
| Range | Short | Medium | Medium-Long | Long |
| Applications | Peer to Peer Device to Device | Enterprise network | Fixed, last mile Access | PDAs, Mobile Phones, celular access |

Fuente: (Andrés Santiago Cisneros B., 2015)

1.3 Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN)

Son redes de cobertura máxima de 10 metros, son usadas para la interconectividad de dispositivos portátiles personales. (Camargo Olivares, 2009)

1.3.1 Bluetooth.

Definido en el estándar IEEE 802.15.1 publicado en Junio 2002. Es una tecnología de redes inalámbricas WPAN más conocidas que posibilita la transmisión de voz y datos mediante un enlace de radio frecuencia en la banda ISM (2,4 GHz) utilizando FFSH (Frequency Hopping Spread Spectrum, “Espectro Expandido por Salto de Frecuencia”), fue desarrollada en 1994 por

la empresa sueca Ericsson con la finalidad de conseguir una comunicación entre teléfonos móviles y sus accesorios (auriculares, computadoras, etc.). (Andrés Santiago Cisneros B., 2015)

Las comunicaciones de Bluetooth se realizan mediante un modelo maestro-esclavo, el terminal maestro se puede comunicar hasta con siete terminales esclavos de manera simultánea, no obstante el terminal maestro puede suspender la comunicación con un terminal esclavo y activar la comunicación con un nuevo terminal esclavo a esta técnica se le denomina “parking”. (Bernal Iván, 2010)

Al conjunto maestro/esclavo se lo conoce como “piconet”, en ocasiones un terminal o dispositivo puede ser maestro de un piconet y esclavo de otro piconet a esto se lo conoce como “scatternet” (red dispersa). (Bernal Iván, 2010)

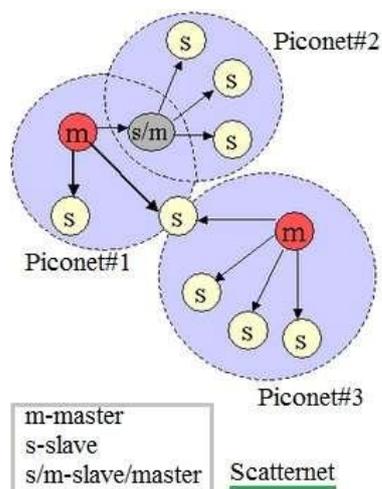


Figura 3-1: Piconet y Scatternet
Fuente: (RF Wireless World, 2012)

1.3.2 Velocidad de Transmisión de Bluetooth.

Con respecto a velocidades de transmisión varía en función de la versión de bluetooth como se puede observar a continuación. (330 ohms, 2017)

Tabla 3-1: Velocidad de Transmisión de Bluetooth

| | Bluetooth 1.0 | Bluetooth 1.2 | Bluetooth 2.0 + EDR | Bluetooth 2.1 + EDR | Bluetooth 3.0 + HS | Bluetooth 4.0 |
|---------------------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------|
| Velocidad de Transmisión | 721 Kbps | 721 Kbps | 2.1 Mbps | 3 Mbps | 24 Mbps | 24 Mbps |
| Lanzamiento | 2002 | 2003 | 2004 | 2007 | 2009 | 2010 |

Fuente: (Concerto, 2017)

1.3.3 Infrarrojo.

Comunicación inalámbrica por medio de haces de luz infrarroja (radiación electromagnética invisible al ojo humano). El aplicativo de este tipo de comunicación es muy popular en controles a distancia para operar aparatos domésticos como son: electrodomésticos, televisores, aparatos de audio y video entre otros. (Calefaccion Solar, 2014)

También se incluyeron en otros dispositivos este tipo de tecnología como teléfonos móviles, PDAs, computadores portátiles. Pero a lo largo del tiempo se ha ido reemplazando por tecnologías nuevas que ofrecen mayores prestaciones como mayor velocidad de transmisión. Una de las limitantes de la comunicación infrarroja es la potencia de transmisión relativamente baja que reduce la cobertura a unos cuantos metros, además de que ciertos sistemas requieren de línea de vista directa entre el transmisor y receptor. (Cruz, 2013, pp. 26-27)

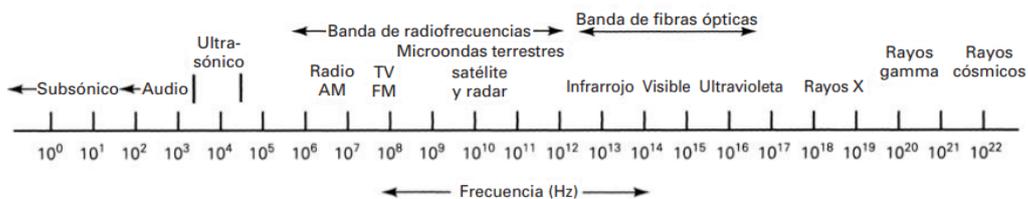


Figura 4-1: Espectro electromagnético de frecuencias

Fuente: (Tomasi, 2013, p. 5), Espectro electromagnético de frecuencias

En la figura 1-4 se define la distribución del espectro electromagnético y como ocupa los distintos aplicativos para la comunicación inalámbrica, se puede observar que la comunicación por infrarrojo se encuentra entre la luz visible y las comunicaciones por satélite y radar con un factor de 10^{11} y 10^{13} lo que implica que son frecuencias relativamente altas, ya que este tipo de frecuencias son muy propensas al ruido, se emplea el infrarrojo para la transmisión pero sobre modulando la luz infrarroja con una portadora para enviar la información. (Limann, 1988)

De acuerdo con (Cruz, 2013, p. 27) las comunicaciones por infrarrojo se pueden definir en dos categorías:

- **Infrarrojo por haz directo.** Este tipo de comunicación necesita una visibilidad directa sin obstáculos entre el transmisor y receptor.
- **Infrarrojo por haz difuso.** No necesita visibilidad completa entre los terminales, el haz de luz tiene suficiente potencia como para alcanzar el destino mediante múltiples reflexiones en los obstáculos.

De acuerdo a los diferentes estándares que están disponibles para dispositivos transmisores y receptores, están aquellos que operan a una frecuencia de portadora que va desde 30 hasta los 56 khz para recibir o enviar ráfagas de datos. (Forouzan, 2013)

1.3.4 *Protocolos de control remoto infrarrojo.*

De acuerdo al fabricante de dispositivos como mandos a distancia para televisores y DVD existen los siguientes protocolos definidos en (Scorpionz, 2014).

- **RC5.** Este protocolo usa la modulación BI-Phase (Codificación Manchester), con una frecuencia de portadora de 36 khz. El tiempo de 0L y 1L es igual a 1,788 ms y el tren de pulsos se representa a continuación.

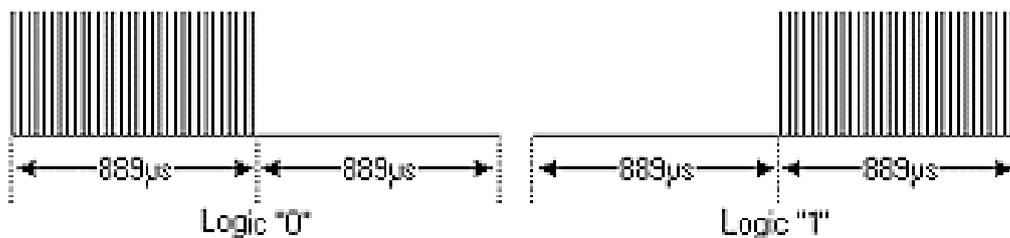


Figura 5- 1: RC5
Fuente: lh3.googleusercontent.com

- **NEC:** Dicho protocolo utiliza la codificación de distancia de pulsos, cada ráfaga de impulsos dura 562,5 us y una frecuencia portadora de 38khz. El pulso de 1L dura el doble que de 0L, es decir para 0L dura 1,12 ms y para 1L dura 2,25 ms.

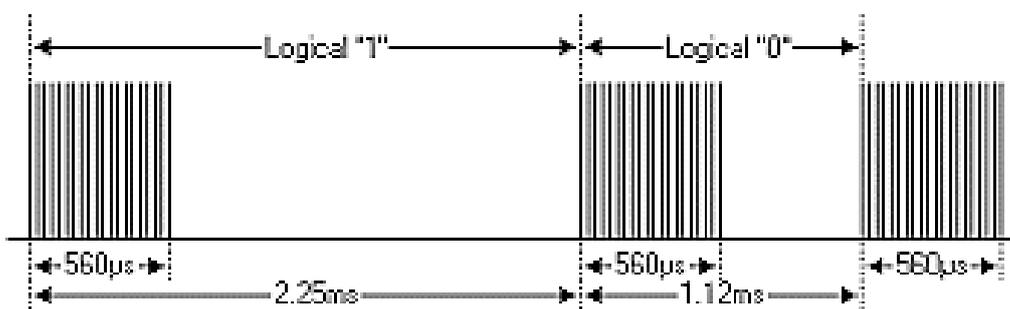


Figura 6-1: NEC
Fuente: lh3.googleusercontent.com

- **SIRC:** (Serial InfraRed Control), Sony desarrollo este protocolo de control serial por ancho de pulso. El tiempo que tarda en enviar una ráfaga de pulsos en 1L tarda 1,2 ms y para 0L 0,6 ms, este protocolo opera con una frecuencia portadora de 40 khz.

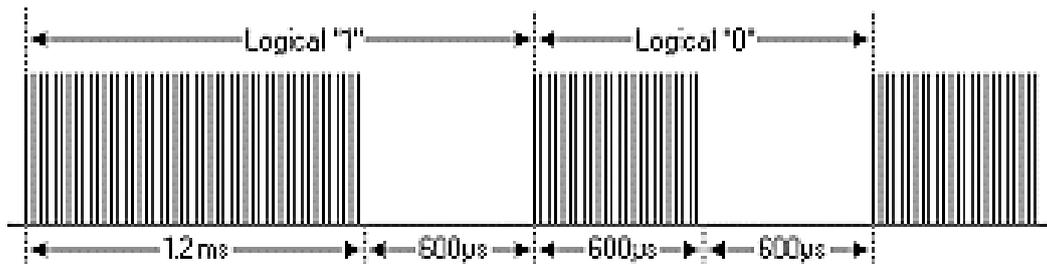


Figura 7-1: SIRC

Fuente: lh3.googleusercontent.com

1.3.5 *Zigbee.*

Definido en el estándar IEEE 802.15.4, es el conjunto de protocolos de alto nivel de comunicaciones inalámbricas para su uso, desarrollado por ZigBee Alliance que fue constituido por varias industrias, sin ánimo de lucro y trabajó junto con la IEEE para desarrollar el estándar antes mencionado. Este tipo de tecnología se usa en aplicaciones que requieren comunicaciones seguras de baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de baterías. En redes domóticas, Zigbee es muy usado por sus características antes descritas. (Pérez, 2017, pp. 21-24)

1.3.6 *Tipos de nodos Zigbee.*

De acuerdo a estudio de (Loayza Jhon, 2016, p. 35) se define los tipos de nodos de Zigbee como se explica a continuación:

1.3.6.1 *Nodo Coordinador Zigbee.*

Es el nodo más importante en la red ya que controla y determina los diferentes caminos existentes para la comunicación, solo puede existir un coordinador por red, este puede comunicarse con coordinadores de otra red, además de ser el nodo que almacena toda la información de red.

1.3.6.2 *Nodo Router Zigbee.*

Tiene como función enrutar o encaminar la información que es enviada por los dispositivos finales, este tipo de nodo siempre debe estar activo.

1.3.6.3 *Dispositivo Final Zigbee.*

Es aquel que solo se puede comunicarse con el coordinador, este no puede recibir ni enviar

información de otros nodos, su estado puede ser activo o inactivo lo que le permite ahorrar el tiempo de uso de baterías, además de ser más económico con respecto a los anteriores.

1.3.7 Topología de redes Zigbee.

De acuerdo (Forouzan, 2013) para la comunicación en redes Zigbee existen las siguientes topologías:

- Topología en estrella, el nodo coordinador es centralizado es decir todos los dispositivos finales se interconectan con él.
- Topología en árbol, este tipo de topología comienza con el nodo coordinador y se va desplegando con nodos routers que en este caso serían las ramas y las hojas corresponderían a los dispositivos finales.
- Topología en malla, una de las topologías más usadas puesto que el nodo coordinador se puede interconectar tanto con dispositivos finales como nodos routers, asegurando la redundancia y la escalabilidad de la red.

De estas tres topologías la más usada es la de malla ya que un nodo Zigbee puede estar conectado con otros nodos de la misma red, con lo que se asegura que la comunicación nunca se interrumpa entre los diferentes nodos (redundancia de red), el nodo coordinador se encarga de esta tarea. (Loayza Jhon, 2016, p. 36)

1.4 Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN)

Este tipo de LAN es una red informática a la que varios equipos acceden, compartiendo un espacio geográfico reducido e interconectándose por medio de ondas de radio sin dependencia de cables. Lo que implica movilidad dentro del área de cobertura, una de las tecnologías más relevantes y conocidas en WLAN es WIFI, por ejemplo en entornos empresariales, campus universitarios, hogares, etc. (Cruz, 2013, pp. 57-58)

Son lugares en los cuales WIFI es una tecnología muy usada explotando su ventaja de movilidad, pero a la vez aparecen necesidades de carácter obligatorio como lo es la seguridad y la velocidad de transmisión de datos. Al trabajar en un medio de transmisión no guiado la interceptación de señales se hace más fácil para atacantes informáticos, para evitar en lo posible a que los ataques a redes WLAN se reduzca se utiliza algoritmos, cifrado de información y claves de seguridad. (Sevilla, 2010, p. 427)

Con respecto a la velocidad de transmisión se ha ido trabajando tanto en la banda de 2.4 GHz y la de 5 GHz, ya que la banda de 2.4 está completamente saturada se está explotando la banda de 5 GHz lo que ha permitido aumentar la velocidad de transmisión hasta 1500 kbps. (Lamprea, 2015)

1.4.1 *Wifi.*

Está definido en el estándar IEEE 802.11 para redes inalámbricas, utiliza CSMA (Carrier Sense Multiple Access) Acceso Múltiple por Detección de Portadora para evitar colisiones de transmisión.

La señal emitida por una estación wireless se llama portadora (carrier) es una señal constante a una determinada frecuencia. Una estación de radio que sólo transmite la portadora no está emitiendo datos de ningún tipo. Para agregar información, el transmisor debe modular la portadora para insertar la información que desea transmitir. Las estaciones receptoras deben revertir el proceso demodulando la portadora para recuperar la información original. (Ráez, 2009)

Los métodos de modulación pueden ser diferentes según hagan variar la frecuencia o la amplitud de la señal portadora. Las WLAN utilizan unas técnicas de modulación más complejas porque sus volúmenes de datos son mayores que los de audio. (Sevilla, 2010, p. 486).

1.4.2 *Colisiones en WLAN.*

Este fenómeno ocurre cuando dos o más estaciones wireless transmiten al mismo tiempo y los receptores recibirán errores, ruido o datos incorrectos, para saber que la trama ha sido recibida correctamente la estación receptora procede a enviar un ASK de confirmación. Pero el uso de ASK no logra la detección de colisiones totalmente, por lo tanto IEEE 802.11 usa CSMA/CA, es decir todas las estaciones deben estar a la escucha para posteriormente transmitir una trama. Mientras las redes cableadas detectan las colisiones, las redes inalámbricas intentan evitarlas. (Sevilla, 2010, p. 480)

Según (Sevilla, 2010, p. 480) existen dos opciones al momento de enviar tramas en una comunicación inalámbrica:

- Que ningún otro dispositivo este transmitiendo, esto permite enviar la trama a la estación receptora sin problemas y esta última envía un ASK de confirmación para decir

que la trama original ha llegado sin problemas y libre de colisiones.

- Que otro dispositivo este transmitiendo al mismo tiempo, en este caso la estación debe esperar hasta que la trama sea enviada completamente, y esperar un periodo aleatorio de tiempo para transmitir su propia trama.

1.4.3 *Radiofrecuencia en WLANs.*

WLAN ocupa la banda de frecuencia de 2.4 GHz comprendido en el rango 2.412 a 2.484 GHz y en la banda de 5 GHz dentro del rango de 5.150 a 5.825 GHz, la mayoría de equipos usan la banda de frecuencia de 2.4 GHz pero en la actualidad ya existen equipos doble banda que trabajan tanto en la banda de 2,4 como en la banda de 5 GHz solo que estos equipos son más costosos. (Andrés Santiago Cisneros B., 2016)

1.4.4 *Canalización del estándar IEEE 802.11.*

El ancho de canalización es de 22 MHz, la separación entre bandas de frecuencia centrales es de 5 MHz, también como observación el canal 1, el canal 6 y el canal 11 no están solapados por lo cual no causan interferencias co-canal entre ellos por lo tanto al realizar una planificación para aumentar el radio de cobertura se debe tomar en cuenta estas premisas en el diseño de red. (Bernal Iván, 2010)

Además depende la restricción del número de canales permitidos en cada país o ubicación geográfica, por ejemplo en Ecuador se adoptó el estándar Norteamericano del uso de 11 canales. (Sin cables, 2015)

Canales en 802.11(WiFi)

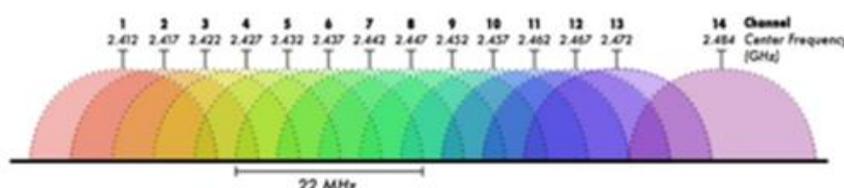


Figura 8-1: Canales en 802,11(WiFi)

Fuente: (Andrés Santiago Cisneros B., 2016)

Como se puede observar en la tabla 1-4 la distribución de frecuencias de acuerdo al número de canal en la banda ISM de 2.4 GHz en función del país o región geográfica dependiendo de la jurisdicción del plan nacional de frecuencias. (Maravento Studio, 2014)

Tabla 4-1: Frecuencias por canal en IEEE 802.11

| Canal | Frecuencia (MHz) | U.S. and Canada | Europe | Spain | France | Japan | Australia | Venezuela | Israel |
|-------|------------------|-----------------|--------|-------|--------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 1 | 2412 | Yes | Yes | No | Yes | Yes | Yes | Yes | No |
| 2 | 2417 | Yes | Yes | No | Yes | Yes | Yes | Yes | No |
| 3 | 2422 | Yes | Yes | No | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 4 | 2427 | Yes | Yes | No | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 5 | 2432 | Yes | Yes | No | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 6 | 2437 | Yes | Yes | No | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 7 | 2442 | Yes | Yes | No | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 8 | 2447 | Yes | Yes | No | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 9 | 2452 | Yes | Yes | No | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 10 | 2457 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | No |
| 11 | 2462 | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | No |
| 12 | 2467 | No | Yes | No | Yes | Yes | Yes | Yes | No |
| 3 | 2472 | No | Yes | No | Yes | Yes | Yes | Yes | No |
| 14 | 2484 | No | No | No | No | .11b only | No | No | No |

Fuente: (Andrés Santiago Cisneros B., 2016)

1.4.5 *Espectro Disperso.*

Debido al uso excesivo de la banda ISM 2,4 GHz, existe un alto nivel de interferencias, solapamiento de canales de comunicación, entre otros inconvenientes. Para controlar este tipo de desventajas en la banda ISM se emplea FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) y DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), que son tipos o modos de operación para la comunicación en las redes inalámbricas. Como describe (Andrés Santiago Cisneros B., 2016) en su presentación.

- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), espectro ensanchado por salto de frecuencia, se empleaban en las primeras redes 802.11, pero ahora se utiliza en Bluetooth. El emisor y el receptor van cambiando continuamente de frecuencia que previamente acuerdan, para emitir se utiliza un canal estrecho de 1Mhz en donde se concentra toda la energía, en total hay 79 canales que van variando continuamente.
- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), espectro ensanchado por secuencia directa, actualmente usado en redes inalámbricas 802.11. se utiliza un canal más ancho que FHSS además de que el canal permanece constante todo el tiempo, puede existir varios

emisores transmitiendo en canales diferentes no solapados.

Frequency Hopping vs Direct Sequence

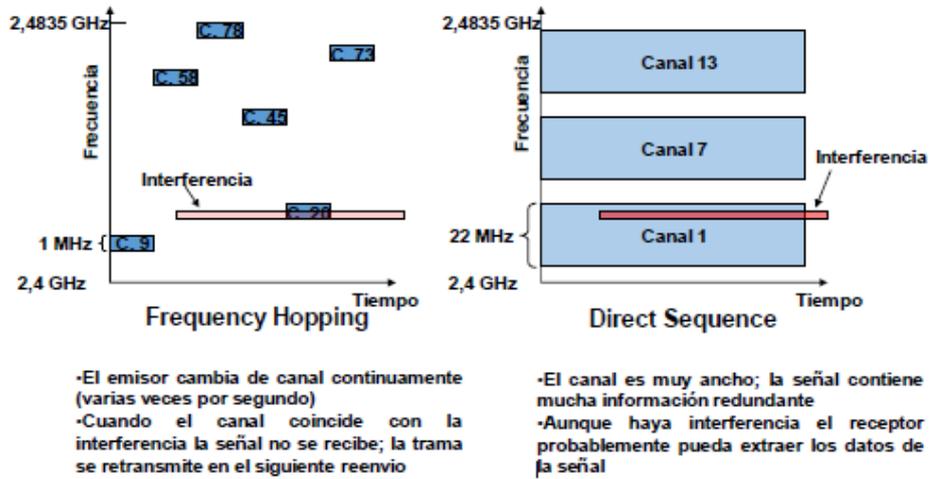


Figura 9-1: FHSS y DSSS

Fuente: (Andrés Santiago Cisneros B., 2016)

La concentración de la misma energía tanto en 1 MHz como en 22 MHz, en FHSS y DSS.

Frequency Hopping vs Direct Sequence

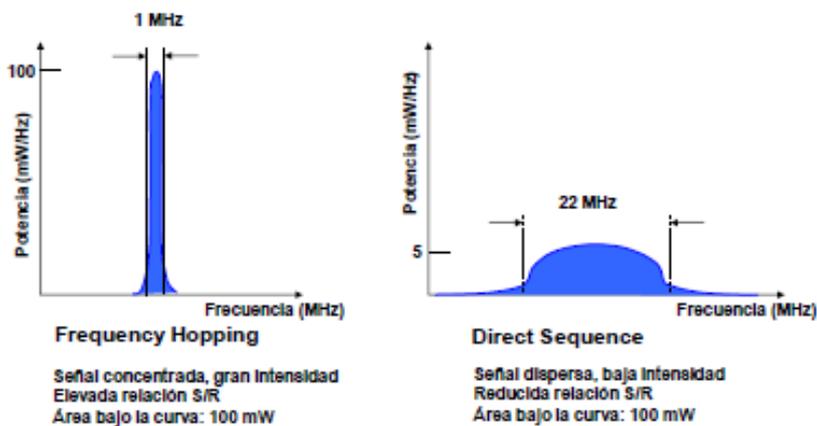


Figura 10-1: Concentración de energía en 1 MHz y 22 MHz

Fuente: (Andrés Santiago Cisneros B., 2016)

1.4.6 Interferencias en las señales de Radio.

Las interferencias a las que son sometidas las señales de radio influyen negativamente en una transmisión de datos, ya que degradan la señal y muchas veces se llega a perder la información

totalmente a continuación se describen algunos de estas interferencias electromagnéticas. (Audio-Technica, 2015)

Tabla 5-1: Interferencias en señales de Radio Frecuencia

| Interferencia | Definición |
|---|---|
| Reflexión | La señal de radio frecuencia viaja por el aire y si encuentra un material reflectivo la señal rebota o se refleja. |
| Refracción | Cuando la señal de radio frecuencia atraviesa cuerpos de diferente densidad, reduciendo la velocidad y la calidad de la señal. |
| Dispersión | Cuando la señal de radio frecuencia se encuentra con un material muy denso o irregular, esta señal rebota o choca contra el materia y se descompone en varias señales y toman diferentes direcciones. |
| Absorción | La señal de radio frecuencia viaja a través de un material que pueda traspasar o absorber su energía la señal será atenuada dependiendo de la densidad del material. |
| Difracción | Cuando la señal de radio frecuencia se topa con un cuerpo opaco produciendo una zona muerta de cobertura o zona de sombra. |
| Interferencias Co-Canal | Se produce cuando un dispositivo este transmitiendo en la misma banda de frecuencia que se esté trabajando, provocando perdida de paquetes y esto como consecuencia se produzca reenvíos masivos de tramas y en muchos de los casos se corta la comunicación. |
| Interferencia por Canal Adyacente | Se establece este tipo de interferencias cuando una frecuencia adyacente a otra sobre pasa la separación entre canal, un ejemplo claro es cuando se escuchaba una frecuencia en radios antiguas que usaban sintonizadores manuales, si no se sintonizaba bien la frecuencia se podía escuchar tanto la frecuencia deseada y la contigua y en los peores de los casos se solapaban y simplemente se escuchaba ruido. |
| Interferencias por intermodulación | Se produce cuando señales fuertes que están cercanas a la frecuencia de trabajo, sobrecargan a circuitos del receptor creando armónicos o frecuencias espurias que se mezclan en el receptor creando una nueva frecuencia que no estaba presente a la entrada del receptor. |

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

1.4.7 Conexiones a una Red WLAN.

Un dispositivo con capacidades wireless tienen la libertad de conectarse en cualquier parte y en cualquier momento, pero no solo basta esta capacidad para que haya comunicación inalámbrica, se necesita de un SSID (Service Set Identifier), que es una cadena de texto que va incluida en el trama que se envía, si esta trama con SSID coincide tanto en el transmisor como en el receptor se procede al intercambio de información. (Sevilla, 2010, p. 479)

El estándar 802.11 permite la conexión directa entre dos dispositivos wireless sin dispositivos intermediarios a esto se lo conoce como redes ad-hoc o **IBSS** (Independent Basic Service Set). (Cruz, 2013, p. 57)

También permite un tipo de conexión centralizada llamada **BSS** (Basic Service Set) que

necesariamente necesita de un AP (Access Point) el cual centraliza el acceso y controla los dispositivos inalámbricos que desean acceder a la red. Y ESS (Extended Service Set) es una forma de configuración de red inalámbrica que permite la interconectividad de más de dos AP, para extender el radio de cobertura, en conclusión es la unión de varias BSS. (learcisco, 2010)

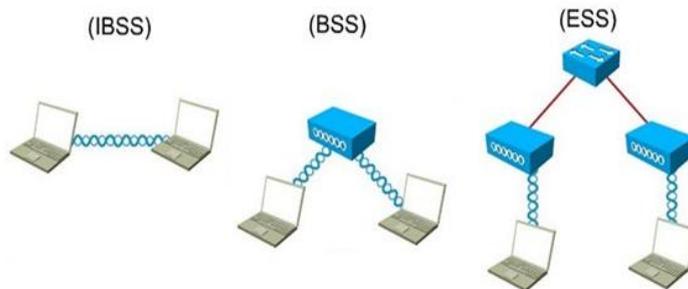


Figura 11-1: IBSS, BSS y ESS

Fuente: (learcisco, 2010)

1.4.7.1 Características de un Punto de Acceso (AP).

De acuerdo a (Cisco, 2017) en su sitio oficial define como características principales de un AP las siguientes:

- Debe existir un SSID que coincida tanto en la estación transmisora y receptora.
- La tasa de transferencia de datos debe ser compatible.
- Autenticación

Para que la comunicación inalámbrica exista en BSS, primero el cliente wireless debe enviar una petición de asociación al AP, este a su vez permite o deniega dicha petición enviando un mensaje de respuesta, una vez asociado el AP con sus clientes, ningún cliente podrá comunicarse con otro cliente de la red sin haber pasado por el AP. (Sevilla, 2010, p. 483)

1.4.8 Funcionamiento de un Punto de Acceso (AP).

Según (Cisco-support, 2009), un AP actúa como un dispositivo centralizado que controla el acceso a los clientes que desean conectarse a la red inalámbrica, para cualquier intento de conexión el AP será quien lo permitirá o lo denegará dependiendo del acceso abierto o restringido estribando de las credenciales de autenticación. Lo clientes establecen un saludo de dos vías para establecer conexión.

Al referirse a la cobertura de las antenas de un AP describen una forma circular alrededor del AP, lo cual cada zona de cobertura se le denomina “celda”, los clientes que estén dentro de la

celda son asociados a un AP. Para extender la zona cobertura se coloca varios AP como se muestra a continuación. (Sevilla, 2010, p. 483)

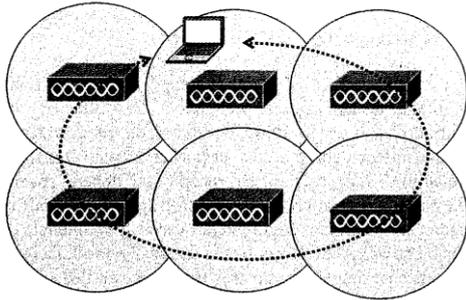


Figura 12-1: Cobertura de varios APs
Fuente: (Sevilla, 2010, p. 485)

Los clientes pueden moverse de una celda a otra sin perder la comunicación a este mecanismo se le denomina roaming.

1.4.9 *Tramas WLAN.*

Para que exista una comunicación inalámbrica se envían tramas para establecer conectividad, dicha trama tiene una cabecera de 32 bytes, un FCS (Frame Check Sequency) de 4 bytes, también 48 bytes para determinar las direcciones físicas de MAC de origen y destino. En la trama de gestión se incluye un BSSID (Basic Service Set Identifier) de 48 bytes. (Sevilla, 2010, pp. 493-495)

1.4.9.1 *Tramas de Gestión.*

Se utiliza para gestionar los mensajes de la red WLAN y la asociación de los clientes, las tramas incluyen:

- Mensajes anunciando AP y sus parámetros wireless.
- Asociación, reasociación y disociación de clientes.
- Autenticación y des autenticación.

1.4.9.2 *Tramas de Control.*

Controla la asociación entre los clientes y el AP, esta trama incluye:

- Mensajes de petición y respuesta cuando los clientes solicitan información acerca del AP.

- Mensajes RTS y CTS cuando el AP interviene para evaluar las tramas de diferentes valores.

1.4.9.3 Trama de Datos.

Corresponde al payload o carga de datos útiles de la trama.



Figura 13-1: Trama WLAN IEEE 802.11

Fuente: (GIGA, 2008)

1.4.10 Variantes del Estándar IEEE 802.11.

Los diferentes estándares definidos a continuación se encargan de desarrollar e investigar temas relacionados a IEEE 802.11. (UNAM, 2010)

Tabla 6-1: Variantes del Estándar IEEE 802.11

| Estándar | Descripción | Data Rate | Data Rate Max |
|----------------|--|-----------|---------------|
| 802.11 | Define el estándar para WLAN para capas PHY y MAC | 1 Mbps | 2 Mbps |
| 802.11a | Define la capa física de alta velocidad en la banda de 5 GHz | 25 Mbps | 54 Mbps |
| 802.11b | Define la capa física de alta velocidad en la banda de 2,4 GHz | 6,5 Mbps | 11 Mbps |
| 802.11e | Estándar para la implementación de Qos en 802.11a/b/g | | |
| 802.11g | Define la tasa más alta de la capa física en 2,4 GHz | 25 Mbps | 54 Mbps |
| 802.11h | Define funciones MAC para permitir a equipos 802.11a cumplir con requerimientos europeos | | |
| 802.11n | Estándar para equipos de nueva generación con tasas de transferencia 540 Mbps | 200 Mbps | 540 Mbps |
| 802.11i | Mejora de la capa MAC para proveer seguridad en 802.11a/b/g | | |

Fuente: (UNAM, 2010)

1.5 Sensores

Es un dispositivo que traduce eventos del mundo físico a señales eléctricas que pueden ser medidas y analizadas, también llamados transductores permiten a los sistemas de control

analizar fenómenos físicos como la temperatura o presión. (Marylin Mamani, 2017)

Los transductores se clasifican en transductores de entrada y de salida dependiendo la función que desempeñe dentro de un sistema de sensado o en un sistema de un actuador.

1.5.1 *Transductores de Entrada.*

Cuando es parte de un sistema de sensado, es decir es aquel que se encarga de medir una variable física y cuya salida es usada por un sistema de procesamiento o de control.

1.5.2 *Transductores de Salida.*

Cuando es parte de un sistema de actuación, es un dispositivo que convierte la señal del sistema de procesamiento o control en una acción tangible por ejemplo el encendido de un foco.

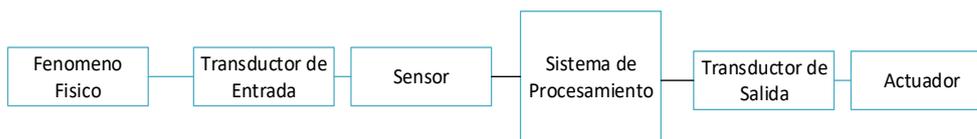


Figura 14-1: Transductores de Entrada y Salida

Fuente: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

1.5.3 *Principio de Transducción.*

Para llevar a cabo su función, un transductor se vale de algún principio físico de transformación de energía, al que se denomina “principio de traducción”, como los que se muestran a continuación. (Leonel Corona Ramirez, 2014, pp. 15-20)

Tabla 7-1: Principio de Transducción

| Definición | Definición |
|------------------------|--|
| Piezo-resistivo | Se define como la relación entre la resistencia eléctrica y la deformación de un material, es decir si el material cambia o sufre una deformación, su resistividad también cambia. |
| Capacitivo | Bajo consumo de energía, es capaz de detectar casi cualquier tipo de material, tiene baja dependencia a la temperatura, soporta desalineaciones mecánicas y es fácilmente aislable al ruido de campos eléctricos, por ejemplo un sensor de proximidad. |
| Piezoeléctrico | Está relacionado a dos términos: electricidad y presión, es decir genera una carga eléctrica en función de la presión que se ejerza sobre el material. |
| Ultrasónico | Envía una señal a altas frecuencias la cual rebota con un objeto sensado y se logra determinar la distancia a al cual se encuentra dicho material. |

Tabla 8-1: continuación

| | |
|--------------------------|---|
| Magnético | Su funcionamiento se basa en convertir un campo magnético en un voltaje equivalente mediante el efecto Hall. |
| Térmico | Para la transformación de la variación térmica a corriente eléctrica se usan las relaciones de Thomson. |
| Fotoeléctrico | El efecto fotoeléctrico ocurre cuando se hace incidir un fotón en un material y dicho material emite un electrón, así el principio de transducción fotoeléctrica es la conversión de luz a una señal eléctrica. |
| Químico-Eléctrico | Generar una variación de corriente eléctrica manipulando químicamente elementos, por ejemplo las baterías de los automóviles. |
| Resistivo | Cuando un material presenta una resistencia al paso de la corriente eléctrica. |

Fuente: (Leonel Corona Ramirez, 2014)

1.6 Tarjetas de Desarrollo

Son tarjetas electrónicas programables con circuitos impresos que permiten desarrollar proyectos de electrónica para automatizar y controlar tareas específicas, dichas placas de desarrollo son compatibles con sensores externos, además disponen de puertos de entrada y salida analógicas o digitales, puertos seriales, USB, en su mayoría este tipo de tarjetas programables disponen de un IDE para su programación. (Cobos Marllory, 2017, p. 24)

Existen varios tipos de tarjetas programables que permiten desarrollo de prototipos o proyectos de electrónica a continuación se definirán los más importantes. (Cobos Marllory, 2017, p. 24)

1.6.1 *Arduino.*

Nació en Ivrea Interaction Desing Intitute como una herramienta para el prototipado básico, es una plataforma de código abierto basado en hardware y software de fácil utilización, las placas arduino pueden leer entradas de señales para posteriormente procesarlas y convertirlas en salidas, esta placa de desarrollo fue pensada para estudiantes sin experiencia en electrónica y programación, a lo largo de los años se ha ido constituyendo en una placa de desarrollo para proyectos básicos hasta complejos instrumentos científicos. (Arduino, 2017)

Arduino se ha ido ajustando a las necesidades evolucionando y manteniendo su código abierto en todas las versiones de placas de desarrollo. El software usado para codificar bajo este tipo de placas es “Arduino IDE”, lenguaje de programación bastante comprensible, tiene sus propias librerías que están codificadas en lenguaje C, además de estar disponible para Windows, Linux y Mac. A continuación se describirá las versiones de placas Arduino más usadas y disponibles en el mercado. (Arduino, 2017)

Tabla 8-1: Modelos de Tarjetas de Desarrollo Arduino

| Modelo | UNO | NANO | MEGA 2560 | YUN | PRO-MINI |
|------------------|---|---|--|--|---|
| Microcontrolador | ATmega 328 P | ATmega168 o ATmega 328 | ATmega2560 | ATmega32U4 | ATmega 328 P |
| Alimentación | 7 -12 VDC | 7 -12 VDC | 7 -12 VDC | 5 VDC | 5 VDC |
| Corriente | 20 mA | 40 mA | 20 mA | 40 mA | 40 mA |
| Pines Analógicos | 6 | 8 | 16 | 12 | 8 |
| Pines Digitales | 14 | 14 | 54 | 20 | 14 |
| Pines PWM | 6 | 0 | 15 | 7 | 6 |
| Memoria | 32 KB | 16,32 KB | 256 KB | 32 KB | 32 KB |
| Dimensiones | 68.6 x 53.4 mm | 45 x 18 mm | 101.52 x 53.3 mm | 73 x 53 mm | 30 X 18 mm |
| Conector | Conector USB, Power Jack ICSP Boton de Reset | Conector mini-B USB, Boton de Reset | Conector USB, Power Jack ICSP Boton de Reset | Microprocesador Linux, Ethernet, Wifi, USB, Lectora SD, RAM y Flash Memory, 3 Botones de Reset | Por medio de una tarjeta o un cable FTDI |
| Imagen |  |  |  |  |  |

Fuente: (Cobos Marllory, 2017, p. 18)

1.6.2 Arduino Nano.

Es un placa pequeña, completa y fácil de usar basado en el ATmega328P (Arduino Nano 3.x), funciona con un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar. (ELECTRONILAB, 2013)

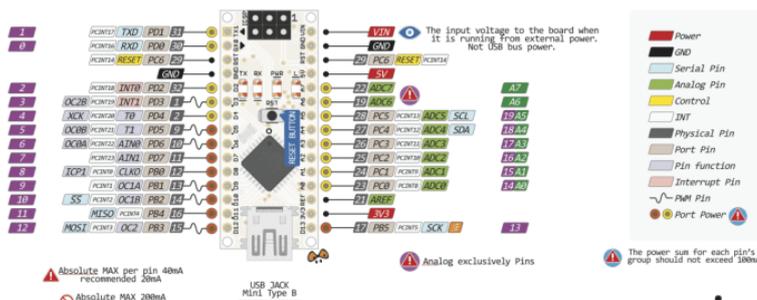


Figura 15-1: Disposiciones de Pines del Arduino Nano

Fuente: (electronilab, 2015)

Tabla 9-1: Especificaciones Técnicas de Arduino Nano

| | |
|-------------------------|--|
| Microcontroller | ATmega328 |
| Architecture | AVR |
| Operating Voltage | 5 V |
| Flash Memory | 32 KB of which 2 KB used by bootloader |
| SRAM | 2 KB |
| Clock Speed | 16 MHz |
| Analog IN Pins | 8 |
| EEPROM | 1 KB |
| DC Current per I/O Pins | 40 mA (I/O Pins) |
| Input Voltage | 7-12 V |
| Digital I/O Pins | 22 (6 of which are PWM) |
| PWM Output | 6 |
| Power Consumption | 19 mA |
| PCB Size | 18 x 45 mm |
| Weight | 7 g |
| Product Code | A000005 |

Fuente: (Arduino, 2017)

1.6.3 *Shields para Arduino Mini/Pro.*

Son módulos compatibles con Arduino, que permiten desempeñar diferentes tareas como: Módulos de GPS, Módulos de Reconocimiento de Voz, Módulos WIFI, Sensores, entre otros. Complementan el desarrollo aplicativo de las placas Arduino permitiendo interpretar señales externas para posteriormente ser tratadas y controladas. (Bricogeek, 2017)

1.6.4 *Módulo MCU-ESP8266.*

Este tipo de placa de desarrollo es muy parecida al Arduino pero está enfocado a aplicaciones IoT, está basado SoC (System on Chip) ESP8266, integra una arquitectura a 32 bits más potente que Arduino Due con conexión wireless. (Martín, 2015)

El software para su codificación y programación es en “*Arduino IDE*” o “*LUA*”, por su amplia documentación por la comunidad Arduino se puede desarrollar varios proyectos con código pre-definidos en el IDE de programación, que sirve como guía al momento de configurar este módulo. (naylampmechatronics, 2014)

Tanto las características como especificaciones técnicas del Módulo ESP8266 fueron tomadas de (naylampmechatronics, 2014)

Como características importantes se puede citar las siguientes:

- Protocolo inalámbrico 802.11 b/g/n
- Stack TCP/IP integrado
- Potencia de transmisión +19.5 dBm
- Sensor de temperatura integrado
- Configuración como Servidor-Cliente Web
- Configuración como AP-Cliente

1.6.4.1 Especificaciones Técnicas:

- Voltaje de entrada (USB): 5V
- Voltaje de salida en los pines: 3.3V
- Voltaje de referencia en el ADC: 3.3V
- Corriente nominal por pin: 12mA
- Frecuencia de procesador: 80MHz (160MHz max.)
- 4MB Flash
- Consumo de corriente en stand-by @80MHz: 80mA
- Consumo de corriente al recibir una petición (librería WebServer en modo de punto de acceso) @ 80MHz: 90mA
- Consumo de corriente al utilizar HTTPClient.get() @ 80 MHz: 100-110mA
- Consumo de corriente en stand-by @160MHz: 90mA
- Consumo de corriente al recibir una petición (librería WebServer en modo de punto de acceso) @ 160MHz: 90-100mA
- Consumo de corriente al utilizar HTTPClient.get() @ 160 MHz: 100-110mA

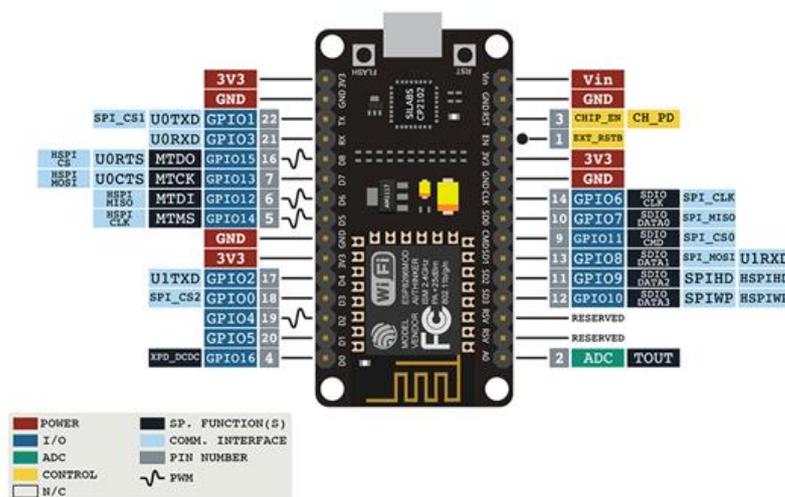


Figura 16-1: Placa de desarrollo MCU-ESP8266
Fuente: (naylampmechatronics, 2014)

1.6.5 *Módulo de Recocimiento de Voz.*

Es un tipo de tecnología que permite comandar un sistema por medio de la voz, permitiendo automatizar tareas como domótica, seguridad por autenticación de voz entre otras aplicaciones. (EILECHOUSE, 2013)

1.6.5.1 *VR3 (Voice recognition Module V3).*

Módulo de reconocimiento de voz que permite el mando a través de comandos de voz, compatible con Arduino Uno, la versión 3 permite el uso de 7 comandos simultáneamente. Además del software de entrenamiento para programar dicho modulo conjunto con Arduino Nano. (EILECHOUSE, 2013)

Tabla 10-1: Especificaciones Técnicas de Voice recognition Module V3

| Parámetros | Descripción |
|-----------------------------|--|
| Voltage | 4.5-5.5 V |
| Current | < 40 mA |
| Digital Interface | 5V TTL level UART interface GPIO |
| Analog Interface | 3.5mm mono-channel microphone connector + microphone pin interface |
| Size | 30mm x 47.5mm |
| Recognition accuracy | 99% (under ideal environment) |
| Image |  |

Fuente: (Arduino, 2017)

1.6.6 *Acelerómetro*

Acelerómetro es un dispositivo electrónico que mide la variación de la aceleración o la vibración de una estructura, la fuerza que genera por el cambio de movimiento hace que la masa comprima el material piezoeléctrico, generando una carga eléctrica proporcional a la fuerza generada. En Arduino el modulo MPU6050 nos ayuda con la medición de la aceleración y del grado de inclinación que posee el lugar donde este es ubicado (Naylamp Mechatronics, 2016)

En el siguiente grafico se aprecia en el MPU6050 al igual que la ecuacion Matemática se expresa la aceleración y que a partir de ella podemos encontrar su desplazamiento lineal o velocidad lineal.

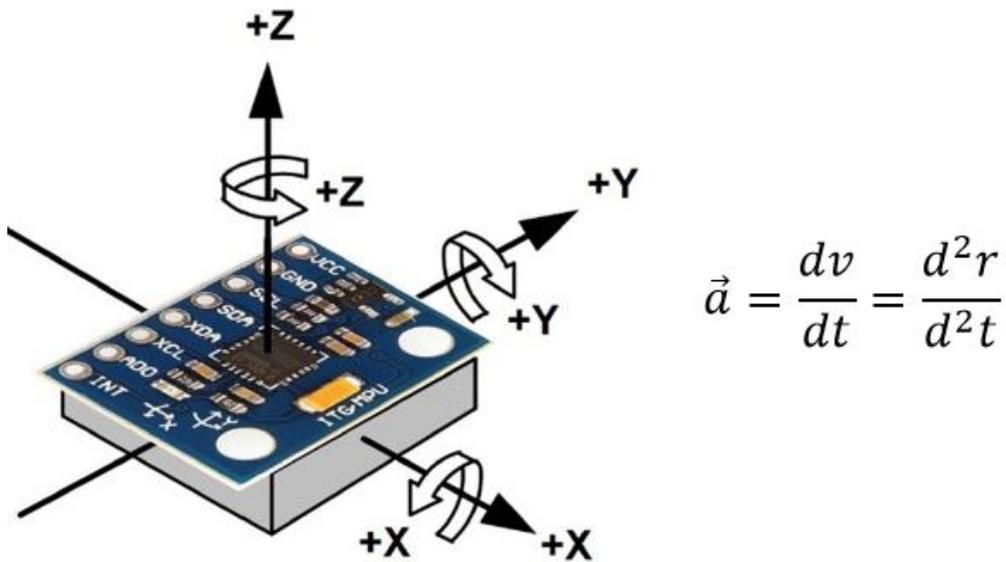


Figura 17-1: Placa de desarrollo MPU6050

Fuente: (Naylamp Mechatronics, 2016)

De acuerdo a la primera ley de Newton, la relación de aplicar una fuerza externa a una masa genera una variación de aceleración. El acelerómetro se compone por 3 ejes permitiendo medir la aceleración en cualquiera de las tres posiciones independientemente.

Un acelerómetro no está diseñado para medir velocidad y menos posición debido a la acumulación de errores que se genera, de acuerdo a la ecuación anterior se puede definir posición o velocidad usando la derivada pero en cada conversión se va acumulando el error por el ruido que se genera en estos dispositivos. Fácilmente se puede usar este dispositivo electrónico conjunto a una tarjeta de desarrollo como es arduino permitiendo la programación y la configuración. (Luis, 2016)

1.6.7 *Raspberry Pi 3.*

Raspberry pi 3 es en un Single Board, una micro computadora con recursos suficientes para desarrollo de prototipos, actualmente existen cuatro versiones conocidas: el modelo A, modelo B v 1, modelo B 2 y Modelo B+ y el Compute Module, debido a que cada una tienen características ligeramente distintas, miden 85 mm x 56 mm con un peso menor a los 50 gramos

aproximadamente, otra ventaja sobresaliente es la movilidad haciendola ideal para el desarrollo de pequeños sistemas embebidos o de automatización casera. (Tyler McLean, 2013, pp. 2-6)

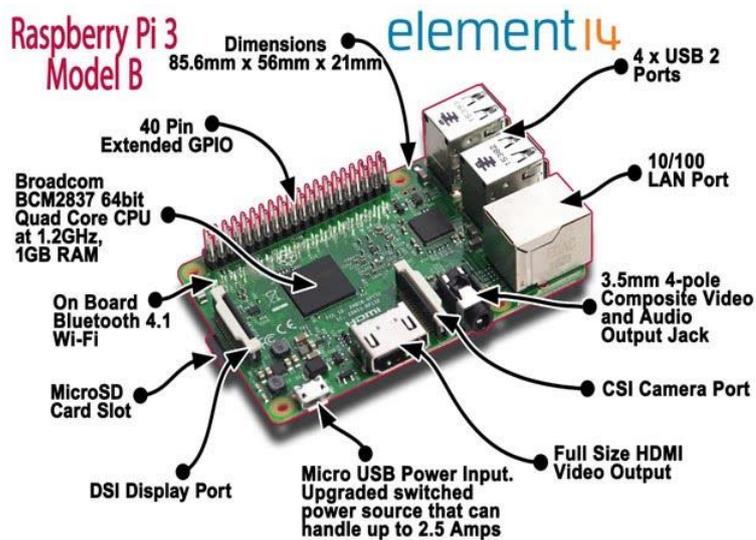


Figura 18-1: Placa Raspberry Pi 3 Model B

Fuente: (Tyler McLean, 2013)

1.6.7.1 Hardware de la Raspberry Pi 3.

Dentro de los componentes físicos que posee la Raspberry pi 3 se citan los más importantes:

- Conector micro USB: este conector utilizado únicamente para alimentación de 5V necesaria para que el Raspberry pueda empezar a funcionar con normalidad. (Aaron, 2014, pp. 8-9)
- Conector HDMI: permite utilizar un monitor compatible con este conector, para poder visualizar la interfaz gráfica que posee el Raspberry. (Aaron, 2014, pp. 8-9)
- Puertos USB: los puertos USB son muy importantes ya que en ellos se alojaran periféricos I/O tales como: mouse, teclado, unidades de almacenamiento externo o un HUB USB. (Aaron, 2014, pp. 8-9)
- Puerto Ethernet: este puerto permitirá a la Raspberry conectarse a una red LAN o acceder a internet por medios físicos, como característica adicional posee auto-MDIX con la cual no tiene la necesidad de asegurar el cruzamiento de los circuitos. (Aaron, 2014, pp. 8-9)

- Salida de Audio: diseñada para incorporar un periférico de salida de audio del Raspberry. (Aaron, 2014, pp. 8-9)
- Ranura para Tarjetas SD: permitirá alojar el sistema operativo (SO), además de servir de almacenamiento interno de la Raspberry. (Aaron, 2014, pp. 8-9)
- Wi-Fi y Bluetooth: permite conectarse a una red inalámbrica, en el caso de Wi-Fi usando el estándar 802.11x, del mismo modo con respecto al módulo bluetooth para comunicaciones locales como un teclado u otro tipo de conexiones extenas. (Aaron, 2014, pp. 8-9)
- Puerto DSI: el cual se utiliza para conectar a una pantalla display externa. (Aaron, 2014, pp. 8-9)
- Puerto CSI: permite la conexión del modulo pi camera compatible con la Raspberry Pi. (Aaron, 2014, pp. 8-9)
- Conectores de entradas-salidas de propósito general (GPIO): pueden utilizarse para interconectar la Raspberry con otro hardware de desarrollo o placas de expansión. (Aaron, 2014, pp. 8-9)

1.6.7.2 Puertos GPIO.

De las siglas en español puertos de entrada/salida de propósito general, se usan para conectar a dispositivos de I/O. Estos puertos son la interface de comunicación de la Raspberry con otros componentes electrónicos. La Rapsberry se encarga de controlar, encender/apagar dichos puertos. Tiene compatibilidad con dispositivos como joysticks, botones, leds y módulos pertenecientes a la gama de Raspberry o Arduino. (Aaron, 2014, pp. 10-11)

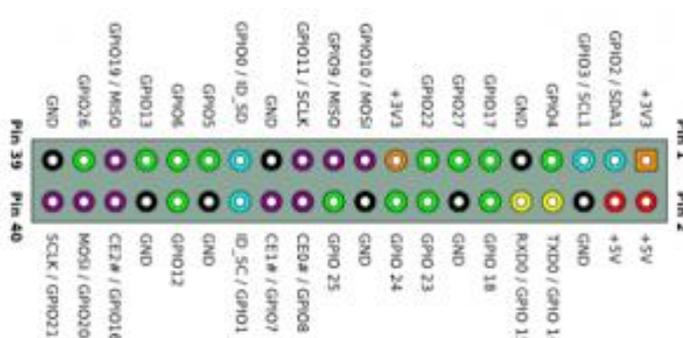


Figura 19-1: Puertos GPIO de la Raspberry Pi 3 Model B
Fuente: <https://comohacer.eu/gpio-raspberry-pi/>

1.6.7.3 *Software Raspbian.*

El sistema operativo que requiere la Raspberry Pi es Raspbian, uno de los SO más populares para este tipo de tarjetas de desarrollo, está basado en Debian Jessie (Debian 8.0) con entorno del escritorio de Raspberry Pi nombrado PIXEL open-source y puede instalarse en cualquier ordenador x86, de esta manera dando vida a esas máquinas antiguas y de pocos recursos. PIXEL posee un escritorio moderno equipado con un paquete de aplicaciones, herramientas de programación para el desarrollo de aplicaciones. (Aaron, 2014, pp. 14-16)

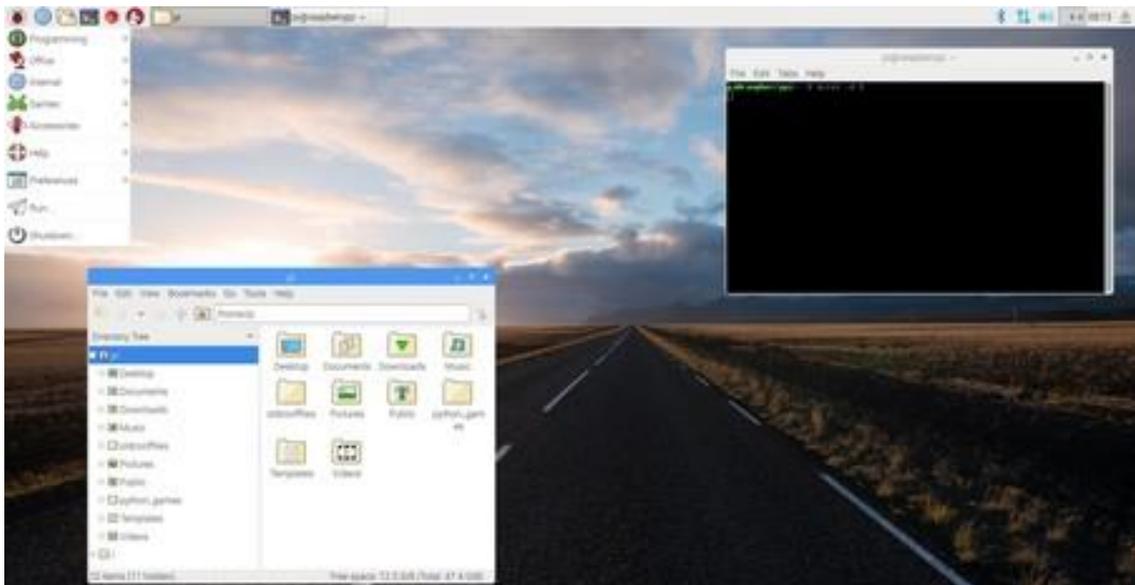


Figura 20-1: GUI de Raspberry Pi 3 Model B
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Es una de las mejores alternativas en la selección de un SO debido a que la imagen ISO tiene un tamaño de 1.4 GB, por lo cual es almacenable en una tarjeta micro SD, permitiendo conservar los cambios realizados en el los archivos del SO. (Aaron, 2014, pp. 15-16)

El GUI de Raspbian es amigable al usuario, también contiene el CLI como cualquier otra distribución de Linux, en este proyecto se enfatizó el uso del CLI que permitió actualizar, descargar e instalar programas el Raspberry, además del uso de uno de las software de desarrollo integrada al Raspbian por defecto como lo es Python, la cual nos permite manipular los puertos GPIO de manera sencilla. (Aaron, 2014, pp. 15-16)

1.7 **Procesamiento de Imágenes**

El principal objetivo del procesamiento de imágenes es mejorar la calidad de la imagen a analizar, para posteriormente interpretarla. (Galindo, 2015)

De entre las características que podemos obtener de una imagen tenemos las siguientes:

- El material del objeto
- La posición de las luces en la escena
- Reflejo de otros objetos en la escena.

También conocemos que en toda imagen existe una serie de formatos, dependientes del color como lo es el RGB que es un formato encargado de mezclar la cromaticidad e iluminación, la este ultimo me permite determinar el tono, la saturación y la intensidad de luz en una imagen, otra característica es la compresión de la imagen con o sin pérdida de información como lo es el JPG. (Galindo, 2015)

1.7.1 *Visión computacional.*

Basándose en un software especializado y un hardware de adquisición forman un sistema de visión que permite extraer las características de una imagen, interpretar y analizar los pixeles. El desempeño del procesamiento de la imagen depende de los componentes que forman el sistema de visión, en los cuales encontramos en el gráfico 1-1. (Querejeta Simbeni, 2015, pp. 2-3)

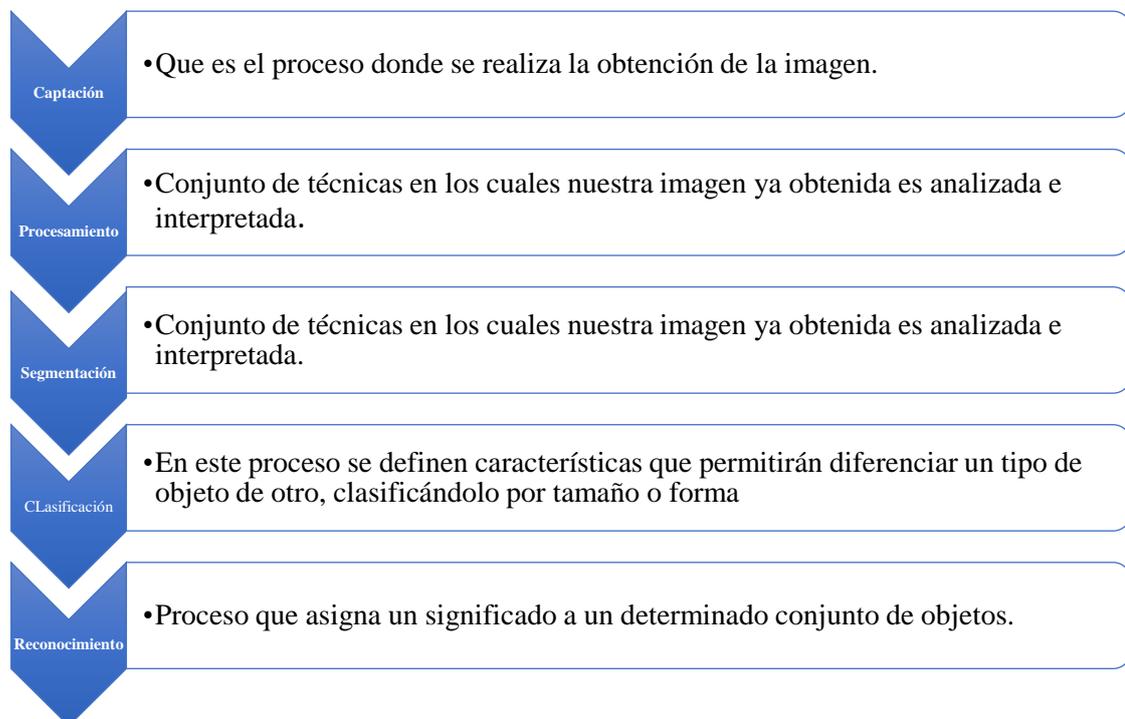


Gráfico 1-1: Etapas del Procesamiento digital de imagen

Fuente: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Cabe recalcar que para cualquier tipo de procesamiento digital de imagen es requerido un modulo de adquisición de imagen.

En el siguiente diagrama de bloques observamos cual es el procedimiento a seguir para procesar una imagen.

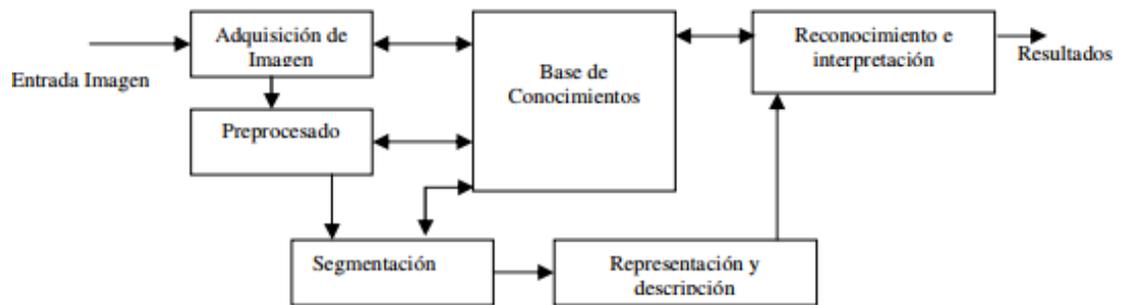


Figura 21-1: Diagrama de bloques del procesamiento digital de imagen
Fuente: (Galindo, 2015)

Entre las plataformas de desarrollo de software que realizan procesamiento de imagen mas importantes tenemos las siguientes:

- MATLAB
- OpenCV
- LabView

1.7.2 *Procesamiento de imágenes con Matlab.*

MATLAB que es la abreviatura de MATrix LABoratory o en español "laboratorio de matrices" es un software matemático de desarrollo integrado (IDE) que posee un lenguaje de programación propio. (Manna, 2016, p. 2)

Disponible en diferentes plataformas Windows, Unix y Apple. Entre sus funciones básicas se encuentran: la creación y manipulación de matrices, representación de datos y funciones, implementación y creación de algoritmos, programación mediante la interfaz de usuario y la tolerabilidad con programas de otros lenguajes. (Manna, 2016, p. 2)

También, se pueden mejorar las capacidades de MATLAB con el uso de los toolboxes. En el caso de manipulación de imágenes es necesario emplear el toolbox "Image Processing". El procesamiento de imagen se realiza almacenando las muestras adquiridas como vectores bidimensionales llamados matrices, donde cada elemento de dicha matriz representa un sólo pixel. (Manna, 2016, pp. 23-28)

1.7.3 *Procesamiento De Imágenes con OpenCV.*

El objetivo del procesamiento de imágenes es mejorar el aspecto de ellas y hacer más evidentes ciertos detalles que se desean hacer notar. Dicha imagen puede haberse generado de muchas maneras, tales como fotográfica, electrónica o usando monitores de televisión. Se puede hacerlo en general por medio de métodos ópticos, o por métodos digitales, donde interviene un ordenador. (Fernández, 2016)

Los filtros son operaciones aplicadas a los píxeles de una imagen digitalizada para optimizar cierta información requerida o lograr obtener un efecto especial de ella. En OpenCV se utilizan los siguientes filtros para procesar una imagen de manera digital: (Fernández, 2016)

Tabla 11-1: Filtros de procesamiento de imagen digital en OpenCV

| Filtro de Procesamiento | Definición |
|--------------------------------|---|
| Suavizar la imagen | Reduce las variaciones de intensidad entre píxeles adyacentes. |
| Eliminar ruido | A aquellos píxeles donde su nivel de intensidad es distinto a sus vecinos, estos pueden aparecer tanto en el proceso de adquisición de imagen o incluso en el de transmisión. |
| Realzar bordes | Resalta los bordes localizados en una imagen. |
| Detectar bordes | Detecta los píxeles de la imagen donde se produce un cambio drástico en la función de intensidad. |

Fuente: (Fernández, 2016)

1.7.4 *Procesamiento de imágenes con Labview.*

LabView es un software especializado en el control de instrumentos de laboratorio, además posee herramientas gráficas de pruebas, control y diseño implementando algoritmos de programación usando bloques de funciones. Utiliza el lenguaje G o lenguaje Gráfico. (National Instrumets, 2017)

LabView posee un módulo adecuado para el procesamiento de imágenes llamado el Vision Assistant en el cual podemos encontrar los bloques con los procesos ya nombrados anteriormente que se encargan de la adquisición, manipulación y procesamiento de imágenes digitales. (National Instrumets, 2010)

1.8 Limitación Motriz

En el la figura 1-21 se muestra los diferentes tipos de casos medicos en movilidad limitada, entre los cuales hemos puesto enfasis en los tipos de discapacidad donde las personas puedan utilizar sus funciones motoras en un porcentaje mayor al 40%, ademas tengan la capacidad de pronunciar palabras claras y entendibles. (Melo, 2015)

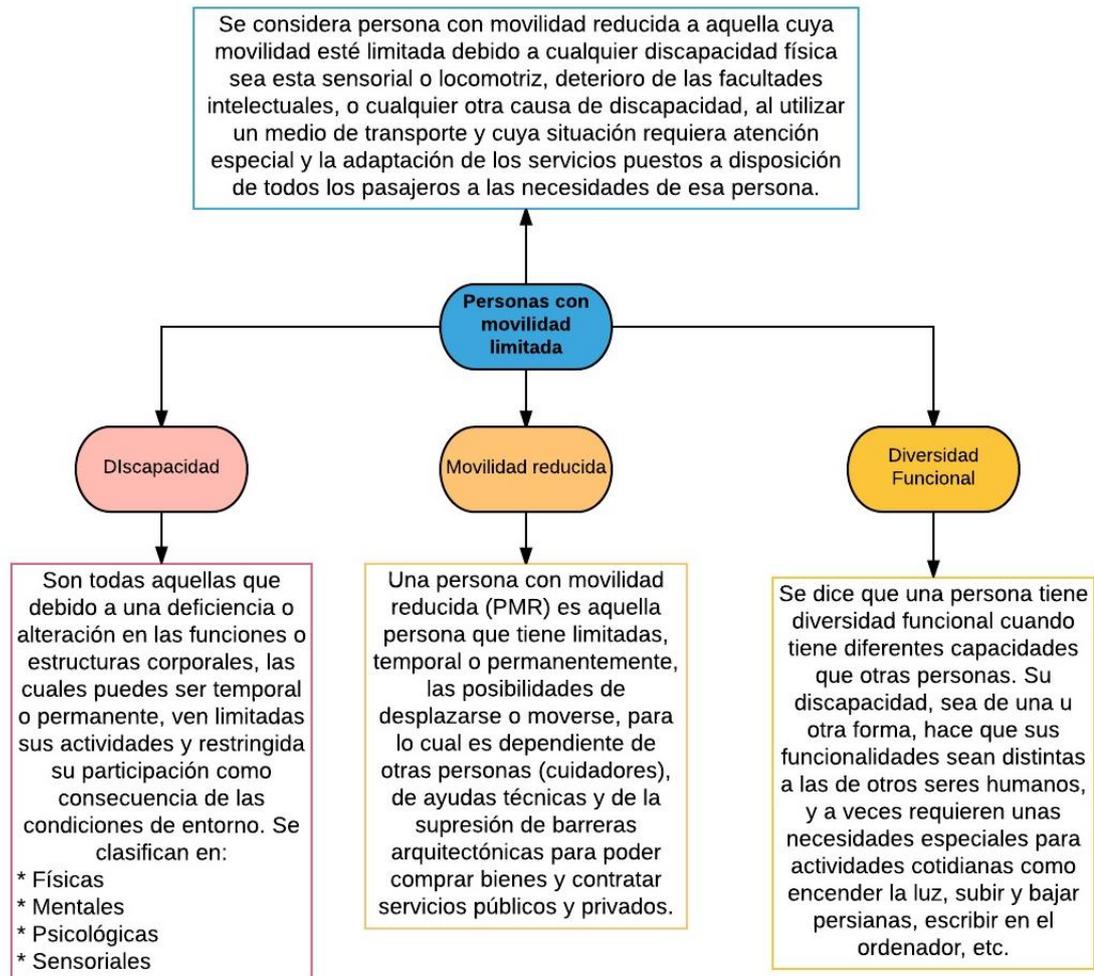


Figura 22-1: Cuadro de información sobre Personas con Movilidad Reducida (PMR)

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

El siguiente trabajo de titulación va dirigido a personas con movilidad reducida, las cuales perdieron funciones motoras debido a traumatismos sufridos en la medula espinal, para ello es relevante tomar en cuenta la importancia de cada uno de los segmentos que componen la columna vertebral, debido a que por movilidad o exposición la medula espinal es vulnerable a lesiones, pero por el hecho de atravesar la columna vertebral, esta obtiene protección adicional. (Cirujanos, 2012, p. 172)

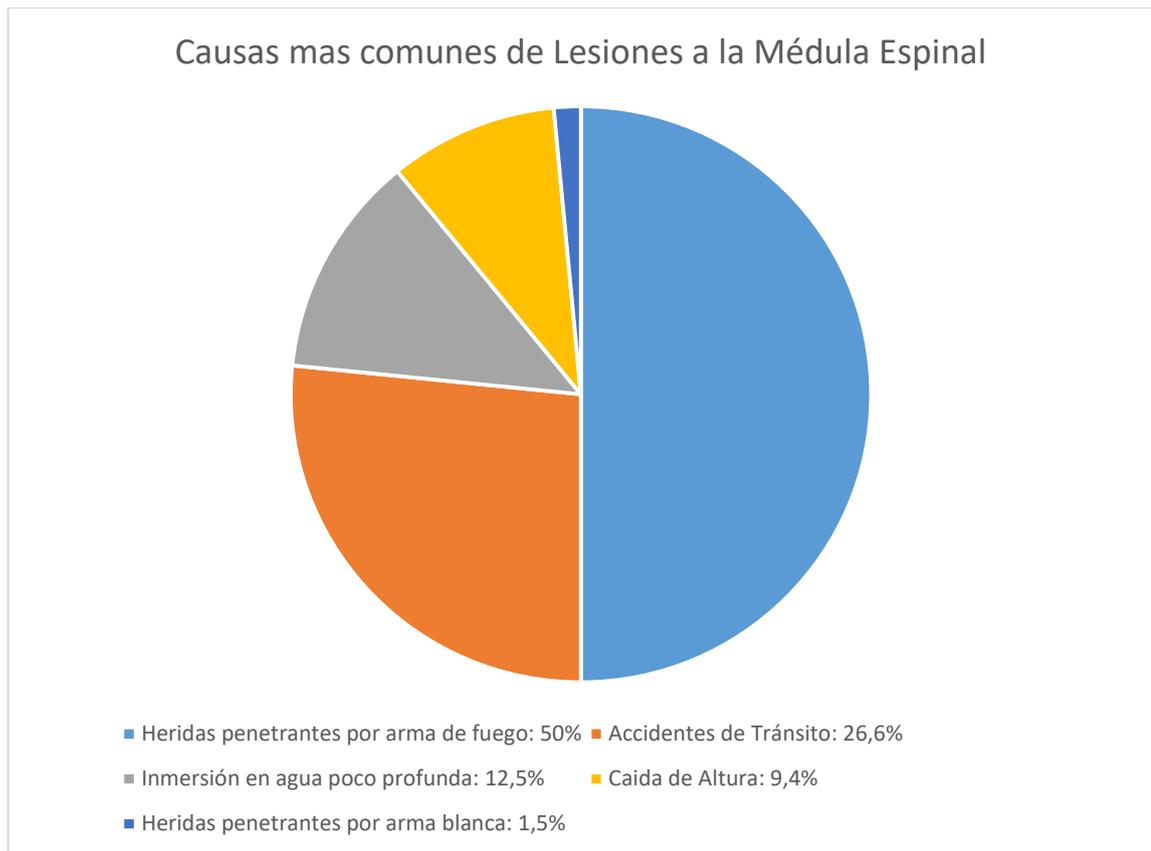


Gráfico 2-1: Causas más comunes de Lesiones en la Médula Espinal

Fuente: (MSc. Dra. Josefina Robles Ortiz, 2012)

Las lesiones a nivel de la médula espinal implica un daño de los nervios en el canal espinal, la mayoría de ellas son causadas por traumatismos en la columna vertebral, imposibilitando el envío y recepción de mensajes desde los sistemas corporales hacia el cerebro, al producirse la lesión afecta la función sensorial, motora y autonómica por debajo del nivel de la lesión. (Bea, 2017)

La médula espinal coordina las sensaciones y movimientos del cuerpo, en conjunto con el cerebro forman el sistema nervioso central, incluyendo las neuronas y los axones que son fibras nerviosas. Los axones de la médula espinal transportan señales que descienden del cerebro y regresan hacia él. La medula se divide en cuatro segmentos, cervicales, torácica, lumbares y sacrales las cuales están compuestas por 8 vértebras cervicales, 12 torácicas, 5 lumbares y 5 sacrales. (Bea, 2017)

Las lesiones en la médula espinal afectan a distintos segmentos a lo largo de la columna y se reflejan en la siguiente organización:

Tabla 12-1: Funciones motoras afectadas por una lesión de la médula espinal

| Vertebras Afectadas | Lesión | Función motora afectada |
|----------------------------|-------------------------------------|--|
| C1-C6 | Segmentos Cervicales | Los segmentos cervicales, controlan las señales que van desde el cerebro hacia el cuello, los brazos y las manos. |
| T1-T12 | Los segmentos de la región torácica | Formada por las vértebras de la parte superior de la espalda, controla las señales hacia el torso y algunas zonas de los brazos. |
| L1-L5 | Los segmentos de la región lumbar | Situada en la parte media de la espalda por debajo de las costillas las cuales controlan las señales hacia la cadera y las piernas. |
| S1-S5 | Los segmentos sacrales | Se encuentran justo debajo de los lumbares estas se encargan de controlar las señales hacia la ingle, algunas partes de las piernas y los dedos de los pies. |

Fuente: (Bea, 2017)

Tras ocurrir una lesión, las células nerviosas situadas en el sistema nervioso periférico, pueden llegar a autorepararse. Sin embargo los nervios lesionados del sistema nervioso central, no se pueden regenerar. Aparte de un traumatismo en uno de los segmentos de la columna vertebral es posible que puedan sufrir otro tipo de daño causadas por compresión de las cavidades óseas que los protegen causando reducciones de flujo sanguíneo en ellas. (Bea, 2017)

Dependiendo del segmento afectado en la medula podemos dividir en dos tipos de lesiones; completa e incompleta.

- **Las personas que tienen una lesión incompleta.** Pierden parcialmente las funciones motoras y sensoriales por debajo del nivel de la lesión, debido a que la medula espinal no fue dañada completamente, conserva la sensibilidad en los niveles sacros, perineal y el tono rectal. (Jefferson, 2009, p. 4)
- **Las personas que tienen una lesión completa.** Pierden totalmente la comunicación de las señales que provienen del cerebro. Estas lesiones son más severas para una persona debido a que pierde totalmente la movilidad en sus extremidades, causándole cuadriplejia si la lesión es en la zona cervical y paraplejia a nivel torácicas. (Jefferson, 2009, p. 4)

Una persona con lesión de medula incompleta tiene una probabilidad alta de recuperar funciones después de su lesión, para ello requiere de una rehabilitación continua en sus

músculos para recuperar la movilidad motriz en ellos. (Jefferson, 2009, p. 4)

1.8.1 *Miembros afectados de acuerdo al tipo de lesión de la medula espinal.*

Cuando la lesión está entre C1 y C8, se la conoce como tetraplejias. De entre las tetraplejias hay parálisis y pérdida de sensibilidad por debajo de la lesión, por lo tanto pierde movilidad y sensibilidad en los brazos y manos además del tronco y las piernas. Sin embargo, esto difiere de acuerdo al daño de la vértebra cervical afectada. (Bea, 2017)

Las personas tetrapléjicas con lesiones entre C1 y C3 tienen afectados los músculos de la respiración y requieren de la ayuda de aparatos médicos eléctricos para respirar. Si el nivel de lesión es C4 la función de la musculatura respiratoria no es afectada, pero la parálisis del resto de músculos es completa. (Bea, 2017)

Las lesiones más bajas sean desde C5 a C8 los músculos estarán mejor conservados y la persona tendrá movilidad parcial sus brazos y manos. En la figura 1-23 podemos observar en color azul la zona de donde existe pérdida total de sensibilidad y parálisis de una tetraplejía causada por una lesión en el segmento cervical a nivel de una vértebra C6. (Bea, 2017)

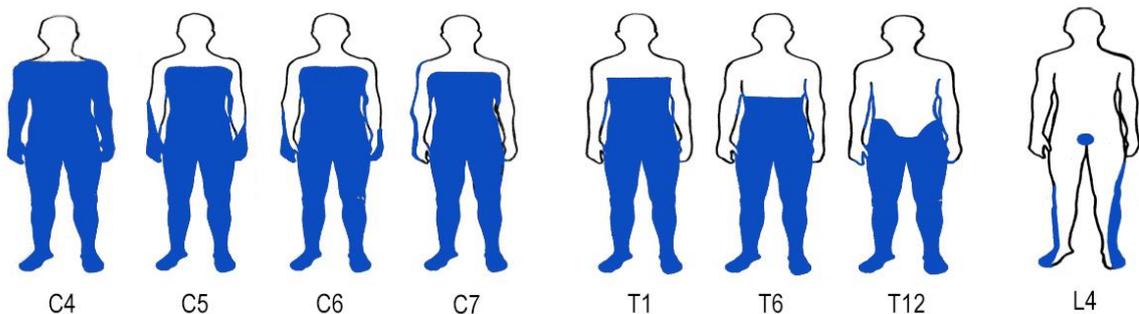


Figura 23-1: Zona corporal afectada por daño en vértebra C6

Fuente: (Bea, 2017)

1.9 Limitación motriz en el Ecuador

Por la información proporcionada por la página online de Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades el 43.47% la población padece de algún tipo de discapacidad física que equivale al 143,093 habitantes, de los cuales 8514 habitantes tienen una discapacidad física que supera el 85% de su motricidad total, además se observa que en su mayoría son personas de 30-60 años de edad. (Discapacidades, 2011)

Analizando los datos podemos concluir que nuestro proyecto es beneficioso para las personas con discapacidad física de entre el 35-85% limitación motriz y que tenga una edad de entre 7-65 años, excluyendo al 5.95% debido a que ellas por lo general poseen muerte cerebral. (Discapacidades, 2011)

En Ecuador las personas con limitación motriz enfrentan grandes problemas como: de actitud, comunicación, físicas, políticas, programáticas, Sociales, transporte y estrés emocional. De los cuales destacaremos el estrés emocional, ya que las persona con limitación motriz tienden a deprimirse o a sufrir de baja autoestima, que solamente con una buena actitud y la ayuda psicológica adecuada podrá sobrellevar. (UNIVERSO, 2010)



Figura 24-1: Datos deL consejo de Igualdad de Discapacidades
Fuente: (Discapacidades, 2011)

El estrés emocional es causado por los pensamientos negativos de las personas con limitación motriz que afecta no solamente a ellos sino a las personas que lo rodean (familiares o personas particulares), estos pensamientos surgen por la depresión debido al aislamiento social, aumento de dependencia de terceros y en algunos casos la ausencia de apoyo emocional. (Barro Sandra, 2012)

De esta manera son privados de realizar tareas triviales como es: encender la luz de la habitación, abrir o cerrar puertas, encender/apagar determinados aparatos eléctricos o el llamado a la persona que está a su cuidado. (Barro Sandra, 2012)

Las necesidades que poseen las personas con limitación motriz dependen estrictamente del tipo de lesión que posee, como se ha mencionado anteriormente las personas con un daño de la medula espinal a nivel de la vértebra C4 pierde todas sus capacidades motoras y conserva la función respiratoria, en este tipo de lesión la persona depende estrictamente de otra para su cuidado, especialmente en aspectos biológicos y psicológicos, los principales a tener en cuenta son: (Barro Sandra, 2012)

- La Higiene personal.
- Alimentación Diaria.
- Mantenerla en una postura corporal cómoda.
- Reposo
- Evacuación de necesidades Biológicas
- Comunicarse
- Expresar su sexualidad
- Aislarlo de peligros

Como se mencionó anteriormente una persona que tenga una lesión en la medula espinal y mientras la lesión esté más alejada del segmento cervical, tendrá un porcentaje mayor de movilidad en su cuerpo, disminuyendo el grado de dependencia por terceros, las personas que sufren de una lesión de medula espinal completa deben recibir los mismos cuidados que una persona con una lesión medular incompleta, siendo los cuidados más exhaustivo en personas con limitación motriz mayor al 80% de pérdida de motricidad. (Barro Sandra, 2012)

1.10 Análisis del Ojo Humano

Es uno de las partes del cuerpo más importantes, gracias a ellos podemos observar el mundo que nos rodea, el globo ocular mediante su estructura logra obtener estímulos luminosos externos, los cuales codifica y transmite por la vía óptica hacia el cerebro, produciéndose la visión. (Jack J Kanski, 2012, p. 3)

1.10.1 Anatomía del ojo.

La forma que tiene el ojo es esferoidal y está formado por tres capas concéntricas: Túnica externa, Túnica media o vascular, Túnica interna. (Jack J Kanski, 2012, p. 3)

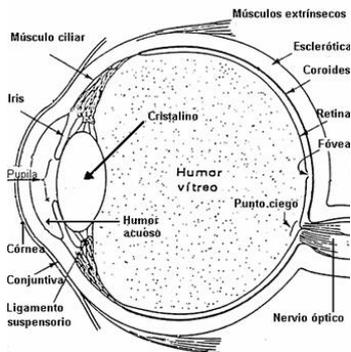


Figura 25-1: Constitución Anatómica del Ojo Humano

Fuente: (Casanov, 2013)

1.10.2 Túnica externa.

1.10.2.1 Córnea.

Es una estructura transparente la que se encarga de proporcionar la mayor parte del poder refractivo que se requiere para enfocar la luz sobre la retina. Además funciona como una estructura que protege tejidos y humores intraoculares. En ella presenta abundante inervación sensitiva (Jack J Kanski, 2012, p. 3)

1.10.2.2 Esclerótica.

Membrana fibrosa de color blanquecino, muy resistente que al igual que la córnea protege los tejidos intraoculares. Su porción posterior está conectada con el nervio óptico, los vasos sanguíneos están tanto en la entrada como en la salida. (Jack J Kanski, 2012, p. 3)

1.10.3 Túnica media o vascular.

1.10.3.1 Iris.

Membrana coloreada, que presenta una perforación en su centro que ocupa un orificio circular, conocida como la pupila. Se encarga de limitar la cantidad de luz que ingresa en el ojo. (Jack J Kanski, 2012, p. 3)

1.10.3.2 *Cuerpo Ciliar.*

Desempeña un papel importante en la acomodación, la nutrición del segmento anterior y la secreción de humor acuoso. (Jack J Kanski, 2012, p. 4)

1.10.3.3 *Coroides.*

Constituye la úvea posterior, membrana nutricia del ojo. Se ubica entre esclerótica y la retina.

1.10.4 *Túnica interna.*

1.10.4.1 *Cámara anterior.*

Está limitada por delante con la parte posterior de la córnea y por detrás del diafragma iridopupilar. Esta cámara es ocupada por humor acuoso. (Jack J Kanski, 2012, p. 4)

1.10.4.2 *Cámara posterior.*

Se encuentra entre la pupila y el iris por delante y la cara anterior del cristalino, con sus fibras zonulares. De igual manera está ocupada por humor acuoso. (Jack J Kanski, 2012, p. 4)

1.10.4.3 *Cámara vítrea.*

Está limitada por una cara posterior del cristalino, las fibras posteriores de zónula y el cuerpo ciliar por delante y lo demás por retina. En ella se ocupa el vítreo. (Jack J Kanski, 2012, p. 4)

1.10.4.4 *Retina.*

Aquí tiene lugar el proceso de la visión, se encarga de recoger, elaborar y transmitir los estímulos visuales, es considerada la capa más interna del globo ocular. Un área de la retina es la mácula situada en el medio del polo posterior. (Jack J Kanski, 2012, p. 4)

1.10.4.5 *Nervio Óptico.*

Su origen es el Sistema Nervioso Central, es el II par craneal. (Jack J Kanski, 2012, p. 4)

1.10.4.6 *Vítreo.*

Gel transparente llena todo del espacio comprendido entre el área interior de la retina, cara posterior del cristalino y el cuerpo ciliar. Está constituido en un 99% por agua, colágeno y ácido hialurónico. La viscosidad de este disminuye con el paso de la edad. (Jack J KansKi, 2012, p. 4)

1.10.4.7 *Cristalino.*

Lente biconvexa. Su función principal es la acomodación. Las proteínas que lo conforman se vuelven insolubles en el adulto, causando una disminución en la elasticidad y transparencia. (Jack J KansKi, 2012, p. 5)

1.10.4.8 *Conjuntiva.*

Mucosa que tapiza parte interna de los párpados desde el borde libre, se refleja en dos fondos uno superior y otro inferior, también recubre una pequeña parte anterior del globo ocular hasta el limbo esclerocorneal. (Jack J KansKi, 2012, p. 5)

1.10.4.9 *Párpados.*

Estructura músculo membranoso que se encarga de proteger a los globos oculares frente a los agentes externos como luz, temperatura del medio ambiente, impurezas, etc. Además que gracias a ellos y su movimiento llamado parpadeo, hidratan constantemente de la superficie del globo ocular. (Jack J KansKi, 2012, p. 5)

Cada ojo humano tiene un campo de visión angulado de 150°, pero debido al solapamiento binocular el ángulo se incrementa a un valor superior a los 164°. El movimiento de la cabeza complementa la captación de la obtención de imágenes del entorno (Jack J KansKi, 2012, p. 5)



Figura 26-1: Campo Visual de los Ojos
Fuente: (Casanov, 2013)

El ojo mantiene su posición mediante el equilibrio debido a tres pares de músculos antagónicos sin embargo, a veces se produce una pequeña inestabilidad que provoca un temblor con pequeña amplitud. (Jack J KansKi, 2012, p. 10)

El orden de muestreo óptico se debe a tres tipos de movimientos. El primero corresponde a saltos intermitentes y rápidos en la posición del ojo denominados sacádicos, lo hace para fijar un objetivo en la visión foveal, cuando una persona mira una película o lee algún texto sus ojos se desplazan de 5 a 10 grados sexagesimales en un tiempo de entre 25-40 ms. En cada sacada los ojos permanecen estáticos durante 250ms, tiempo en el que este extrae la información. (Jack J KansKi, 2012, pp. 10-13)

Cuando el objeto se ha fijado, la visión foveal se encarga de mantenerlo siguiéndolo, los movimientos de convergencia se producen cuando el objeto se acerca o se aleja, causando que los ojos miren hacia la nariz si el objeto está muy cerca, además de que es imposible una mayor convergencia a esta distancia. (Jack J KansKi, 2012, p. 13)

Como consecuencia de todos estos movimientos, el ojo humano es capaz de muestrear en cualquier instante y los sacádicos cambian bruscamente, sin embargo los movimientos oculares son suaves. (Jack J KansKi, 2012, p. 13)

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

El presente capítulo describirá la concepción general del sistema inalámbrico que le permitirá a una persona con discapacidad controlar varios actuadores por medio de comandos de voz y el movimiento de un ojo, a continuación se presenta la generalidad del sistema de comunicación inalámbrico.

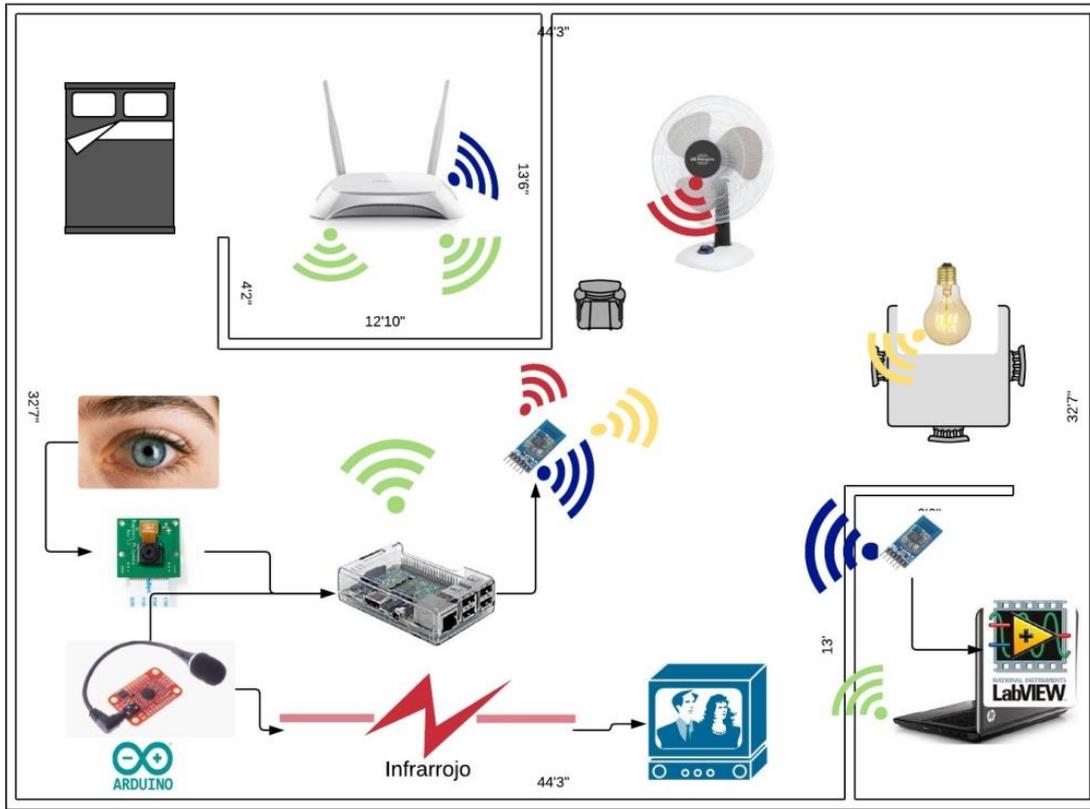


Figura 1-2: Topología General del sistema inalámbrico
 Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

La adquisición de la imagen que determina la posición del ojo es capturada una camapara web coenctada al Raspberry pi, controlada por un Script desarrollado en Python y almacenada en el Raspberry Pi, mediante la conexión en red los archivos del Raspberry pueden leerse desde el LabView para el procesamiento de imagen, determinando si la posición del ojo se ha movido hacia arriba o hacia abajo.

Apartir del procesamiento de imagen se controlan los respecticos puertos GPIO, los mismos que se encuentran conectados a los puertos del módulo ESP8266 controlando los actuadores de forma inalámbrica, el sistema inicia su funcionamiento por medio del comando de voz “activar”.

Los comandos de voz se definen de acuerdo a la figura 2-2, desde la concepción de la señal de audio hasta el procesamiento de la voz para el control y manejo de una TV.

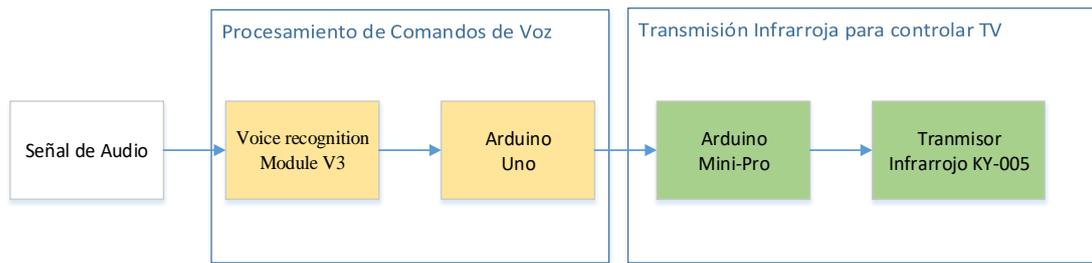


Figura 2-2: Diagrama de Bloques del Sistema de Comunicación Inalámbrica
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.1 Visión General del Sistema Infrarrojo para el manejo de TV

Para el diseño e implementación del sistema inalámbrico se necesita los siguientes módulos, para el tratamiento de señales externas de voz:

2.1.1 Para Comandos de Voz:

- Módulo VR3 (Voice recognition Module V3)
- Arduino Mini

2.1.2 Para la Comunicación Infrarroja:

- Arduino mini-pro
- Transmisor infrarrojo KY -005

2.2 Comandos de Voz

Los comandos de voz en la actualidad permiten automatizar tareas de manera más sencilla, varias empresas a nivel mundial desarrollan asistentes de voz como es Siri, Cortana, Google Assistant entre los más importantes, implementados en mucho de los casos en dispositivos móviles como asistentes personales que mejoran las actividades diarias. Dichos asistentes inteligentes desempeñan infinidad de funciones como: hacer llamadas telefónicas, controlar un sistema demótico a distancia, implementación de seguridad por reconocimiento de voz, búsqueda masiva de datos, etc.

2.2.1 Etapa de Reconocimiento de Voz.

En esta etapa se usó el módulo VR3 (Voice recognition Module V3) compatible con Arduino Uno el cual permitió grabar diferentes comandos de voz, de acuerdo a la arquitectura del módulo solo permite el uso de 7 comandos de voz.



Figura 3-2: Voice recognition Module V3

Fuente: (EILECHOUSE, 2013)

- MIC Jack: to connect the MIC coming with SimpleVR
- MIC Port: to connect other kind of MIC
- CNT Button: to connect SimpleVR to PC
- Micro-USB port: to connect SimpleVR to PC
- Serial Port: to connect with controller such as Arduino

2.2.2 Configuración del Módulo VR3.

Para la configuración y el manejo de dicho modulo antes descrito se agregó librerías que no viene en Arduino IDE por lo cual se procedió a descargar dicha librería desde “GitHub”, en la siguiente dirección <https://github.com/elechouse/VoiceRecognitionV3>, lo que permitió configurar los diferentes comandos de voz.

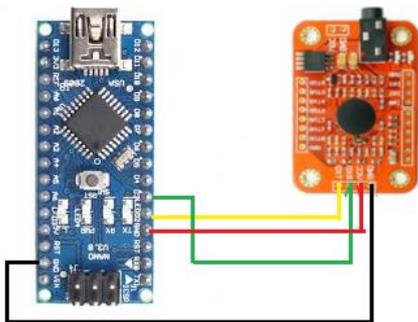


Figura 4-2: Voice Recognition Module V3

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Una vez que se agregó la librería para el uso del módulo Voice Recognition V3, y haber realizado las conexiones pertinentes, se procede a usar `vr_sample_train`, accediendo de la siguiente forma.

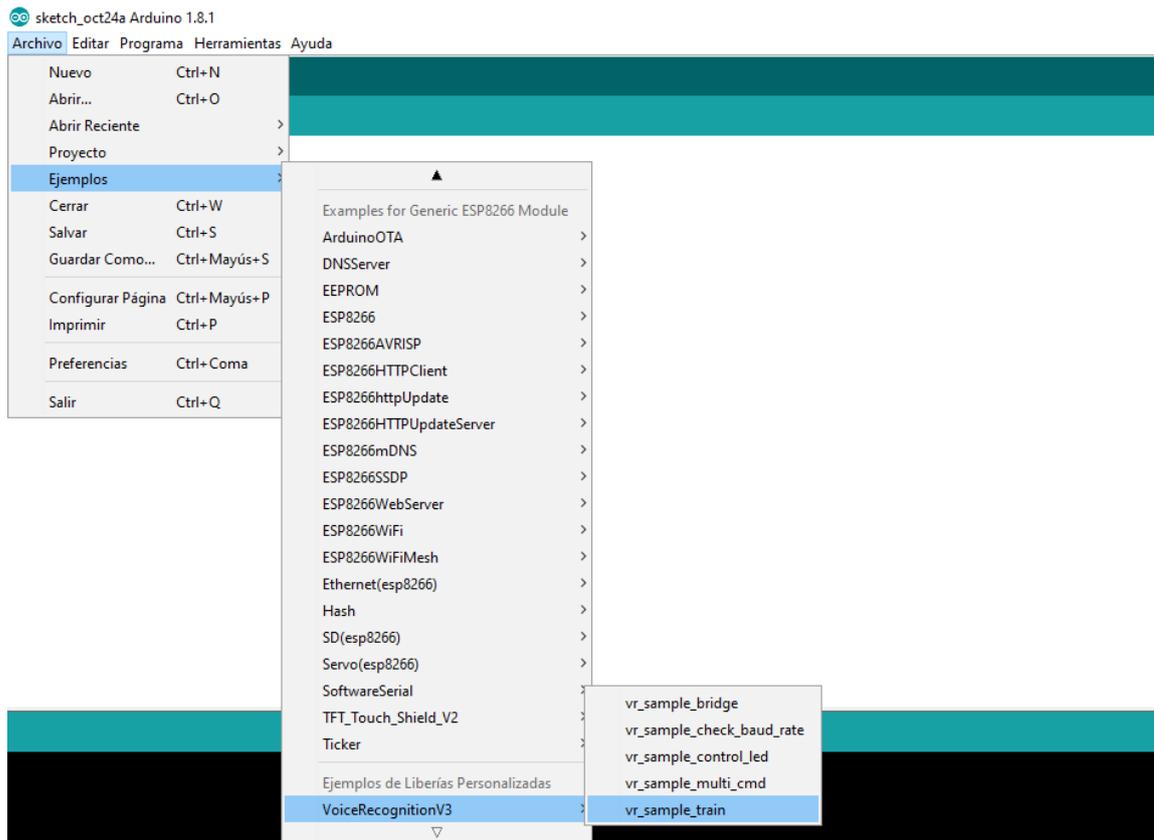


Figura 5-2: Acceso a vr_sample_train en Arduino IDE

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

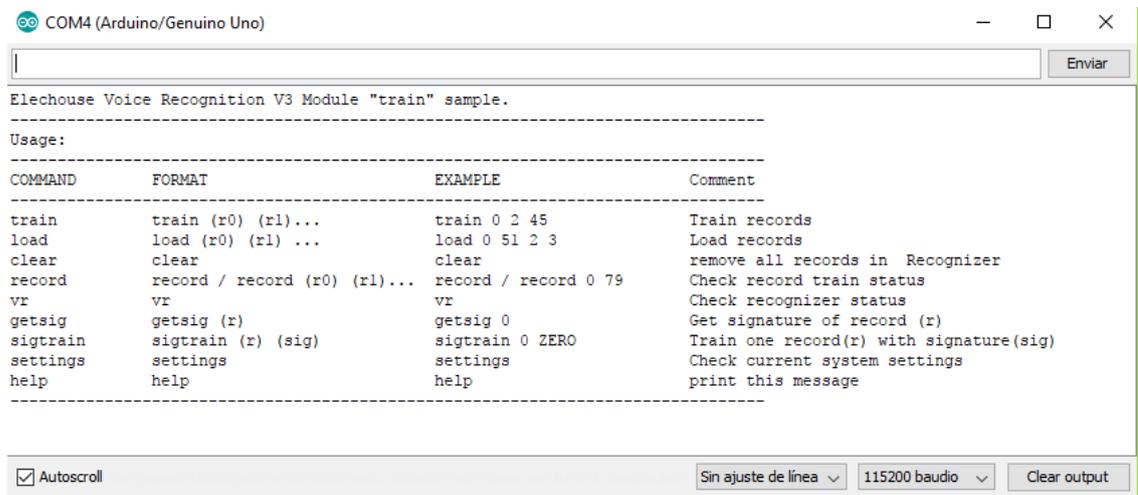


Figura 6-2: Configuración Básica de vr_sample_train

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Lo que permitió la configuración del modulo Voice Recognition V3 con el código siguiente, de esta forma se estableció los diferentes comandos de voz, para el proyecto desarrollado se configuraron 7 comandos de voz para controlar una TV además del sistema de adquisición y procesamiento de la imagen del ojo, Los comandos usados son:

- **Tele-----**→ Encender/Apagar puerto digital 6 del Arduino.

- **Mas-----**→ Para enviar un pulso 1segundo al puerto digital 7 del Arduino.
- **Menos-----**→ Para enviar un pulso 1segundo al puerto digital 8 del Arduino.
- **Canal-----**→ Para enviar un pulso 1segundo al puerto digital 9 del Arduino.
- **Control-----**→ Para enviar un pulso 1segundo al puerto digital 11 del Arduino.

La función del Arduino es procesar la señal externa tomada por el módulo VR3 para encender o apagar un puerto digital respectivamente como se especifica anteriormente, para configurar los puertos del arduino se usó vr_sample_control_led.

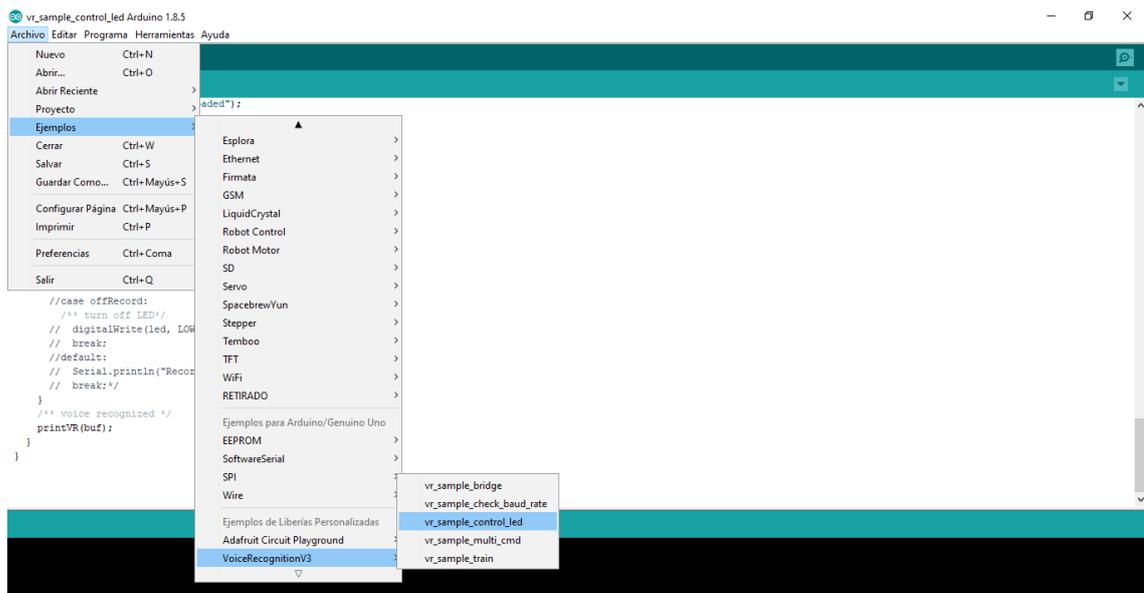


Figura 7-2: Acceso a vr_sample_control_led en Arduino IDE

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

El Sketch “vr_sample_control_led” permite configurar los puertos digitales del arduino, de acuerdo al comando de voz específico se encenderá o se apagará el puerto digital designado, a continuación se presenta la configuración.

```

Reconocimiento_de_Voz Arduino 1.8.4
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Reconocimiento_de_VozS

#include <SoftwareSerial.h>
#include "VoiceRecognitionV3.h"

/**
 * Connection
 * Arduino   VoiceRecognitionModule
 * 2 -----> TX
 * 3 -----> RX
 */
VR myVR(2,3); // 2:RX 3:TX, you can choose your favourite pins.

uint8_t records(7); // save record
uint8_t buf[64];

int ledTv = 6;
int ledMas = 7;
int ledMenos = 8;
int ledSeguir = 9;
int ledVolver = 10;
int ledActivar = 11;

#define Tv (1)
#define Mas (2)
#define Menos (3)
#define Seguir (4)
#define Volver (5)
#define Activar (6)

```

Figura 8-2: Configuración de Puertos digitales en función al comando de Voz
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.3 Control Remoto Infrarrojo para el manejo de TV

Para el desarrollo del control remoto se usó un Arduino pro-mini y un transmisor infrarrojo KY-005 para comandar la TV como se muestra a continuación.

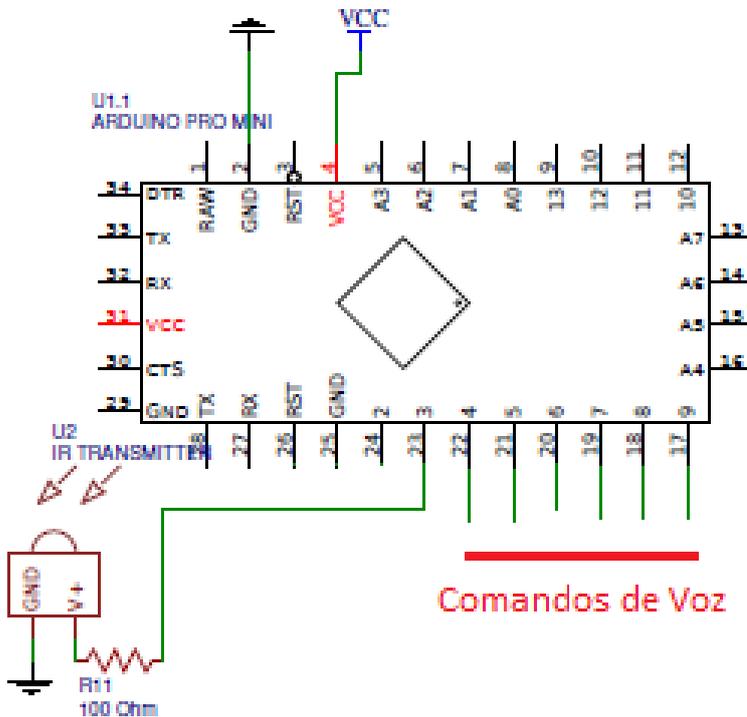


Figura 9-2: Configuración de Puertos controlados por Comandos de Voz
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

La figura 9-2 representa las conexiones realizadas para el control remoto infrarrojo comandado por voz.

Para determinar el correcto funcionamiento del control remoto comandado por voz se debe definir los códigos HEX para cada botón, en este caso se definió los códigos para una televisión marca LG, como se muestra a continuación.



Figura 10-2: Códigos HEX de control remoto LG
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Una vez determinado los códigos hexadecimales de cada botón configuramos estos códigos en el sketch de la siguiente forma.

```

Transmisor_IR Arduino 1.8.4
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Transmisor_IR
void loop() {
  attachInterrupt(0, wakeUp, HIGH);
  while (timer < 10000) {
    if (digitalRead(b1) == HIGH) {
      timer = 0;
      delay(50);
      irsend.sendNEC(0x20DF10EF, 32);
    }

    if (digitalRead(b2) == HIGH) {
      timer = 0;
      delay(50);
      irsend.sendNEC(0x20DF40BF, 32);
    }

    if (digitalRead(b3) == HIGH) {
      timer = 0;
      delay(50);
      irsend.sendNEC(0x20DFC03F, 32);
    }

    if (digitalRead(b4) == HIGH) {
      timer = 0;
      delay(50);
      irsend.sendNEC(0x20DF00FF, 32);
    }

    if (digitalRead(b5) == HIGH) {
      timer = 0;
      delay(50);
    }
  }
}

```

Figura 11-2: Código de Control Remoto IR
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.4 Sistema de adquisición y procesamiento de imagen del ojo.

En la figura 12-2 observamos el algoritmo que define la adquisicion y procesamiento de la imagen del ojo, para encender o apagar los respectivos actuadores, por medio del comando de voz inicia la ejecución de este algoritmo.

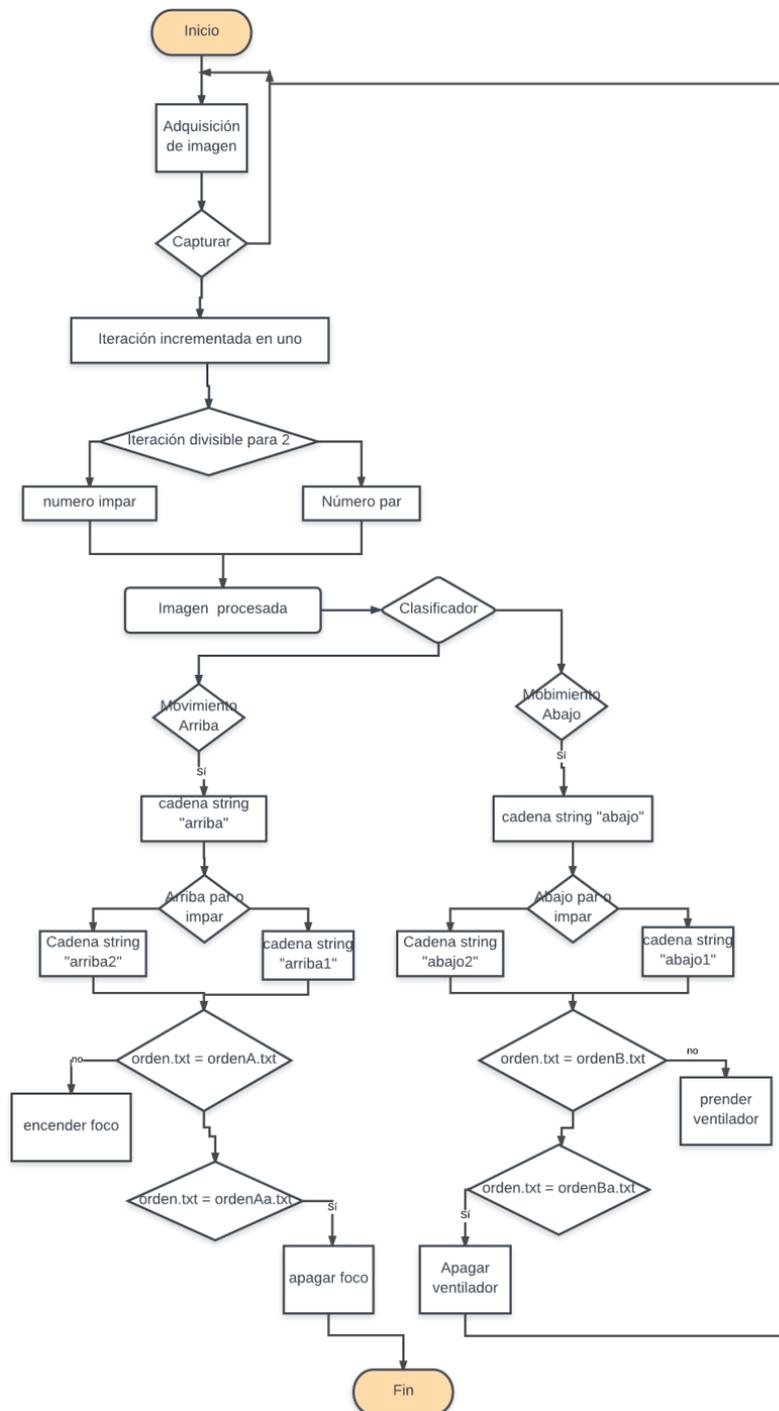


Figura 12-2: Diagrama de flujo del Sistema de procesamiento de ojo
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.5 Componentes hardware del sistema

2.5.1 Cámara Web-Cam USB

Se refiere a un dispositivo con la capacidad de tomar imágenes o fotogramas en tiempo real, este tipo de dispositivos se usa para varios fines desde complementar PCs que carecen de dicho dispositivo hasta el uso en sistemas de seguridad, por el impacto que ha tenido desde sus inicios

su evolución ha sido notable con respecto a la resolución de imagen, el avance tecnológico permite minimizar este tipo de dispositivos para la integración en teléfonos inteligentes (smartphones).



Figura 13-2: Camara Web-Cam Usb.
Fuente: (Siliceo, 2015)

De acuerdo la tabla 1-2 define las características técnicas de un tipo de cámaras web, en el mercado existen varios marcas conocidas como: Genius, Microsoft, Philips, D-Links, etc que construyen este tipo de dispositivos, varias cámaras web son multiplataformas es decir que funciona correctamenete en Windows, Linux, Mac.

Tabla 1-2: Características de la Cámara Web-Cam

| Características de Webcam |
|--|
| Microfono Incorporado. |
| 6 Luces LED nocturna. |
| Cable de 125 cm para colocarla sobre la mesa o el monitor. |
| Compatibilidad con USB 3.0/2.0/1.1 |
| Sensor de Imagen: 1.3 Mega Píxeles CMOS VGA Sensor. |
| Video: 2048 x 1536 píxeles. |
| Velocidad de 30 fotogramas/segundo. |
| Señal ruido más de 40db. |

Fuente: (Siliceo, 2015)

2.5.2 Ordenador hp pavilion g series 1c57dx.

Las características de este equipo son las siguientes.

- Intel Core i5 2nd Gen 2430M (2.40 GHz)
- 4 GB Memory 500 GB HDD
- Intel HD Graphics 3000

- 1366 x 768
- Windows 7 Home Premium 64-Bit
- SuperMulti DVD burner



Figura 14-2: Ordenador hp pavilion g series 1c57dx
Fuente: (CNET, 2011)

2.5.3 *Raspberry pi 3.*

El Raspberry pi 3 se utilizó para la manipulación y control de los puertos GPIO mediante la programación de un Script sobre Python que interpreta la orden determinada en el VI de LabView.

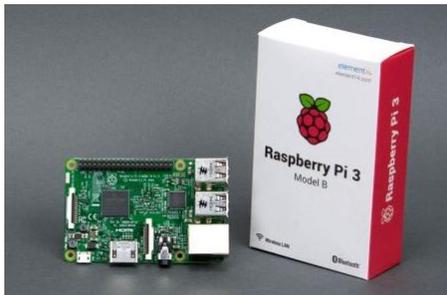


Figura 15-2: Raspberry Pi 3
Fuente: (electronics, 2016)

2.5.4 *Router TP-link.*

Es un dispositivo de conexión por cable / inalámbrico diseñado específicamente para la interconexión de dispositivos en una LAN. Trabaja bajo el estándar IEEE 802.11n, con velocidades de transmisión de hasta 300Mbps.

Mitigando la pérdida de datos debido a la distancia u obstáculos de una oficina pequeña o en un edificio con paredes de acero y hormigón. Cuenta con el Encriptado WPA/WPA2, el WPS-Botón de Seguridad, la función IP QoS que ofrece un óptimo uso del ancho de banda haciendo que los usuarios de redes pequeñas tengan asignado un ancho de banda adecuado, evitando la degradación en el rendimiento de la red.



Figura 16-2: Router TP-LINK TL-WR740N
Fuente: (Flipkart, 2012)

2.5.5 *Módulo relé.*

Es un interruptor el cual se puede activar al recibir una señal eléctrica. Básicamente es un pequeño electroimán que cambia de conectado a desconectado o viceversa, dependiendo de la conexión. En el presente trabajo de titulación usamos el modulo relé para conmutar grandes picos de tensión o intensidad por señales recibidas desde los módulos wifi y de esta manera poder encender aparatos eléctricos que requieren un voltaje de 110 voltios.



Figura 17-2: Módulo Relé
Fuente: (MaxElectrónica, 2012)

2.6 **Software del Sistema de Adquisición y Procesamiento de Imagen**

2.6.1 *Python 3.*

Es un lenguaje de programación práctico y fácil de aprender. Contiene estructuras de datos eficientes y de alto nivel, su programación es orientada a objetos. La fácil sintaxis de Python hace que éste lenguaje sea ideal para desarrollar scripts y aplicaciones en diversas áreas, además de ser versátil con otras plataformas.

El intérprete de Python está a libre disposición en forma binaria al igual que su extensa biblioteca estándar, el código fuente podemos encontrarlo en su sitio web. En él también podemos encontrar distribuciones y enlaces de módulos libres, programas y documentación adicional.

Se utilizó este lenguaje de programación para realizar principalmente las tareas de manejo de archivos: lectura, escritura y comparación de archivos donde se usan las siguientes estructuras de datos, las cuales se detallan a continuación.

2.6.1.1 *Nombres de variables y palabras claves.*

Python considera correcta la asignación de nombres siempre y cuando se ajusten a las siguientes reglas:

- Su contenido comprende secuencias de letras y dígitos.
- El nombre de la variable debe iniciar con una letra, donde el guión bajo (`_`) es considerado como un caracter.

Por lo general los programadores escogen los nombres para sus variables. El carácter subrayado (`_`) a menudo es usado en nombres con varias palabras como, por ejemplo, `lista_estudiantes`.

2.6.1.2 *Lectura y escritura de archivos.*

Una de las formas de presentar los resultados de salida de un programa, es la impresión de ellos de una forma en la que es legible para los usuarios, o almacenados en un archivo para su futura manipulación.

En la lectura de los archivos de texto se utilizó la función `“open()”` ya que esta devuelve un objeto archivo, lo siguiente es realizar la lectura de su contenido y para ello manejamos la función `“nombre_archivo.readline()”` que permite leer solamente la primera línea del archivo, si deseamos seguir leyendo la segunda, tercera o enésima línea, debemos aumentar la función `“nombre_archivo.readline(n)”` de acuerdo al número de líneas a leer.

```

>>> fichero = open('ejemplo.txt')
>>> fichero.readline()
'Esta es la línea 0.\n'
>>> fichero.readline()
'Línea 1 por aquí.\n'
>>> for linea in fichero:
    print(linea, '** longitud:', len(linea));

```

```

Pera
** longitud: 5
Manzana
** longitud: 8
Plátano
** longitud: 8

```

Figura 18-2: Lectura y Escritura de Archivos
Fuente: (Pitando, 2015)

2.6.1.3 Estructura IF.

Es una estructura condicional donde una vez evaluada la condición tiene dos opciones, cumple o no cumple, dependiendo de esta bifurcación pasa a ejecutarse una serie de sentencias programadas. La estructura del IF es la mostrada en la figura 18-2.

```

Variable
IF condición:
    Acción
Else:
    Acción

```

Figura 19-2: Estructura IF
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.6.1.4 Manipulación de los puertos GPIO mediante Python.

Es necesario importar la biblioteca “RPI.GPIO”, requerida para la manipulación de los puertos y la biblioteca “time”, para crear sincronización entre cada transición del GPIO.

```

import RPi.GPIO as GPIO
import time
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(12, GPIO.OUT)
GPIO.setup(6, GPIO.IN)

```

Figura 20-2: Librerías de Configuración en GPIO
Fuente: (Pitando, 2015)

2.6.2 *LabView 2014 32-bits.*

En LabView se realiza el procesamiento de imágenes usando el vision assistant y los diferentes bloques que componen el algoritmo del scrip son los siguientes:

2.6.2.1 *Geometry.*

Cambia la representación geométrica de una imagen seleccionada. Al usar este bloque podemos cambiar su nombre, además de ello manipular los controles para procesar la imagen obtenida del Imagen Source. El control que usamos es el llamado Rotación que nos permite girar la imagen un ángulo comprendido entre 0° y 360° sexagesimales.

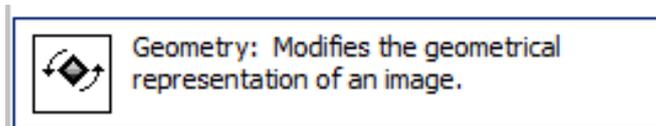


Figura 21-2: Geometry

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.6.2.2 *Image Mask.*

Este bloque se encarga de crear un marco en el cual el área alrededor de la región de interés se torna de un color negro, colocando pixeles de color negro en toda esa área, de esta manera permitiendo que la clasificación de forma sea más exacta y que obtenga una puntuación por coincidencia más alta.

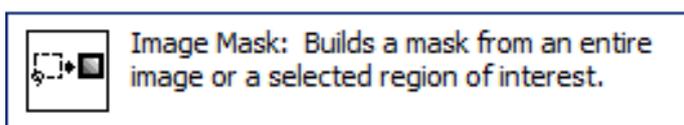
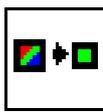


Figura 22-2: Image Mask

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.6.2.3 *Color Plane Extraction.*

Se encarga de extraer uno de varios planos de color comprendidos entre Rojo, Azul, Verde, Tono, Luminosidad, Saturación, Valor, Intensidad de la imagen a procesar. El control que nosotros utilizamos es el HSV - Value Plane que nos permite extrae el plano de valor de dicha imagen.



Color Plane Extraction: Extracts the three color planes (RGB, HSV, or HSL) from an image.

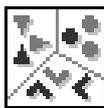
Figura 23-2: Color Plane Extraction

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.6.2.4 Particle Classification.

Clasifica muestras determinadas en una zona específica o región de interés de acuerdo a la forma del objeto. En general tenemos que agregar ejemplos, donde creamos y añadimos muestras de las clases a clasificar, posteriormente entrenamos las muestras para que el clasificador pueda extraer sus características y determinar su clase.

Los valores que regresa este bloque son: nombre del objeto clasificado, la puntuación de identificación y de calificación.



Particle Classification: Classify particles in a region of the image.

Figura 24-2: Particle Classification

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.7 Instalacion de complementos en LabView

El software que se encarga de realizar el procesamiento digital de imagen es LabView 2014, para ello se instaló dos módulos importantes, uno de ellos es el “*real time module*” y el “*visión Assistant*”, ambos módulos podemos obtenerlo a modo de prueba en la página oficial de la National Instruments en un tiempo de uso gratuito de 15 días, superado este tiempo se debe adquirir la licencia propietaria del software. Disponible en www.ni.com/vision/software/esa/

| Nombre | Tamaño | Comprimido | Tipo | Modific |
|-------------------------------|-----------|------------|--------------------|---------|
| Carpeta de archivos | | | | |
| ayuda.txt | 212 | 152 | Documento de texto | 29/02/2 |
| imaqUSB.llb | 170.690 | 71.095 | LabVIEW LLB | 29/02/2 |
| ni_imaq_usb_installer_86.exe | 3.426.578 | 3.420.698 | Aplicación | 29/02/2 |
| Tutoria01.vi | 39.058 | 11.409 | LabVIEW Instrument | 29/02/2 |
| VisionAssistant2009Hotfix.exe | 393.760 | 371.421 | Aplicación | 29/02/2 |

Figura 25-2: Software de adquisición y procesamiento de imagen pre-instalado

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Se necesita el “NI-imaq” para acceder a las herramientas que otorga al ordenador la capacidad de realizar la adquisición de imagen. El “ImaqUSB” permitió utilizar una cámara web USB desde LabView, la cual se utilizó para la programación y comprobación del correcto funcionamiento del VI.

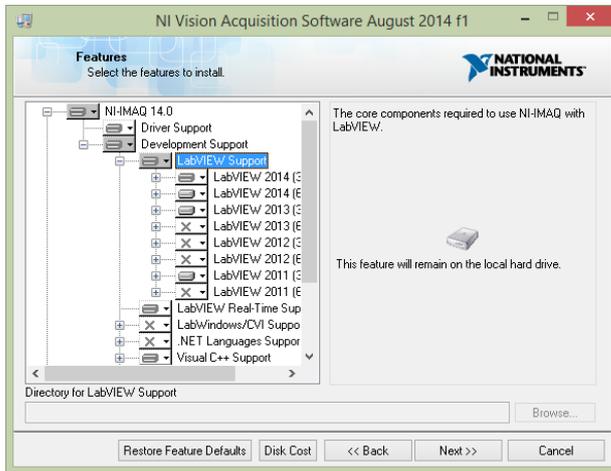


Figura 26-2: Instalación del Vision Assistant

Fuente: <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/84799BD68A7AD07986257DD30061D6E3>

El “Real time module” es importante para realizar tareas en tiempo real como lo es visualizar la imagen y posicionarla al nivel del ojo, además que el “Vision Assistant” requiere de esta librería para trabajar de manera eficiente, una de las desventajas de ella podría ser que únicamente es funcional en LabView 2014 a 32-bits.

El módulo “Vision Assistant” proporciona todas las librerías y bloques necesarios para procesar cualquier imagen, ya sea importada desde el ordenador o desde una cámara hacia el ordenador de forma sencilla e interactiva, facilitando al programador su trabajo.

2.8 Adquisición de Imagen en LabView.

El VI, fué programado siguiendo este algoritmo para el procesamiento de la imagen:

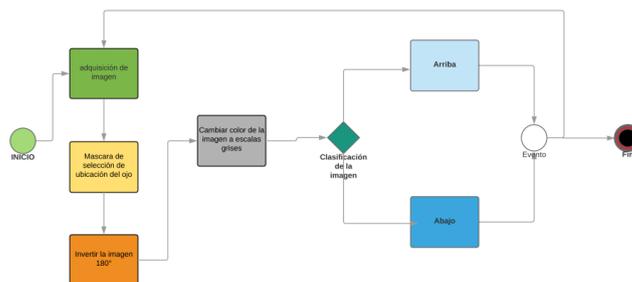


Figura 27-2: Algoritmo de adquisición y clasificación la imagen del ojo
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

De acuerdo con el algoritmo argumentado se adquirió la imagen por medio de una cámara web que permite tomar fotografías a posteriori ser procesadas.

El bloque que se encarga de la adquisición de la imagen fue programado en LabView en el bloque “*Vision Acquisition express*”, este se muestra en la figura 28-2 mostrándonos su ubicación en la barra de herramientas de la ventana del diagrama de bloques.

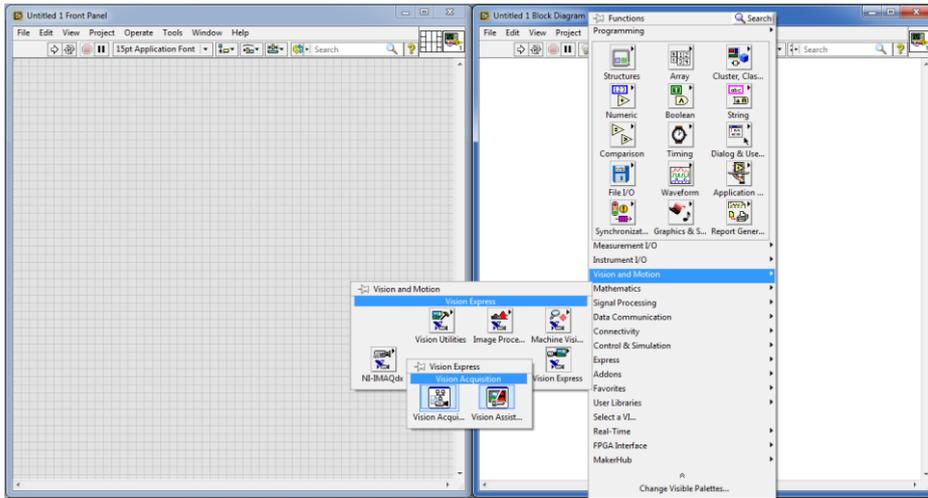


Figura 28-2: Pasos para acceder al Vision Acquisition express
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Una vez insertado el “*Vision Acquisition*” en la ventana de diagrama de bloques automáticamente se abre la siguiente ventana mostrada en la figura 28-2, donde se seleccionó la cámara, seguimos las instrucciones y elegimos la opción que realiza la adquisición constante de imágenes como se observa en la imagen 29-2 guarda una cámara dentro de un ciclo while do, por ultimo finalizamos las acciones.

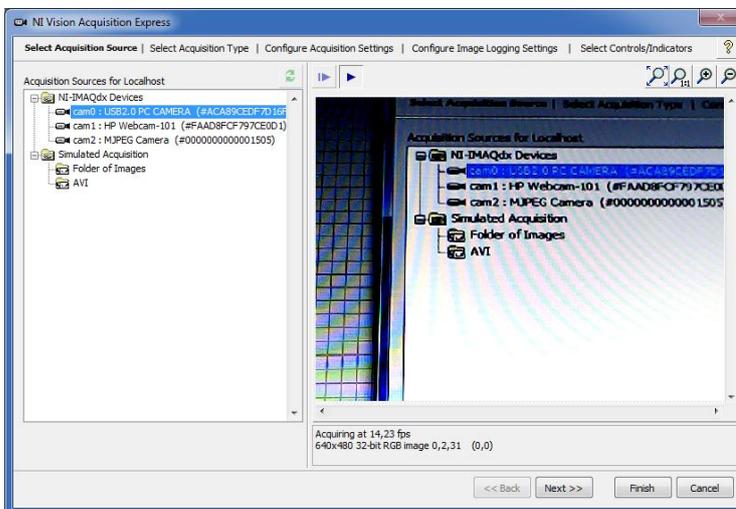


Figura 29-2: Selección de la cámara en el Vision Acquisition
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

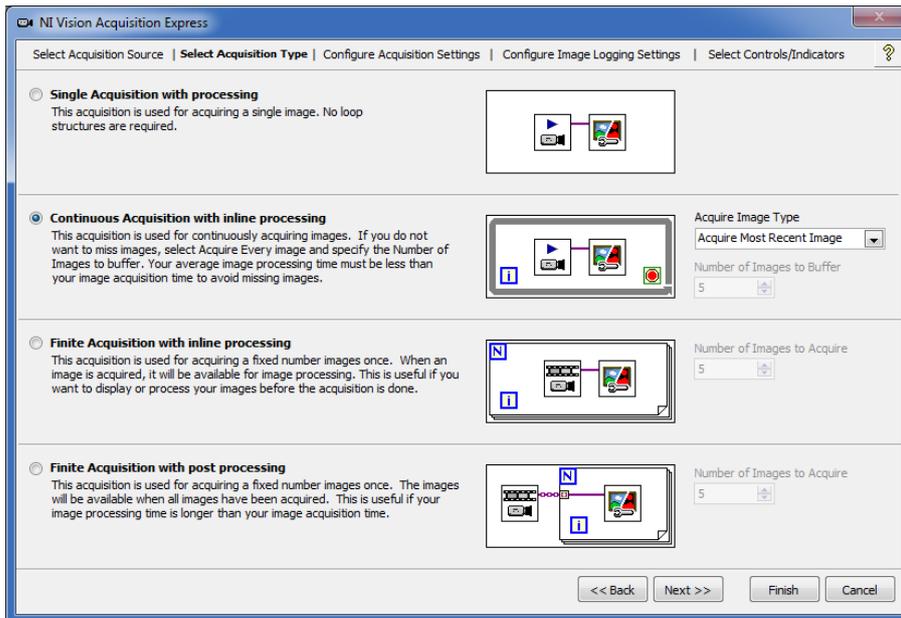


Figura 30-2: Modo de adquisición de imagen
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.9 Procesamiento de Imagen en Vision Assistant.

La siguiente etapa del algoritmo fué el análisis y procesamiento de la imagen y para ello se utilizó el procesamiento de reconocimiento por patrones de forma, por lo cual se abrió el “*Vision Assistant*”, que se encuentra a lado del “*Vision Acquisition express*”, al abrirlo se despliega una ventana automáticamente donde se programó un Script, que se encargó del reconocimiento de patrón de forma.

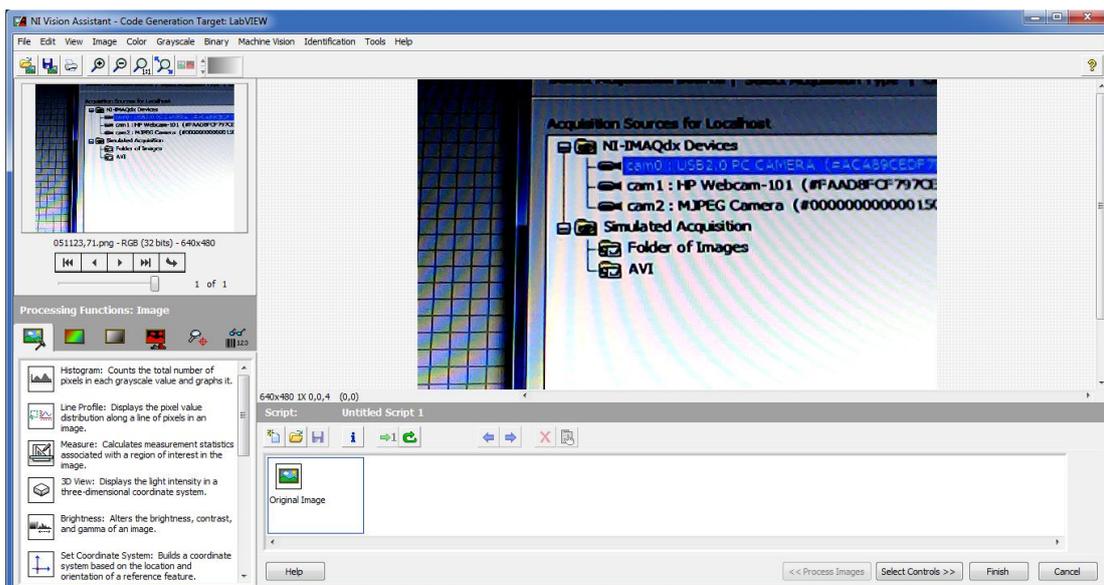


Figura 31-2: Ventana del Vision Assistant
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

El algoritmo programado utilizara los siguientes bloques:



Gráfico 1-2: Bloques utilizados para el procesamiento de Imagen en LabVIEW
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

El Script completo en un diagrama de bloques podemos observarlo en la imagen 32-2 donde todos los bloques están configurados y conectados.



Figura 32-2: Script programado para el reconocimiento de posición de ojo
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

El Script programado en el "Vision Assistant" lleva el nombre de clasificador debido a que en él se realizará la categorización de forma y para ello hemos creado un nuevo Train, dicho Train

es almacenado en el ordenador, posteriormente se tomaron muestras que sirven como referencia para la clasificación de nuestra imagen obtenida, la precisión de nuestro clasificador es mejor mientras más muestras se tenga almacenadas.

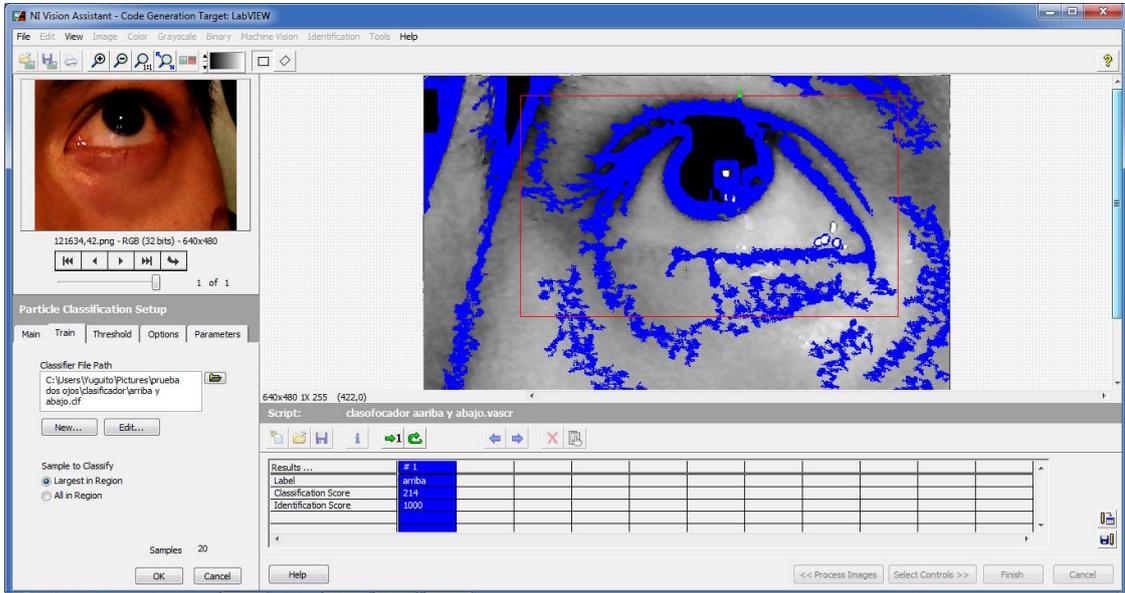


Figura 33-2: Imagen obtenida clasificada como “arriba”
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

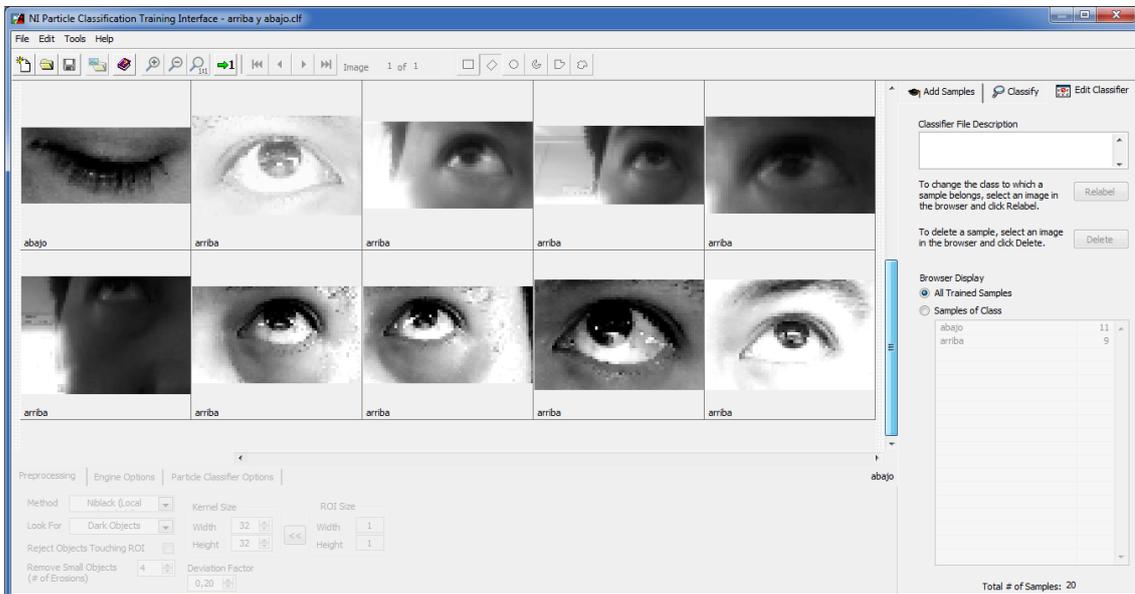


Figura 34-2: Muestras a comparar para realizar la clasificación
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Para agregar una muestra se posicionó en el bloque clasificar, clic en edit y al abrirse la ventana nos direccionamos a “*Training interface*” y se selecciona la pestaña classify. Para entrenar la imagen se elejió en “*train classifier*” y se observó como el programa ha realizado una clasificación por forma, de ser errónea esta clasificación realizada, procederemos que agregar otra muestra, de esta manera se determina correctamente su clasificación.

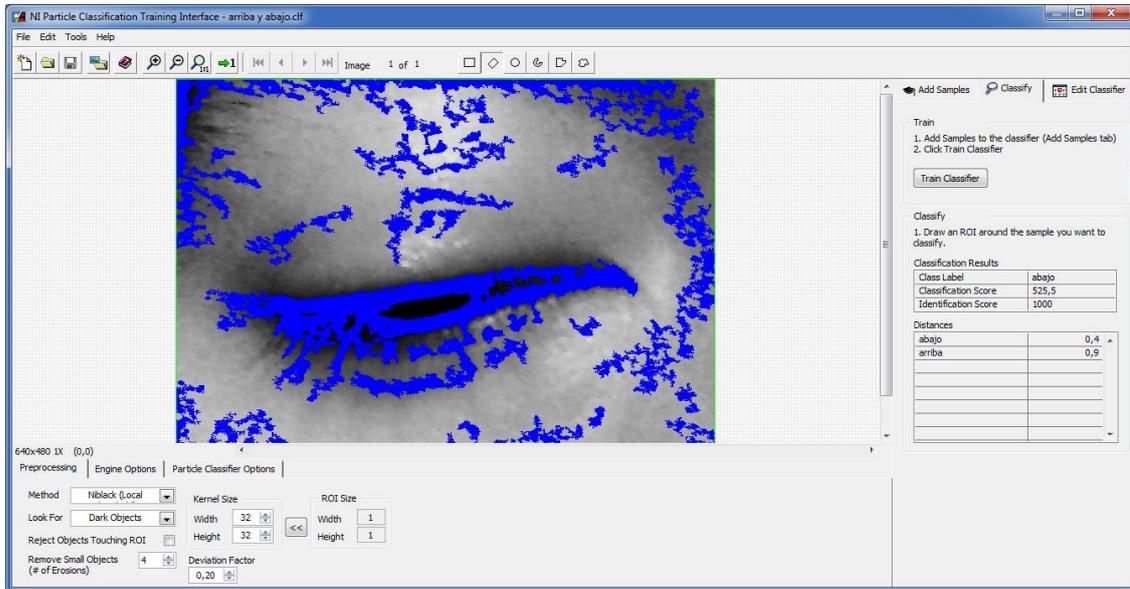


Figura 35-2: Entrenamiento de muestra a clasificar
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

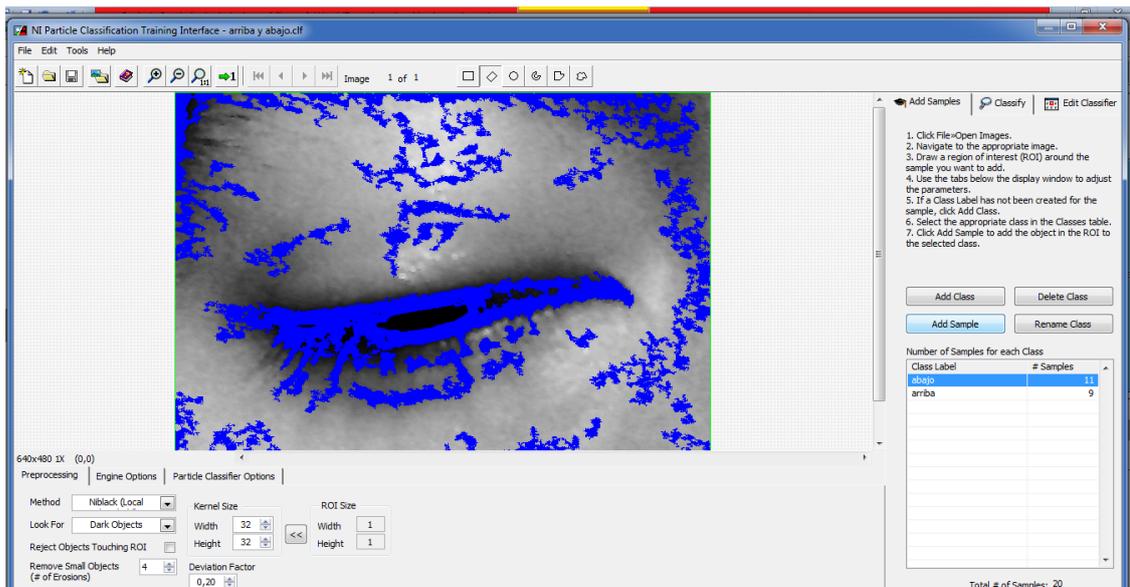


Figura 36-2: Agregar muestra al clasificador
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Al terminar esta sección del algoritmo que respecta al procesamiento de la imagen finalizamos el Script presionando en el botón Finalizar y esta acción procede a crear un bloque, que como entrada tiene la salida del “*Vision Acquisition*” y como salida el nombre de la clasificación determinada por el bloque, mediante el Script del “*Vision Assistant*”, este valor es del tipo string es decir una cadena de caracteres de código ASCII.

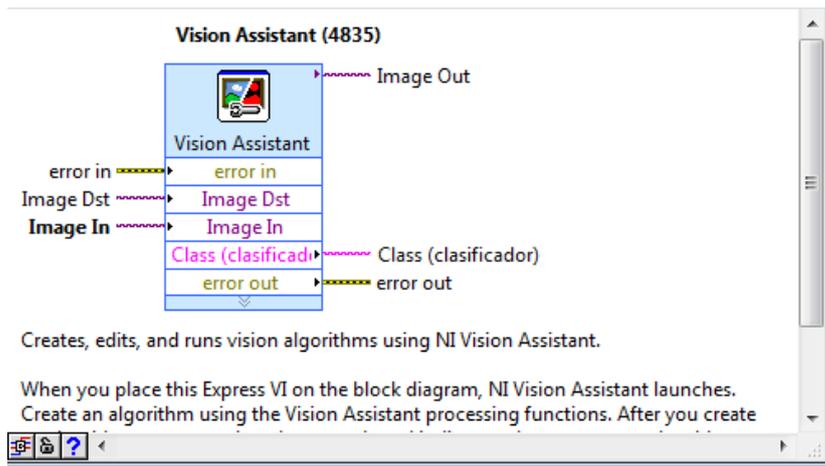


Figura 37-2: Bloque creado como resultado del algoritmo del NI Vision Assistant
 Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.9.1 Implementación y Programación de Indicadores

El siguiente paso en nuestro algoritmo es la ejecución de acciones, se comparó la salida del “*Vision Assistant*” usando un “Case”, en LabView la estructura “Case” tiene la misma estructura que en otros lenguajes de programación, la diferencia radica en que la función “Case” requiere la asignación de un valor a todas las variables de salida existentes dentro del bloque.

Se utilizó dos salidas de tipo booleano representadas por leds de color verde, donde retorna un valor de True si cumple la condición de coincidencia de texto, específicamente el clasificador retorna un valor string, para ello se programó dos opciones respectivas “*arriba*” y “*abajo*”.

Los leds de color verde o indicadores, contienen un nodo de fórmula encargado de comprobar el estado anterior del indicador, es decir si el indicador se mantenía en el estado encendido al accionarlo cambie al estado apagado o viceversa.

Un contador de iteraciones denominado “r” evalúa si la salida es par o impar, de ser impar la variable “y” tiene un valor “1”. Las variables de salida son True para el respectivo indicador de arriba o abajo y concatena una cadena string con el valor de “power”, llevando a un estado de encendido al GPIO del Raspberry controlado desde el Script en Python.

Si el valor de “r” es un número par, la variable “y” tiene un valor de “2”. Posteriormente este valor decimal se convierte en un dato tipo string e ingresa a un case que compara, si la variable de salida es “2”, el valor es “false” para el indicador correspondiente y concatena una cadena string con el valor de “off”, llevando a un estado de apagado al GPIO del Raspberry controlado desde el Script programado en Python.

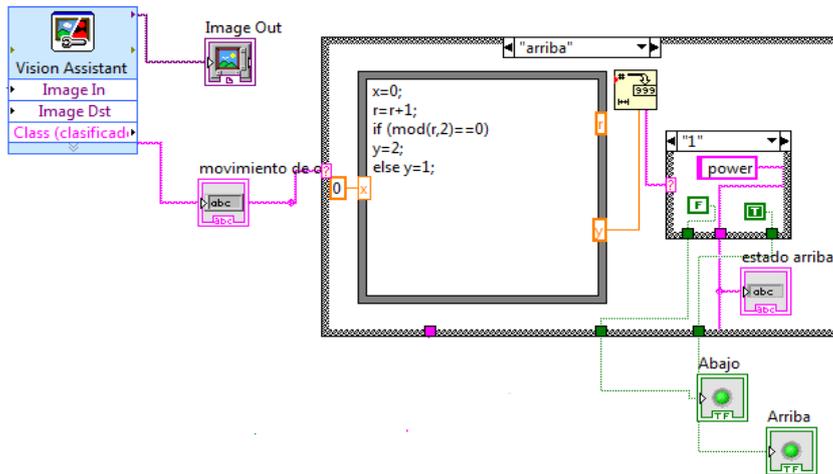


Figura 38-2: Programación estructura Case del movimiento “arriba”
 Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

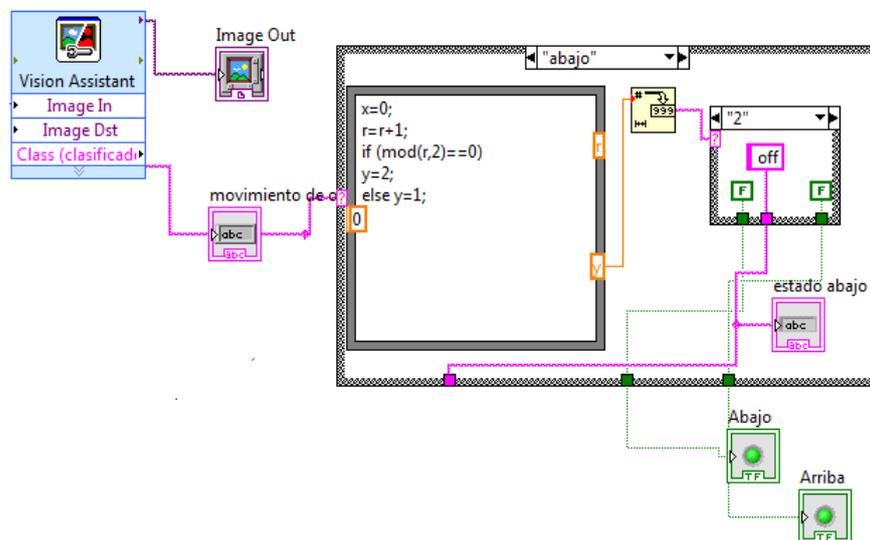


Figura 39-2: Programación estructura Case del movimiento “abajo”
 Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

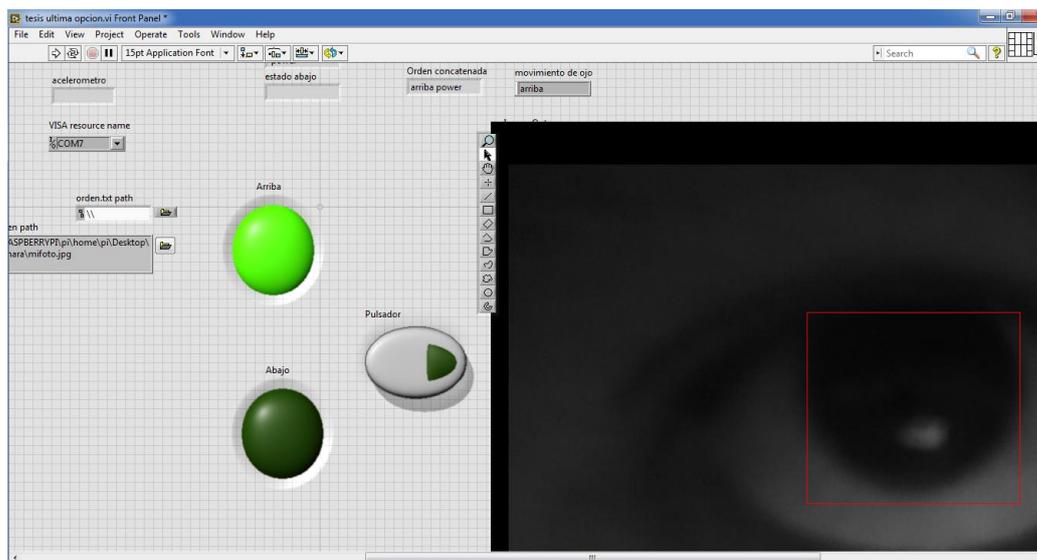


Figura 40-2: Panel frontal mostrando la clasificación del movimiento del ojo
 Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.10 Captura y Almacenamiento de Imagen.

Al finalizar esta etapa del algoritmo de adquisición, procesamiento y ejecución de una tarea por medio de una imagen. Se presentó una inestabilidad del sistema causada por el movimiento constante de ojos debido a la percepción de otros movimientos presentes en el entorno, por lo cual se desarrolló una solución que radicó en dar inicio a la adquisición y procesamiento de la imagen del ojo a través de un comando de voz.

Por lo cual se desarrolló la siguiente solución, añadiendo una estructura “While do” que contiene a los bloques pertenecientes al análisis y procesamiento de la imagen del ojo permitiendo lo siguiente:

- Que la orden se ejecute únicamente cuando este sea activada por medio del comando de voz “activar”.
- Que el procesamiento se reduzca a la adquisición de la imagen deseada, mas no al procesamiento de imágenes en tiempo real.

Para ello agregamos el bloque “*IMAQ Write file*” asignándole un “*file path*” correspondiente al directorio de almacenamiento de la imagen procesada, en su entrada se conecta la salida del “*Vision Acquisition*” y la salida del bloque “*IMAQ Write file*” se conecta al “*Vision Assistant*”, de esta forma se procesa solo la imagen capturada por la web-cam y posteriormente almacenada en la ubicación del “*file path*”.

Para más detalles podemos observar la imagen 41-2 donde se observa el “*Image*” y “*path file*”, que son las entradas necesarias que requieren su conexión para el funcionamiento del bloque.

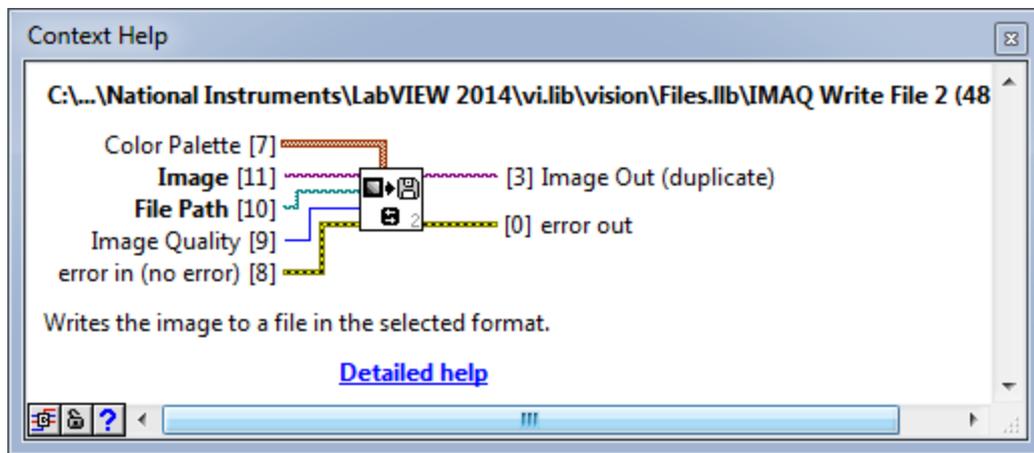


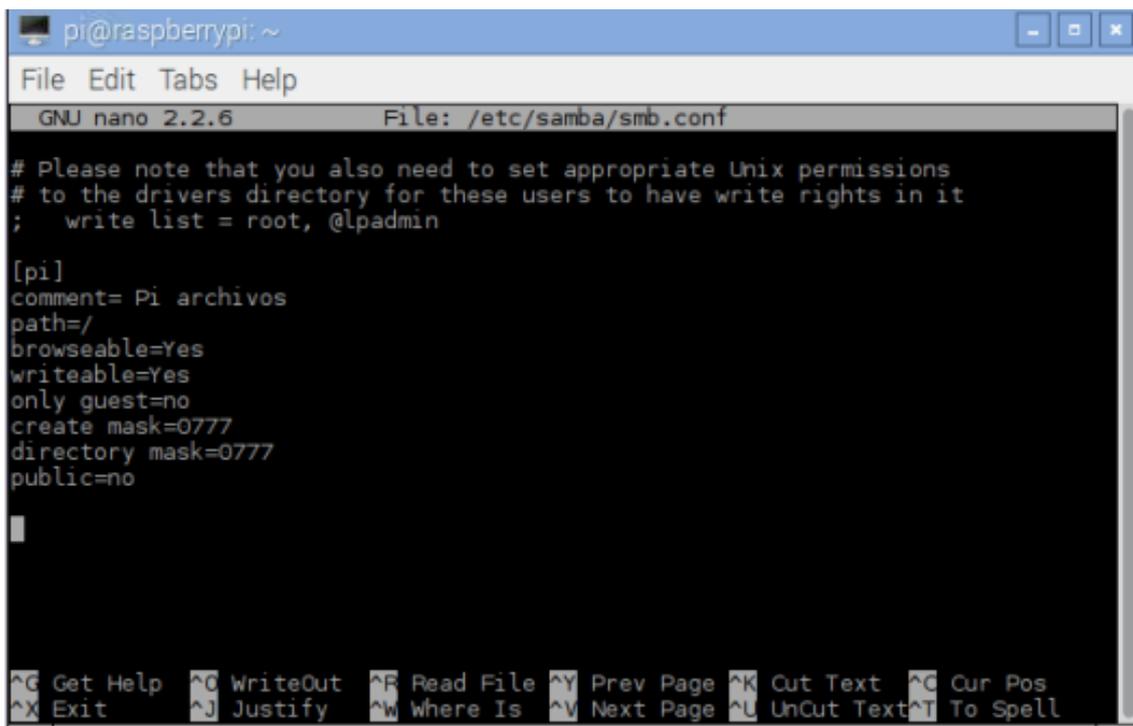
Figura 41-2: Bloque IMAQ Write file
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Una vez que el algoritmo de clasificación y adquisición se completó sin errores, se adjuntó la función de control y manipulación de los puertos GPIO del Raspberry en función del clasificador de imágenes que determina la posición del ojo.

Como se aprecia en la topología general de la imagen 1-2, la adquisición es mediante la web-cam, el procesamiento se realiza en el ordenador y por último el Raspberry se encarga de ejecutar las ordenes que se envían por la red inalámbrica y son leídas por el Script programado en Python 3, controlando los puertos GPIO de acuerdo al movimiento del ojo.

2.11 Instalacion y Configuracion de Servidor SAMBA en Raspberry.

Se creó el servidor de archivos SAMBA ingresando los comandos de la imagen 42-2 en CLI, permitiendo que la imagen obtenida por la web-cam sea utilizada por LabView, al igual que los archivos de texto que contiene las instrucciones respectivas para el control de los GPIO.



```
pi@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
GNU nano 2.2.6 File: /etc/samba/smb.conf
# Please note that you also need to set appropriate Unix permissions
# to the drivers directory for these users to have write rights in it
; write list = root, @lpadmin

[pi]
comment= Pi archivos
path=/
browseable=Yes
writeable=Yes
only guest=no
create mask=0777
directory mask=0777
public=no

^G Get Help ^O WriteOut ^R Read File ^Y Prev Page ^K Cut Text ^G Cur Pos
^X Exit ^J Justify ^W Where Is ^V Next Page ^U UnCut Text ^T To Spell
```

Figura 42-2: Configuración de servidor SAMBA sobre Raspbian

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Al finalizar la configuración del servidor SAMBA se verificó que en el entorno de redes compartidas en Windows, se adjuntó el host Raspberry, mostrado a continuación.

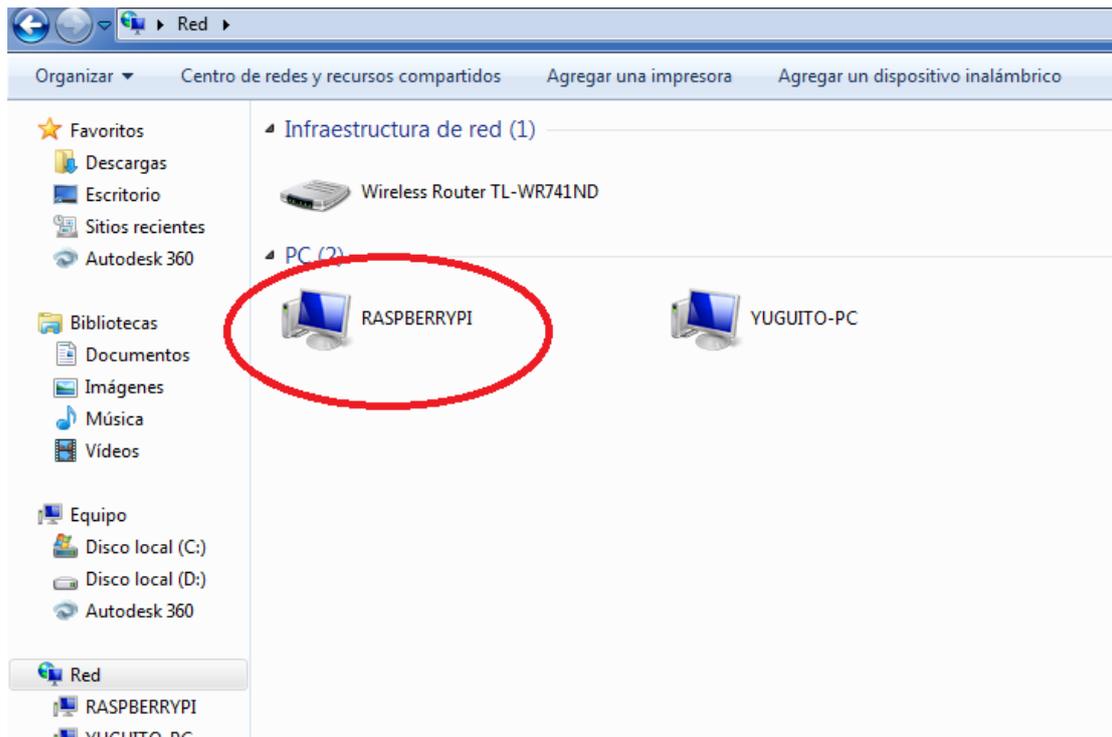


Figura 43-2: Entorno de red compartida del servidor de archivos SAMBA
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.12 Programación de Script de Manejo de Archivos en Python

Antes de ejecutar el Script creamos cinco archivos de texto: “orden.txt”, “ordenAe.txt”, “ordenAa.txt”, “ordenBa.txt” y “ordenBe.txt”. El archivo “orden.txt” es donde se guardan los caracteres del bloque clasificador ejecutado en LabView, este archivo cambiará su contenido dependiendo de la clasificación otorgada por el movimiento del ojo.

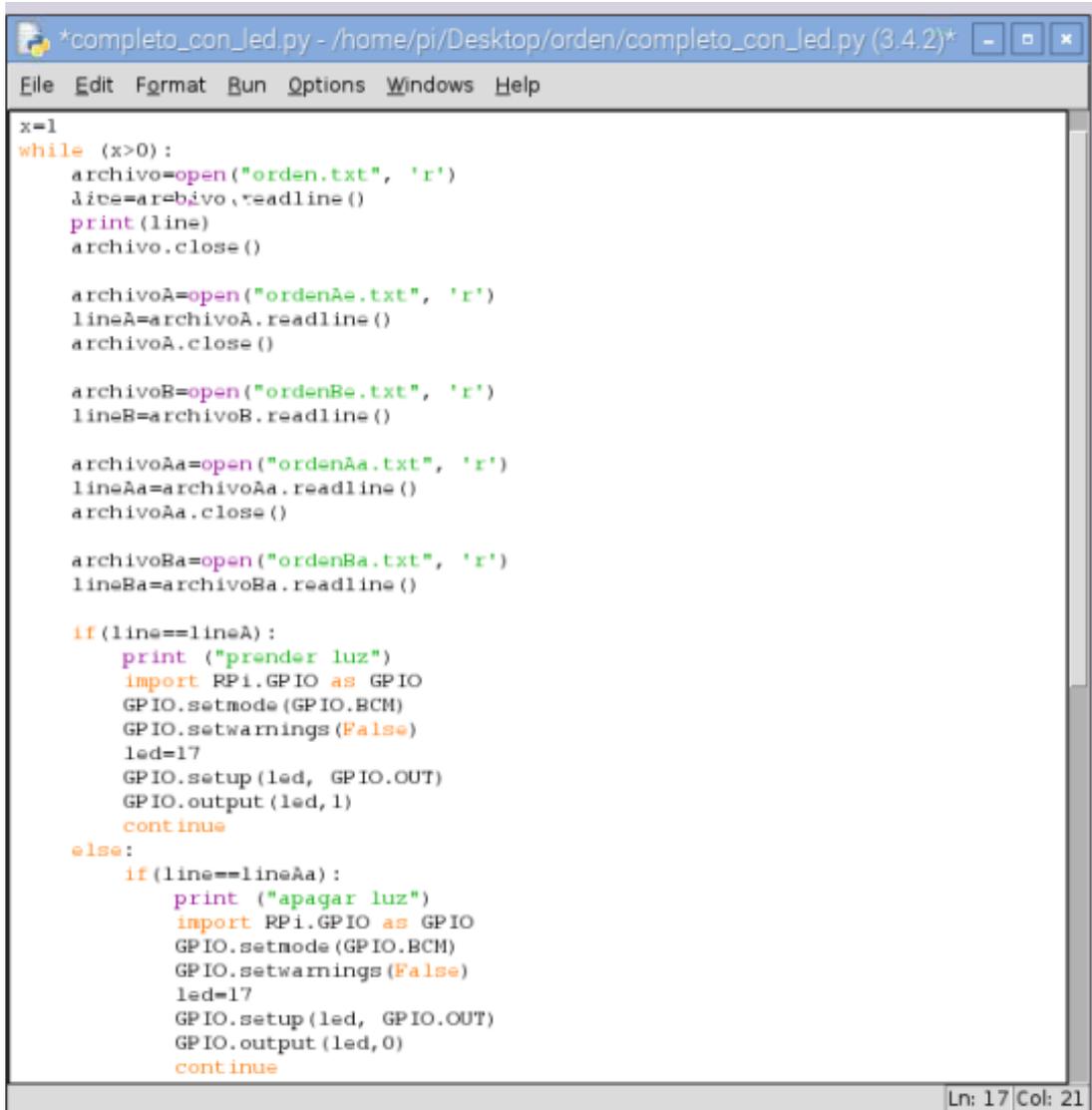
El archivo “ordenAe.txt” tiene el valor en código ASCII en su primera línea de “arriba power”, el archivo “ordenAa.txt” tiene el valor en código ASCII en su primera línea de “arriba off”, el archivo “ordenBe.txt” tiene el valor en código ASCII en su primera línea de “abajo power”, el archivo “ordenBa.txt” tiene el valor en código ASCII en su primera línea de “abajo off”, llevando acabo la comparación con el archivo “orden.txt”.

Para el desarrollo del Script compilado en Python que controla los puertos GPIO, describe el siguiente el proceso:

- LabView asigna una cadena de caracteres en función de su clasificación del movimiento de ojo analizada.
- El script que usa la estructura de control “IF” lee y compara los archivos de texto, en base a la primera línea del archivo de texto “orden.txt” que contiene la cadena de

caracteres otorgada por LabView, para el encendido o apagado el puerto GPIO correspondiente.

- El script contiene la instrucción “continue”, manteniéndolo en constante ejecución.



```
*completo_con_led.py - /home/pi/Desktop/orden/completo_con_led.py (3.4.2)*
File Edit Format Run Options Windows Help

x=1
while (x>0):
    archivo=open("orden.txt", 'r')
    line=archivo.readline()
    print(line)
    archivo.close()

    archivoA=open("ordenAe.txt", 'r')
    lineA=archivoA.readline()
    archivoA.close()

    archivoB=open("ordenBe.txt", 'r')
    lineB=archivoB.readline()

    archivoAa=open("ordenAa.txt", 'r')
    lineAa=archivoAa.readline()
    archivoAa.close()

    archivoBa=open("ordenBa.txt", 'r')
    lineBa=archivoBa.readline()

    if (line==lineA):
        print ("prender luz")
        import RPi.GPIO as GPIO
        GPIO.setmode (GPIO.BCM)
        GPIO.setwarnings (False)
        led=17
        GPIO.setup (led, GPIO.OUT)
        GPIO.output (led, 1)
        continue
    else:
        if (line==lineAa):
            print ("apagar luz")
            import RPi.GPIO as GPIO
            GPIO.setmode (GPIO.BCM)
            GPIO.setwarnings (False)
            led=17
            GPIO.setup (led, GPIO.OUT)
            GPIO.output (led, 0)
            continue

Ln: 17 Col: 21
```

Figura 44-2: Scrip que nos permite encender o apagar los GPIO

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.13 Escritura de archivos de texto en LabView.

El control de los puertos GPIO desde el LabView se realizó agregando un bloque que permitió sobrescribir el archivo de texto “orden.txt” creado en el Raspberry, utilizando las herramientas de la sección “File I/O” seleccionando el bloque “open/create/replace file”, que tiene como entradas el directorio donde se almacena el archivo y la operación de “read/write”, la que modifica el valor en código ASCII del archivo “orden.txt”.

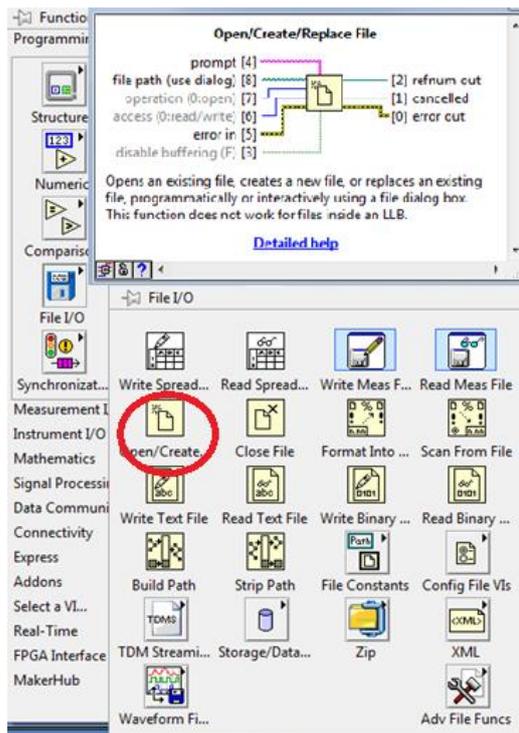


Figura 45-2: Bloque Open/Create/Repleace File
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

La salida del bloque descrito anteriormente se convierte en la entrada del bloque “Write toText File”, que sobrescribe en el archivo de texto “orden.txt” la orden a ejecutar, para ello se usa el bloque que concatena las salidas del calificador y la del Case a las entradas del bloque “Concatenate Ctrings” y su salida a la entrada del “Write to Text File” y finalmente se conectó la salida “Return Out” al bloque “Close File”.

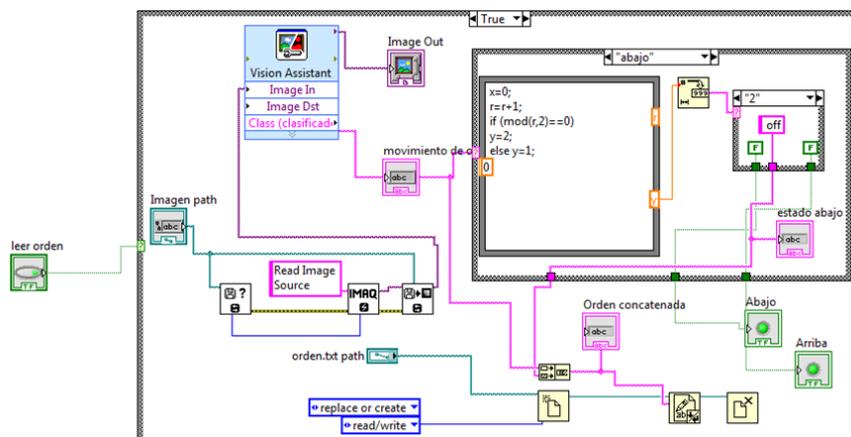


Figura 46-2: Procesamiento de imagen y creación de archivo de texto
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

El “Vision Assitand” procesa la imagen, determina la orden y especifica el estado de encendido o apagado de indicadores limitado por un bloque “While” como se observar en la imagen 47-2, entrando en funcionamiento solamente cuando el comando de voz “activar” sea

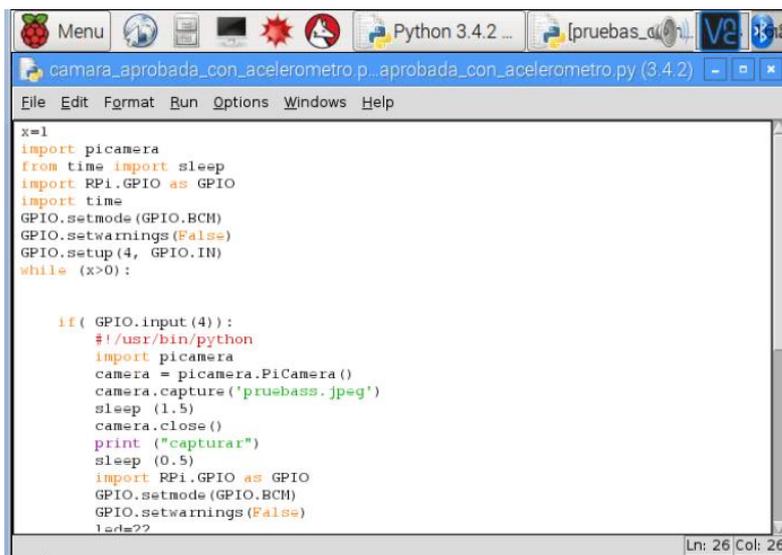
pronunciado por el usuario.

2.14 Programación de captura de imagen desde Python

En la siguiente etapa se realizó, donde se programó un Script en Python que realiza la adquisición y almacenamiento de la imagen en el Raspberry Pi, además proporciona un pulso que es transmitido inalámbricamente hacia el LabView dando inicio al funcionamiento del VI.

El algoritmo del Script programado en Python para controlar y manipular los GPIOs se observa en la figura 48-2 y define el siguiente proceso:

- Importamos las librerías necesarias para poder hacer uso de la Webcam, al igual que las librerías de los puertos GPIO.
- Se asigna al GPIO 4 como puerto de entrada de datos, mientras que el GPIO 22 es asignado como puerto de salida
- La estructura “IF” comprueba si en el GPIO 4 existe un pulso proveniente del comando de voz “activar”, identificando como pulso a valores con un valor entre 3,3 a 5 voltios.
- Si el GPIO 4 recibe una señal de voltaje procede a la captura de imagen, almacenándola en la carpeta donde fue creado el Script y con siguiente enciende el puerto GPIO 22 durante un segundo el mismo que se encuentra conectado a la entrada D5 del modulo ESP8266.
- Si el GPIO 4 no presenta un pulso proveniente del modulo de comandos de voz, me imprime un indicador de no lectura de pulso y vuelve a ejecutar el Script indefinidamente, por la presencia de la función “continue”.



```
x=1
import picamera
from time import sleep
import RPi.GPIO as GPIO
import time
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setwarnings(False)
GPIO.setup(4, GPIO.IN)
while (x>0):

    if ( GPIO.input(4) ):
        #! /usr/bin/python
        import picamera
        camera = picamera.PiCamera()
        camera.capture('pruebass.jpeg')
        sleep (1.5)
        camera.close()
        print ("capturar")
        sleep (0.5)
        import RPi.GPIO as GPIO
        GPIO.setmode(GPIO.BCM)
        GPIO.setwarnings(False)
        led=??
```

Figura 47-2: Script de adquisición de imagen desde la Webcam
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.15 Comunicación inalámbrica entre ESP8266

La comunicación inalámbrica WIFI está configurada bajo la arquitectura Cliente-Servidor permitiendo la interconexión entre los comandos de voz con LabView, si el usuario pronuncia el comando de voz “Activar” se enviara 1L por medio del módulo Client-ESP8266 y si no se estará enviando 0L, estas solicitudes estarán a la escucha por el Server-ESP8266 por el puerto 80 usando el protocolo http, mediante el monitor serial se leerá los datos recibidos.

```

// Cliente-Web
#include <ESP8266WiFi.h>
const char ssid = "Sensores"; //La misma que la del servidor
const char password = "libre2008"; //Sin clave, wifi abierta

const int LED_PIN = 5; // LED rojo
int val;
WiFiServer server(80);

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(100);
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(LED_PIN, LOW);
  Serial.println("Conectando a ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.println(".");
  }
  Serial.println("WiFi conectada");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  delay(1000);
  server.begin();
}

// AP
//AP envio de señales de comandos de VOZ
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>

const char AP_nombre[] = "Sensores";
const char WiFiClave[] = "libre2008"; //Sin clave
String val="0";
int val2=0;
const int BOTON=12;

WiFiClient http;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.mode(WIFI_AP);
  WiFi.softAP(AP_nombre, WiFiClave);
  delay(1000);
  //server.begin();
}

void loop() {
  val=digitalRead(BOTON);
  if (val==HIGH) {
    val="1";
  }
}
  
```

Figura 48-2: Programación del Cliente-Servidor en Arduino IDE
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Por su conexión punto a punto (P2P) no es necesario que existan dispositivos de red intermediarios para la comunicación inalámbrica, como requerimiento de aplicación los módulos el Client-ESP8266 está configurado como AP con una dirección IP 192.168.4.1/24 y el Server-ESP8266 toma la dirección IP 192.168.4.2/24, los datos recibidos en el Servidor mediante el monitor serial serán analizados en LabView.

El control de la figura 47-2 nombrado “leer orden” permitió simular el comando de voz que requiere el sistema para iniciar su funcionamiento, a continuación se detalla el procedimiento que se plasmó para el enlace entre los comandos de voz de Arduino y el LabView inalámbricamente, como se aprecia en la figura 50-2.



Figura 49-2: Enlace inalámbrico entre los comandos de voz y LabView
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Los Módulos ESP8266 tienen una conexión P2P que envía el pulso inalámbricamente al ordenador, el módulo Server-ESP8266 envía mediante su cable de datos el carácter ASCII "1" en el instante que determine una recepción de pulso desde su módulo Client-ESP8266. La lectura y coincidencia del carácter ejecuta el procesamiento de imagen.

2.16 Comunicación Serial entre Server-ESP8266 y LabView.

Para realizar la ejecución del VI se conectó un módulo Server-ESP8266 por su cable de datos al puerto USB del ordenador, usando la herramienta "NI VISA" se realizó la adquisición de los datos del módulo inalámbrico, los cuales son interpretados y entraron a una estructura "IF", comparando si existe transmisión de un pulso o no, al cumplirse esta condición empieza a funcionar el procesamiento y clasificación de la imagen del ojo.

El bloque que realiza la adquisición de los datos del módulo Server-ESP8266 es "VISA Configure Serial Port" el cual requiere estrictamente de la selección del puerto serial a usar con una velocidad de comunicación igual a la configurada en el Sketch de Arduino, en este caso fue de 115200 baudios, los parámetros de configuración necesarios se muestran en la figura 51-2.

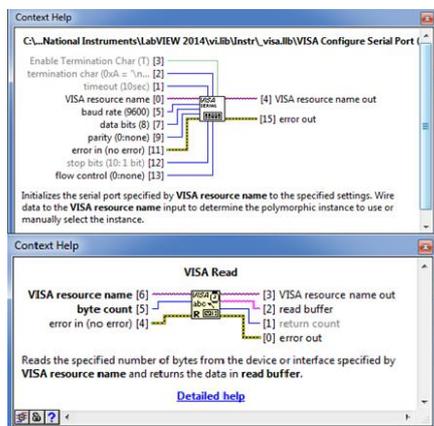


Figura 50-2: Bloques de lectura de Arduino sobre LabView
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Consecutivamente en el bloque "VISA Read" se lee los datos provenientes del servidor inalámbrico. Por fidelidad de lectura de datos se agregó un indicador denominado "error out", para notificar el reconocimiento del puerto USB donde se conectó el módulo Server-ESP8266.

Finalmente se obtuvo los datos del módulo Server-ESP8266 y concluimos cerrando el proceso de lectura con "VISA close" y se agrega un tiempo de la lectura de datos de 100 ms, Al haber agregado la lectura del módulo inalámbrico culminamos con la programación del VI, dando como resultado el siguiente conjunto de bloques mostrado en la figura 52-2 y en la figura 53-2 del panel frontal.

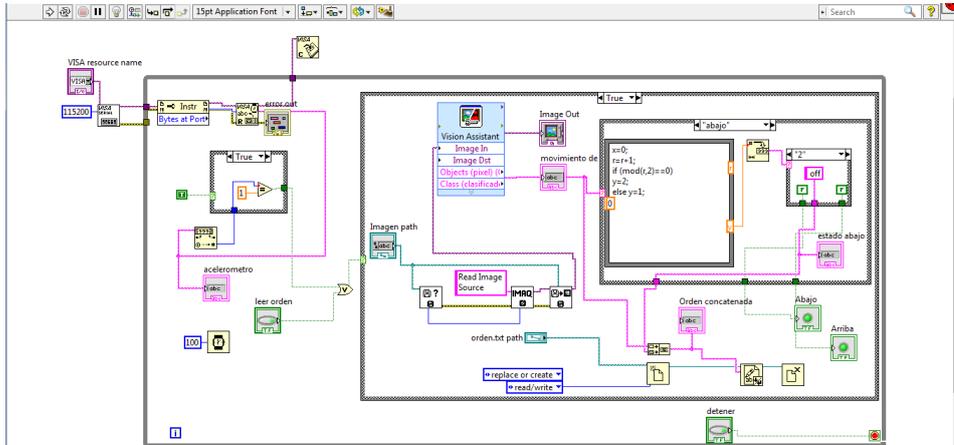


Figura 51-2: Ventana de bloques de LabView
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

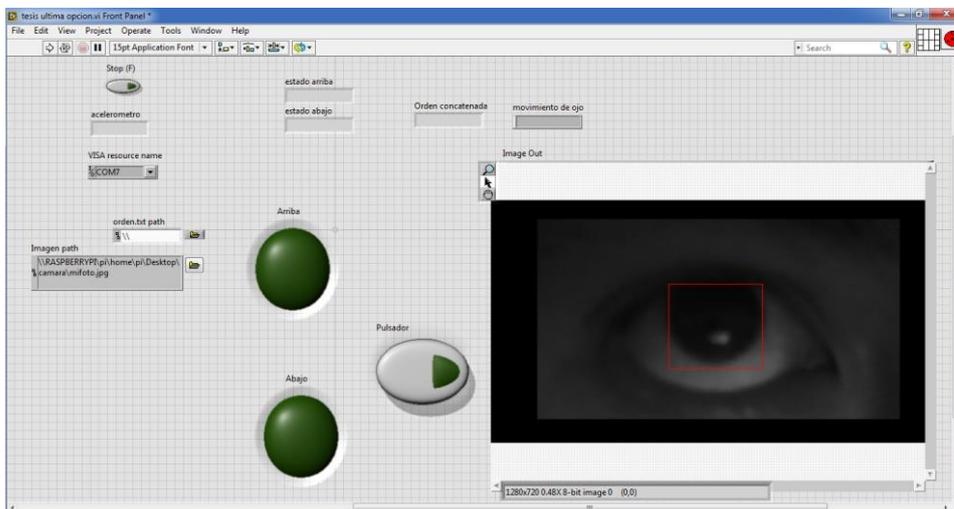


Figura 52-2: Ventana del panel frontal de LabView
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Los bloques que manejan los archivos de imagen y texto respectivamente, requieren del “path” de almacenamiento en el Raspberry Pi 3, de esta manera el servidor SAMBA comparte los archivos en la red inalámbrica.

Para ello se seleccionó en el indicador del “path” presente en el panel frontal del VI, direccionando a la carpeta de compartición de archivos “Raspberry”, ingresamos usuario “pi” y contraseña “raspberrypi” como observamos en la figura 54-2, teniendo acceso a los archivos compartidos en la misma red.

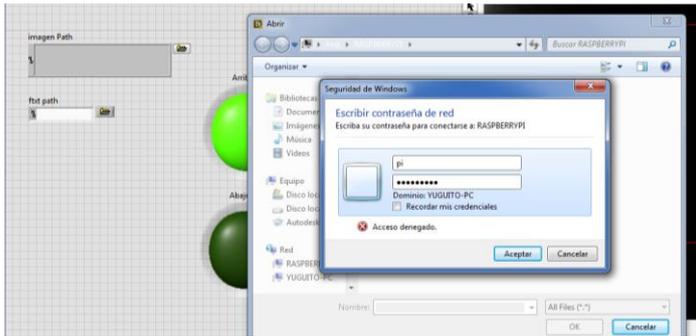


Figura 53-2: Ingreso a los archivos compartidos del Raspberry
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.17 Funcionamiento del Prototipo

Como parámetros preliminares de la ejecución en el Raspberry debemos verificar la existencia de los archivos de texto para la manipulación y comparación del archivo “orden.txt” así como del Script que realiza la adquisición de la imagen.

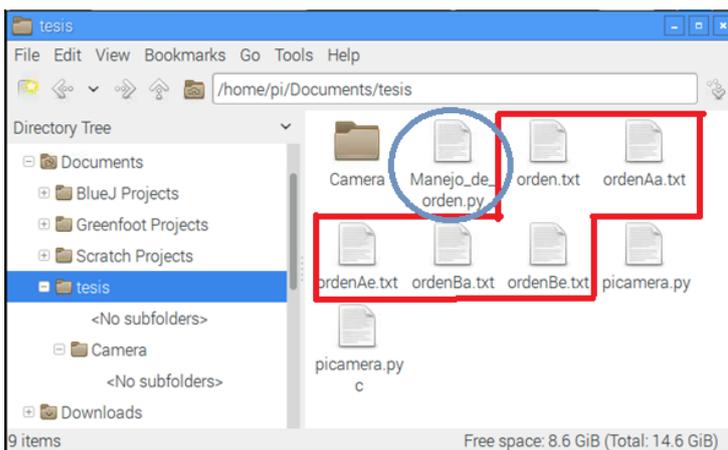


Figura 54-2: Archivos de texto a comparar y Script de Python para manejo de archivos
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

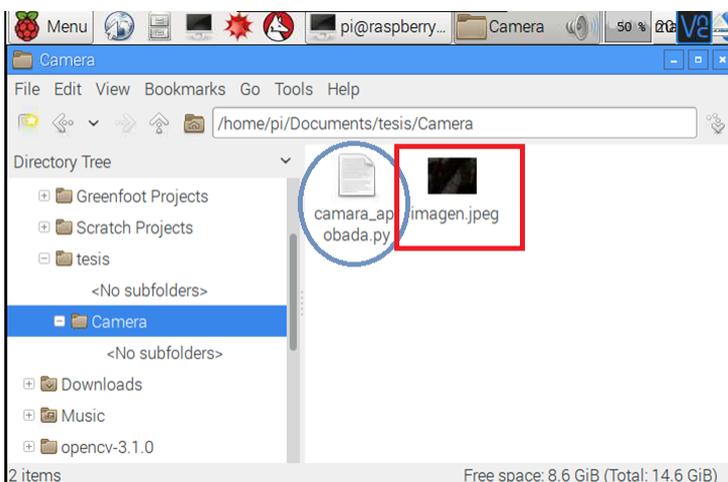


Figura 55-2: Script de captura de imagen e imagen creada por el Script
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Ingresamos al Raspberry usando una conexión de escritorio remoto, una vez visualizada la GUI de Raspbian debemos iniciar la ejecución el Script de control y manipulación de archivos desde el CLI, ingresando a la carpeta donde se encuentra almacenado el Script “Manejo de orden” y posteriormente los comandos mostrados en la imagen 57-2, se recuerda que la conexión también se puede realizar mediante el protocolo SSH:

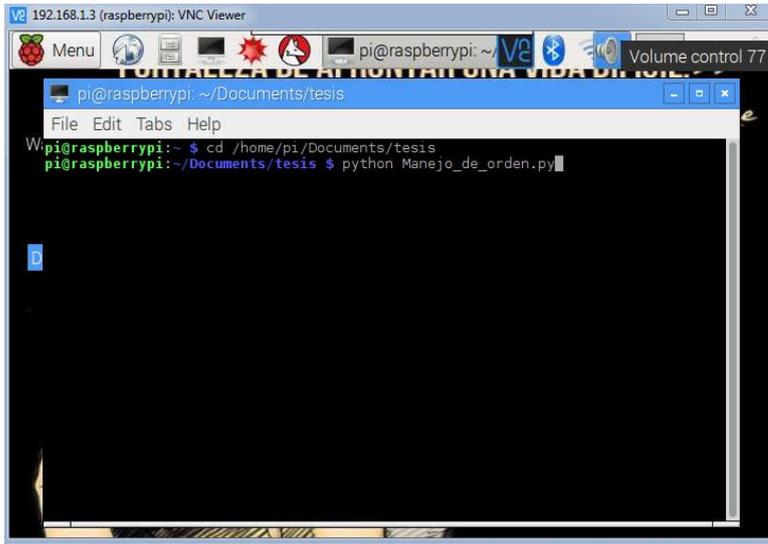


Figura 56-2: Ejecucion de Script Manejo de orden en el CLI
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Posteriormente abrimos el Script que controla la web-cam y lo ejecutamos desde el IDLE de Python

El Script nos envía un mensaje de “no vcc” al no existir la orden desde el comando de voz para realizar la adquisición de la imagen a procesar, mientras que cuando el comando es pronunciado podemos observar la impresión del mensaje “capturar” para la captura de la imagen y el mensaje “Analizado por true” que indica el encendido del GPIO 22 como se aprecia a continuación.

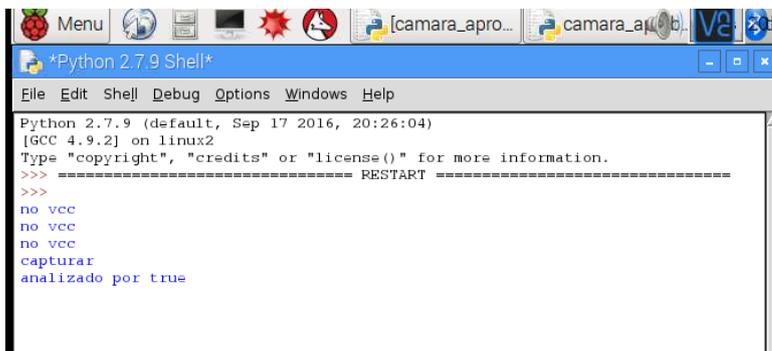


Figura 57-2: Script Cmara_ aprobada compilada en el IDLE de Python
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

El Client-ESP8266 detecta un pulso entrante proveniente del GPIO 22 y lo transmite inalámbricamente hacia el ordenador.

En el ordenador se ha especificado los parametros a configurar en el VI como son: directorios de los archivos a analizar y la selección del puerto de comunicación serial asignado por el ordenador para el Server-ESP8266, posteriormente se presiona el en el boton run sea en el panel frontal o en la ventana de diagrama de bloques y si el indicador “error out” se encuentra con un visto de color verde significa que el puerto de comunicación serial asignado ha sido identificado y realiza la adquisicion de datos exitosamente.

Se observa en la figura 59-2 cual es orden de ejecucion de los bloques que inicia con la lectura del Server-ESP8266 y finaliza en la clasificacion de la imagen de ser pronunciado el comando de voz “activar”, en este caso se observa como solo el VI inicia su funcionamiento y recibe un “0” por le cable seria mostrado en el indicador del panel frontal llamado “pulso leído”, ademas de no existir nungun cambio en el resto de indicadores.

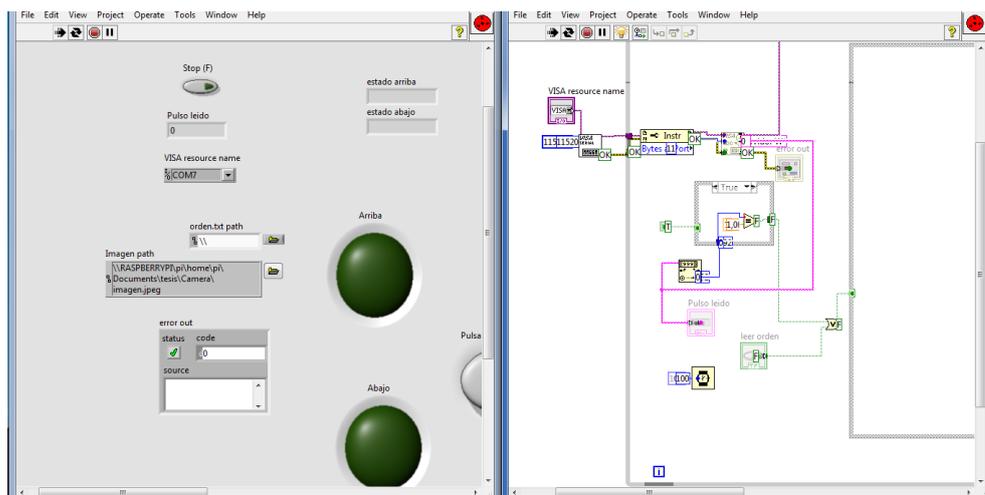


Figura 58-2: Verificación de comunicacio serial
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Una vez que el usuario pronuncia el comando de voz “activar” se producen cuatro casos distintos, estos son descritos en las figuras 60-2 a la 63-2, las cuales son analizadas a continuación mostrando el funcionamiento desde el punto de vista del VI conjuntamente con el IDLE de Python que compila el Script “Manejo de orden”.

2.17.1 *Caso 1*

El usuario observó hacia arriba, pronunció el comando de voz “activar”, el procesamiento de imagen determinó que el movimiento fue hacia arriba, el indicador “movimiento de ojo”

muestra “arriba”.

Posteriormente el contador indica que es la primera vez que se ejecuta la orden concatenándola y mostrada en el indicador “orden concatenada” dando como resultado un string que lleva una cadena de caracteres equivalente a “arriba power”, cambiando el valor del archivo de texto “orden.txt” y encontrando coincidencia con el archivo “arribaAe.txt” finalizando con la activación del GPIO 17 que enciende un foco.

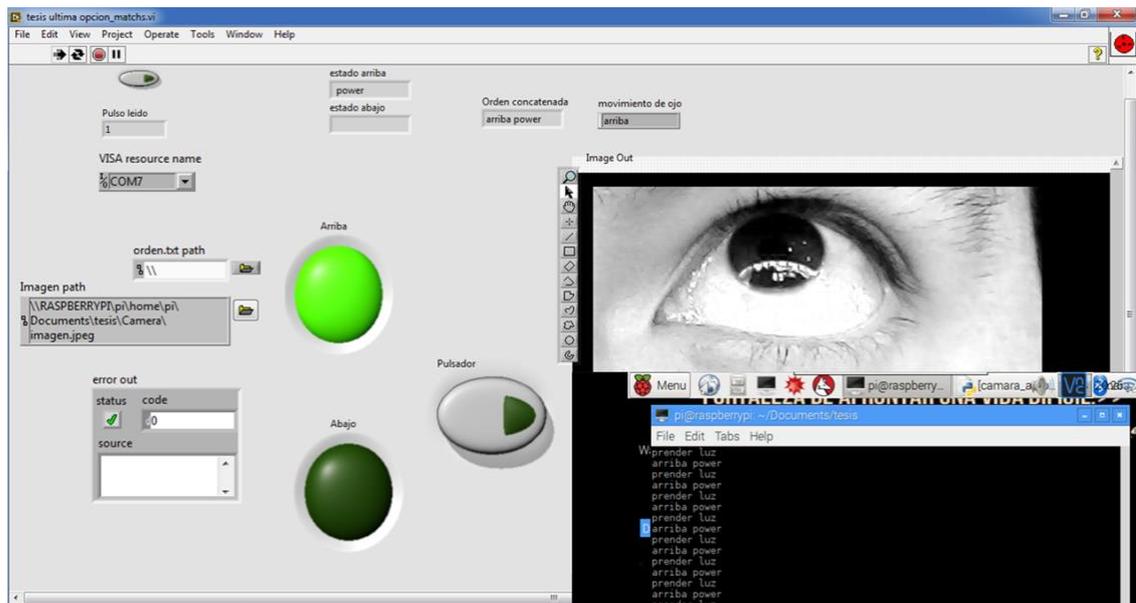


Figura 59-2: Funcionamiento Caso 1 en LabView y Python
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.17.2 Caso 2

El usuario observó nuevamente hacia arriba, pronunció el comando de voz “activar”, el procesamiento de imagen determinó que el movimiento fue hacia arriba, el indicador “movimiento de ojo” muestra “arriba”.

Posteriormente el contador indica que es la segunda vez que se ejecuta la orden concatenándola y mostrada en el indicador “orden concatenada” dando como resultado un string que lleva una cadena de caracteres equivalente a “arriba off”, cambiando el valor del archivo de texto “orden.txt” y encontrando coincidencia con el archivo “arribaAe.txt” finalizando con la desactivación del GPIO 17 apagando el foco.

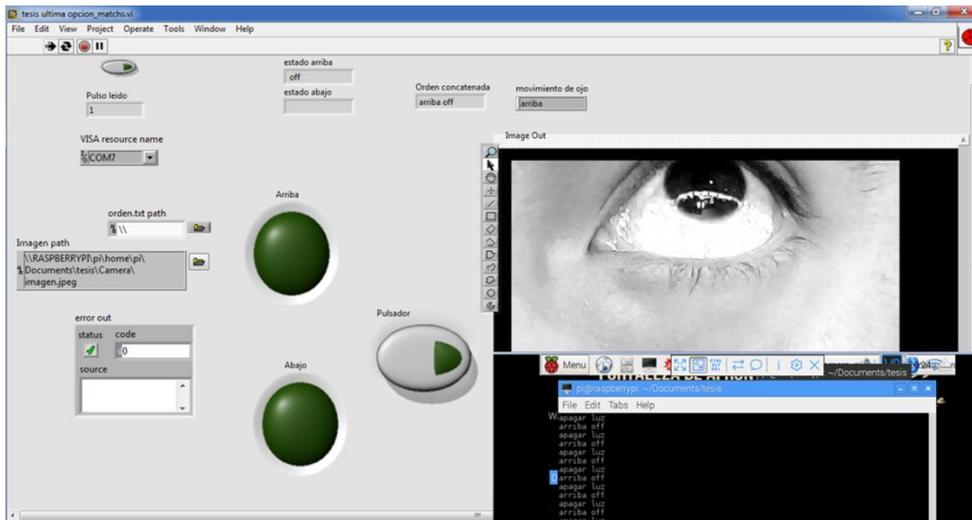


Figura 60-2: Funcionamiento Caso 2 en LabView y Python
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.17.3 Caso 3

El usuario observó hacia abajo, pronunció el comando de voz “activar”, el procesamiento de imagen determinó que el movimiento fue hacia abajo, el indicador “movimiento de ojo” muestra “abajo”.

Posteriormente el contador indica que es la primera vez que se ejecuta la orden concatenándola y mostrada en el indicador “orden concatenada” dando como resultado un string que lleva una cadena de caracteres equivalente a “abajo power”, cambiando el valor del archivo de texto “orden.txt” y encontrando coincidencia con el archivo “arribaBe.txt” finalizando con la activación del GPIO 27 que enciende un ventilador.

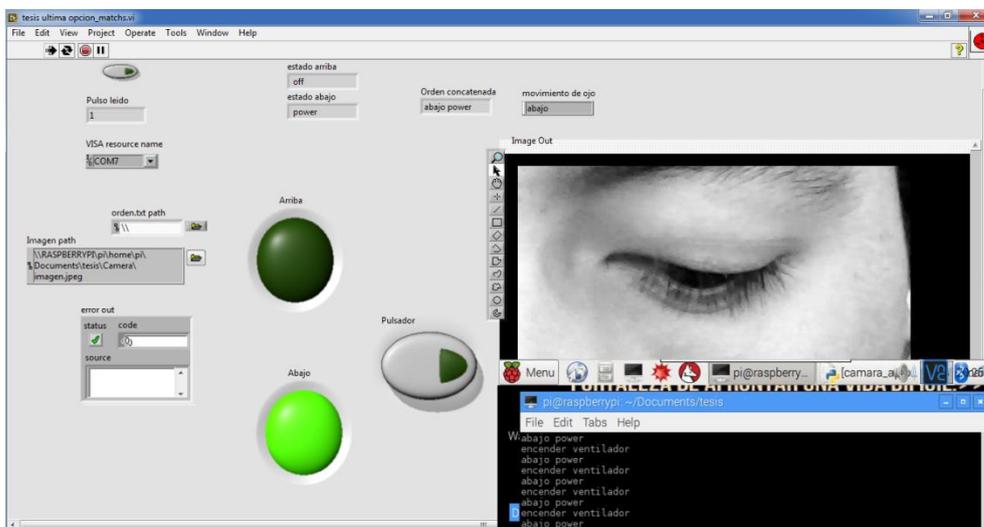


Figura 61-2: Funcionamiento Caso 3 en LabView y Python
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.17.4 Caso 4

El usuario observó hacia abajo, pronunció el comando de voz “activar”, el procesamiento de imagen determinó que el movimiento fue nuevamente hacia abajo, el indicador “movimiento de ojo” muestra “abajo”.

Posteriormente el contador indica que es la primera vez que se ejecuta la orden concatenándola y mostrada en el indicador “orden concatenada” dando como resultado un string que lleva una cadena de caracteres equivalente a “abajo off”, cambiando el valor del archivo de texto “orden.txt” y encontrando coincidencia con el archivo “arribaBa.txt” finalizando con la desactivación del GPIO 27 apagando el ventilador.

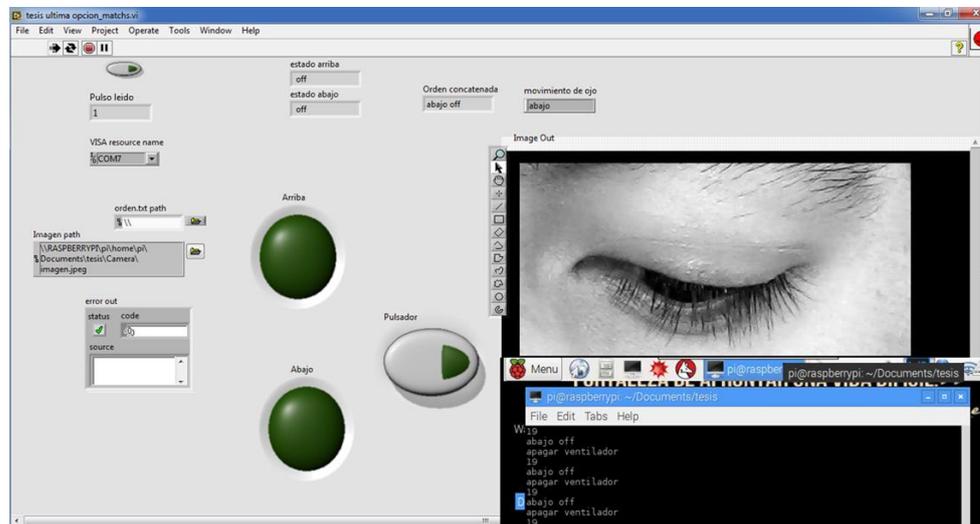


Figura 62-2: Funcionamiento Caso 4 en LabView y Python
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.18 Funcionamiento del Sistema Inalambrico IR

Para el control del Televisor, se utilizó 5 comandos de voz que le permitieron al usuario interactuar con el equipo, permitiéndole el manejo básico como es: apagado/encendido, VOL +/- y CH+/- a través de su voz.

El sistema de reconocimiento de voz consta en la grabación de las órdenes efectuadas por la voz, posteriormente cuando el usuario vuelva a pronunciar esas órdenes se compara con la grabación previa y si esta coincide se ejecuta la orden, de esta manera solo la persona propietaria del sistema puede controlar y ejecutar las órdenes de voz. Mediante el transmisor IR se procede a enviar los diferentes códigos hexadecimales que coinciden para cada orden de manejo de la Televisión GOLDStar,

Tabla 2-2: Comandos de Voz para la Ejecucion de Ordenes

| Comando de Voz | Orden | Codigo Hexadecimal IR |
|----------------|---|-----------------------|
| “Tele” | Encender Television | 0x20DF10EF |
| “Tele” | Apagar Television | 0x20DF10EF |
| “Mas” | Subir el Volumen de la Television | 0x20DF40BF |
| “Menos” | Bajar el Volumen de la Television | 0x20DFC03F |
| “Seguir” | Cambio de Canal hacia adelante de la Television | 0x20DF00FF |
| “Volver” | Cambio de Canal hacia atrás de la Television | 0x20DF807F |

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.18.1 *Training de Comandos de Voz*

Mediante la comunicación serial de Arduino Ide se procedio a la grabación y entrenamiento de la voz con los comandos definidos en la Tabla 2-2. Como se puede apreciar a continuación.

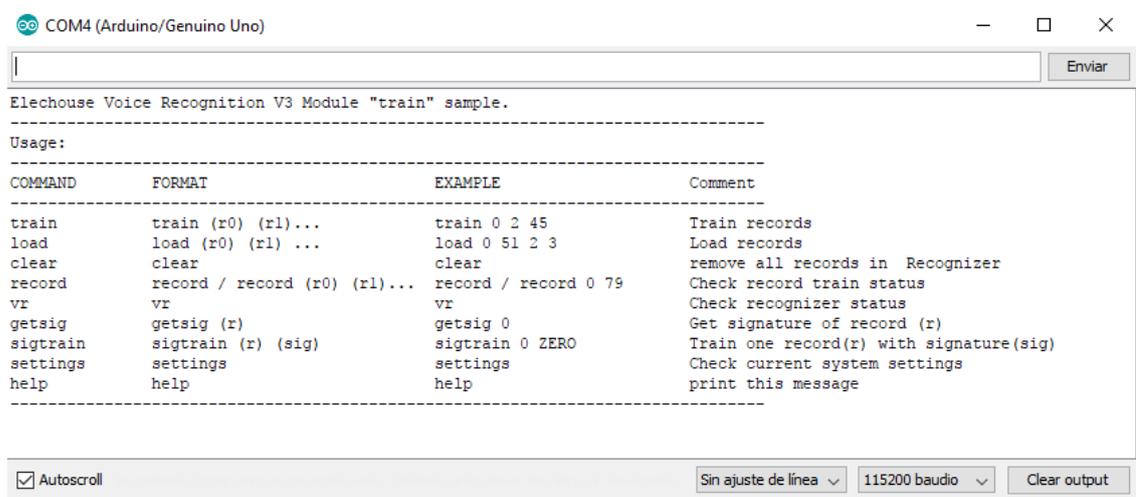


Figura 63-2: Entrenamiento con el Sketch de vr_sample_train

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Aquí se procederá a grabar los comandos de voz y su confirmación para ejecutar las diferentes ordenes. En la siguiente figura se comprobara los comandos de voz a través del Serial del Arduino IDE.

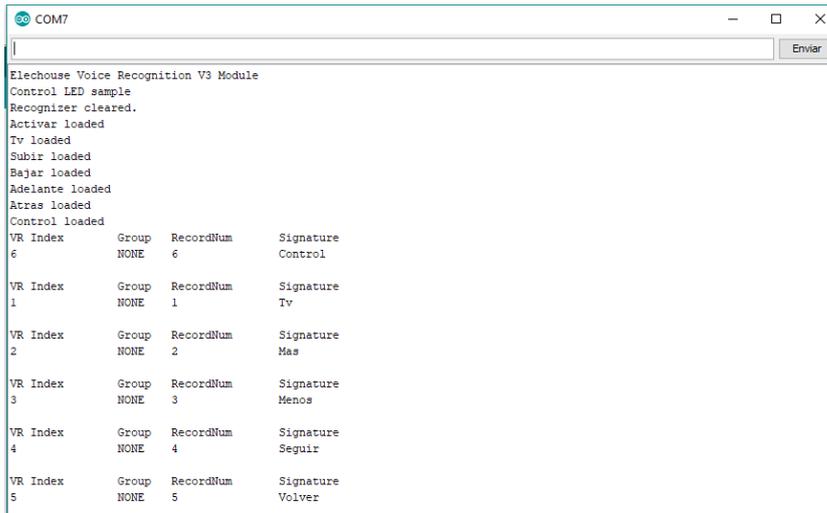


Figura 64-2: Entrenamiento de comandos de voz y utilización de Puertos.
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

2.19 Implementacion del acelerómetro MPU6050

La función del MPU6050 es la del reinicio del sistema, esto debido a que la saturación de los comandos de voz en un módulo de bajas características hace que este en ciertas ocasiones no realice su reconocimiento y procesamiento de voz. El acelerómetro se ubica en la mano derecha en el caso de que el usuario sea diestro o en la mano izquierda de ser la persona zurda, debido a que esta mano se le asigna un menor numero de tareas.

Entonces cuando el sistema de voz no inicie su funcionamiento al pronunciar algún comando programado, se levanta levemente la mano una distancia no mayor a 30 cm, condición en la que el acelerómetro envía una señal de reinicio del sistema de comandos de voz, la programación realizada en el modulo MPU6050 se muestra a continuación.

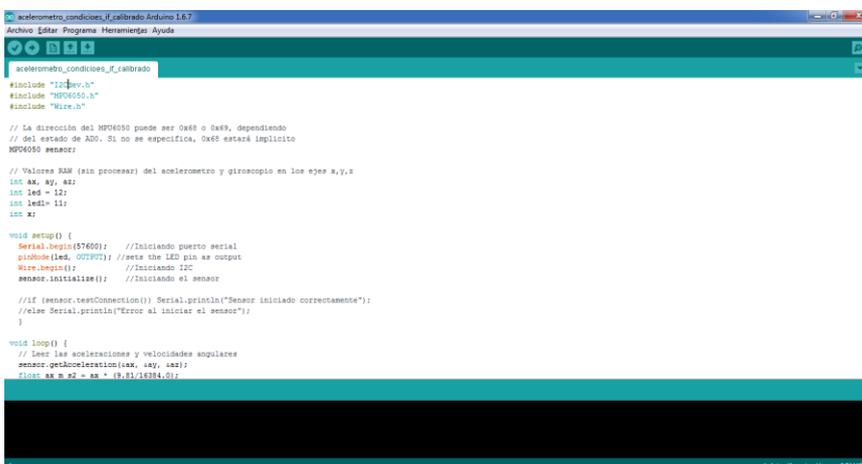


Figura 65-2: Programacion de módulo MPU6050
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS

3.1 Interpretacion de los datos recolectados

Para concluir el trabajo de titulación, se procedio a la ejecución de pruebas de funcionamiento del prototipo para analizar su comportamiento en personas discapacitadas, 10 personas se sometieron a dichas pruebas de funcionamiento, de las cuales se obtuvieron datos favorables. Ademas de corregir algunos errores de programación para mejorar el desempeño del prototipo.

Para medir la fiabilidad y usabilidad del prototipo se desarrollaron las siguientes pruebas:

1. La ejecución de los comandos de voz de acuerdo a la siguiente valoración Excelente: 1-2 Intentos, Bueno: 3-4 Intentos, Regular: 5-6 Intentos, Deficiente: > Intentos, dicha valoración corresponde a los intentos registrados por cada persona al intentar usar los comandos de voz y se ejecutaron con éxito.
2. Lectura de procesamiento de imagen se lo realizo bajo las siguientes condiciones, a cada persona se le concedio 10 intentos de forma aleatoria para registrar la lectura correcta del movimiento hacia arriba y el movimiento hacia abajo, el éxito de estas pruebas corresponden a la exactitud y sincronizacion entre el comando de voz "Activar" y el movimiento del ojo.
3. En función al tiempo teórico estimado de procesamiento del sistema de adquisición y procesamiento de imagen del ojo se realizó la comparacion con la ejecución de la ultima orden aleatoria ejecutada por el usuario, esto debido a que el sistema ya existió tráfico transitando en el router, además de localizarlos en una distancia de 6 metros donde la señal WIFI tiene un nivel bajo de recepción y verificar la latencia que genera al entraren funcionamiento el sistema.
4. La ultima prueba que se sometio es preguntarle directamente a la persona que probó el prototipo si se siente a gusto con el prototipo y si siente alguna molestia.

De acuerdo a esta parametrización se ejecuto un estadístico para demostrar la efectividad del prototipo probado en personas con limitación motriz.

3.2 ESTADISTICO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS COMANDOS DE VOZ

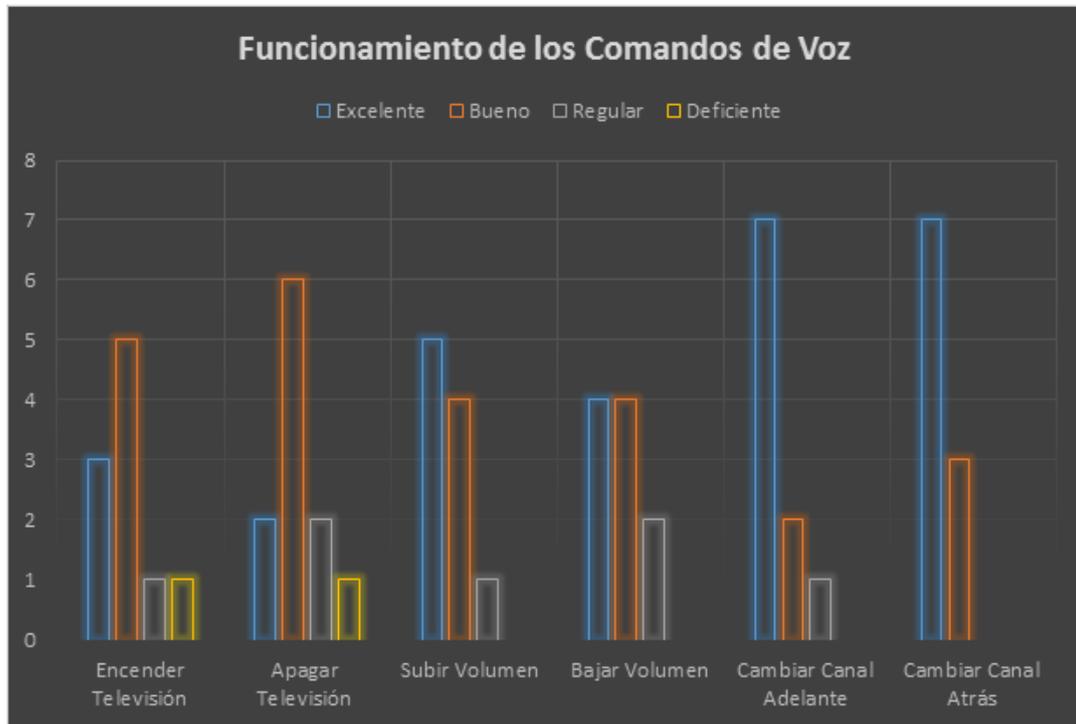


Gráfico 1-3: Diagrama de barras del funcionamiento de los comandos de voz
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

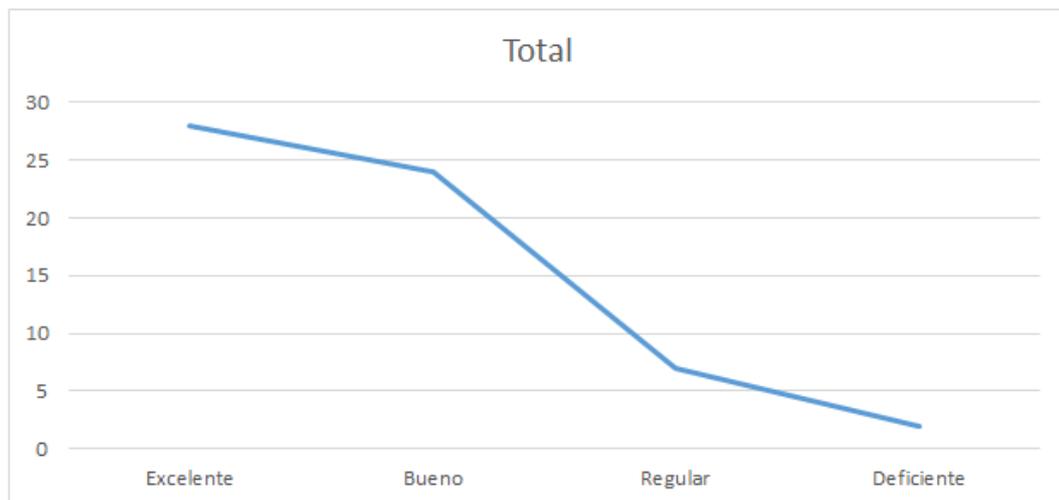


Gráfico 2-3: Valoración de funcionamiento del sistema
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

De acuerdo a las estadísticas generales después de hacer las pruebas a 10 personas se presentaron estos datos, que depende mucho de la fuerza y la modulación de la voz para la ejecución de los comandos de voz de forma correcta, se puede definir que el prototipo esta entre una valoración de Excelente y Bueno.

Tabla 1-3: Colecta de datos de la valoración del sistema

| Comandos de Voz | Valoración | | | |
|------------------------|------------|-------|---------|------------|
| | Excelente | Bueno | Regular | Deficiente |
| Encender Televisión | 3 | 5 | 1 | 1 |
| Apagar Televisión | 2 | 6 | 2 | 1 |
| Subir Volumen | 5 | 4 | 1 | 0 |
| Bajar Volumen | 4 | 4 | 2 | 0 |
| Cambiar Canal Adelante | 7 | 2 | 1 | 0 |
| Cambiar Canal Atrás | 7 | 3 | 0 | 0 |

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

3.3 ESTADISTICO DE LA LECTURA DE PROCESAMIENTO DE IMAGEN

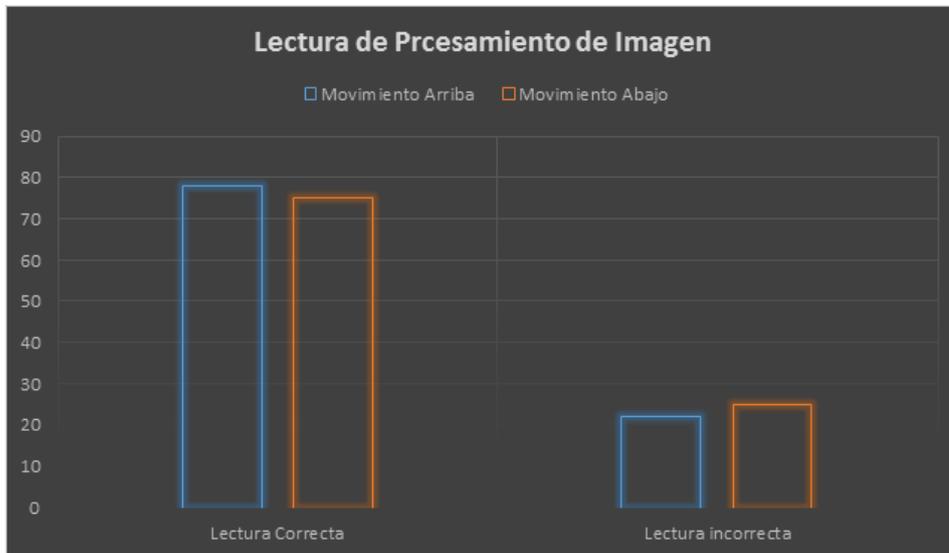


Gráfico 3-3: Valoración de funcionamiento del sistema

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Después de proceder a las respectivas pruebas a 10 personas se recolectaron los siguientes datos generales, en dichas pruebas se tomaron muestras aleatorias para verificar el funcionamiento de la adquisición y procesamiento de imagen tomadas de la pupila del ojo, la efectividad de éxito del procesamiento de imagen depende directamente del número de patrones de imagen que se guarde para posteriormente ser comparadas.

En los datos estadísticos que se presenta se muestra que la efectividad de lectura de datos correctos para el movimiento hacia arriba es de un 78 % y la lectura correcta del movimiento de la pupila hacia abajo es de un 75%.

Tabla 2-3: Registro de lectura del Funcionamiento del procesamiento del ojo

| Actuadores | Lectura Correcta | Lectura incorrecta |
|-------------------|------------------|--------------------|
| Movimiento Arriba | 78 | 22 |
| Movimiento Abajo | 75 | 25 |

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

3.4 NIVEL DE ACEPTACIÓN DEL PROTOTIPO

Los siguientes datos tabulados representa, la calificación que le dieron las 10 personas al prototipo en función a la comodidad de uso, un 90% de las personas se sintieron cómodas usando el prototipo y un 10% tuvo problemas por el tiempo de entrenamiento del prototipo

Tabla 3-3: Lista de Usuarios de Comandos de Voz para la Ejecución de Ordenes

| Valoración de Sistema | | | | |
|-----------------------|-----------|-------|---------|------------|
| Nombre | Excelente | Bueno | Regular | Deficiente |
| Usuario 1 | 1 | | | |
| Usuario 2 | | 1 | | |
| Usuario 3 | | 1 | | |
| Usuario 4 | 1 | | | |
| Usuario 5 | | | 1 | |
| Usuario 6 | 1 | | | |
| Usuario 7 | | 1 | | |
| Usuario 8 | 1 | | | |
| Usuario 9 | | 1 | | |
| Usuario 10 | 1 | | | |
| Total | 50% | 40% | 10% | 0% |

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Tabla 4-3: Evaluación de Comandos de Voz para la Ejecución de Ordenes

| | |
|------------|-----|
| Deficiente | 0% |
| Regular | 10% |
| Bueno | 40% |
| Excelente | 50% |

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

3.5 Comparacion de tiempos de funcionamietno real y teórico

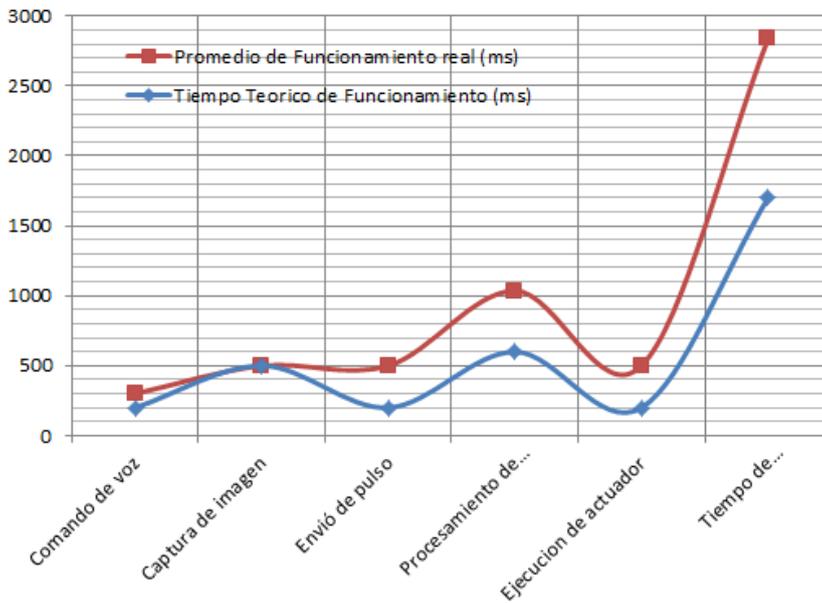


Gráfico 4-3: Comparacion entre Tiempo de Operación teórico vs real
Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Tabla 5-3: Comandos de Voz para la Ejecucion de Ordenes

| Numero de Usuario | Comando de voz | Captura de imagen | Envío de pulso | Procesamiento de imagen | Ejecucion de actuador | Tiempo de Funcionamiento |
|--|----------------|-------------------|----------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1 | 300 | 500 | 500 | 900 | 500 | 2700 |
| 2 | 300 | 500 | 500 | 816 | 500 | 2616 |
| 3 | 300 | 500 | 500 | 1000 | 500 | 2800 |
| 4 | 300 | 500 | 500 | 1120 | 500 | 2920 |
| 5 | 300 | 500 | 500 | 760 | 500 | 2560 |
| 6 | 300 | 500 | 500 | 1210 | 500 | 3010 |
| 7 | 300 | 500 | 500 | 1480 | 500 | 3280 |
| 8 | 300 | 500 | 500 | 1270 | 500 | 3070 |
| 9 | 300 | 500 | 500 | 1180 | 500 | 2980 |
| 10 | 300 | 500 | 500 | 630 | 500 | 2430 |
| Tiempo Teorico de Funcionamiento (ms) | 200 | 500 | 200 | 600 | 200 | 1700 |
| Promedio de Funcionamiento real (ms) | 300 | 500 | 500 | 1036,6 | 500 | 2836,6 |

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

Como se observa en la gráfica el tiempo teórico de funcionamiento es el mismo en la ejecución del comando de voz y transmisión del dato entre los módulos ESP8266, sin embargo se presenta un retardo aleatorio en el procesamiento de imagen, este retardo oscila de entre 1.2 a 3.2

segundos aproximadamente, dando lugar a latencia en el sistema, sin embargo como se observa en la tabla 6-3 tiene un rango de 430 a 1880 ms, valores aceptables de ejecución.

Tabla 6-3: Latencias de las muestras realizadas

| Numero de Usuarios | Latencia generada |
|---------------------------|--------------------------|
| 1 | 1000 |
| 2 | 916 |
| 3 | 1100 |
| 4 | 1220 |
| 5 | 860 |
| 6 | 1310 |
| 7 | 1580 |
| 8 | 1370 |
| 9 | 1280 |
| 10 | 730 |
| | 1136,6 |

Realizado por: MORALES, Hugo & Yáñez, Cristian, 2018.

3.6 Presupuesto de implementación

EL presupuesto de implementación de trabajo de titulación se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 7-3: Presupuesto de implementación

| Hardware | Valor | Cantidad | Costo de Hardware |
|--------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------|
| Raspberry pi 3 | 72 | 1 | 72 |
| VR3 | 53 | 1 | 53 |
| Arduino mini | 10 | 1 | 10 |
| Webcam | 15 | 1 | 15 |
| Infrarrojo | 1,5 | 1 | 1,5 |
| Buzzer | 0,8 | 6 | 4,8 |
| Cable USB | 1,5 | 4 | 6 |
| ESP8266 | 10,5 | 4 | 42 |
| Audífono | 20 | 1 | 20 |
| Estructura de ojo | 17 | 1 | 17 |
| Centro de Procesamiento | 350 | 1 | 350 |
| Acelerometro | 5 | 1 | 5 |
| | | Total | 608,3 |

Donde se observa que el costo más elevado es el del centro de procesamiento, dando un total de 608,3 dolares para constos de implementación.

CONCLUSIONES

- EL prototipo diseñado es útil para personas con el 30-50% de pérdida motriz, donde los comandos de voz que controlaron la televisión tuvieron un porcentaje de éxito del 90%, considerado por los usuarios como excelente en un 50% y bueno en un 40%, mientras que los actuadores controlados por el movimiento del ojo tuvo el 75.5% de efectividad, proporcionando cierto grado de independencia y reduciendo el estrés emocional que conlleva una lesión medular.
- El tiempo estimado de calibración para el uso efectivo de los comandos de voz fue de 15 minutos aproximadamente, variando entre 2 a 5 minutos debido a que algunos usuarios no realizaban una pronunciación de palabras adecuada para que el módulo de reconocimiento de voz pueda interpretarlas, mientras que el tiempo estimado de calibración para la adquisición de imagen del ojo fue de 5 minutos y llegando a su etapa final, donde la adquisición de muestras del movimiento de ojo tomó alrededor de 8 minutos para almacenar y entrenar 10 imágenes.
- El uso de la Webcam ubicada cerca del ojo ayudó a la persona con limitación motriz mantener el 73% de su campo de visión central, de la misma manera el tamaño reducido del prototipo proporciona comodidad e independencia de un centro de procesamiento en el cual se realiza el análisis de imagen obtenida del ojo.
- La red Inalámbrica de comunicaciones wifi funciona eficientemente debido a que la transferencia de archivos de la imagen adquirida por la Webcam y los archivos sobre-escritos por el VI de LabView tienen una capacidad de almacenamiento mínima
- El control IR trabaja a 37 KHz, mientras que la comunicación wifi utiliza el canal 7, equivalente a la frecuencia de 2,442 GHz, descartando cualquier tipo de interferencia entre estas tecnologías inalámbricas.
- Los comandos de voz generan un retardo máximo de 300 ms desde la pronuncian del comando hasta la ejecución pre-programada, sin embargo el sistema de adquisición y procesamiento de la imagen del ojo tiene una latencia promedio de 1136,6 ms debido a la existencia de un retardo aleatorio promedio de procesamiento de 436,6 ms, además de generarse otro retardo de 500 ms por los módulos wifi ESP8266. La latencia promedio no afecta el funcionamiento del prototipo, las tareas a ejecutarse no requieren un tiempo de respuesta inmediato.

- El módulo acelerómetro MPU6050 permitió dar inicio a la adquisición de imagen del ojo en una persona con un grado de limitación motriz de un 30% donde la lesión en la medula espinal es a nivel de C6 y el usuario puede mover su brazo izquierdo.
- La fiabilidad del prototipo depende directamente del tiempo de entrenamiento que el usuario dedicó a su funcionamiento, debido a que los primeros intentos de utilización del prototipo causaron un 10% de error en los comandos de voz, mientras que en la adquisición de la imagen del ojo fue de 24,5%, resultados que mejoraron en el transcurso de la prueba del prototipo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda pre-calibrar el prototipo debido a que este es de uso exclusivo para un usuario específico, ingresando el tono de voz en el módulo de reconocimiento de voz, al igual que la forma del ojo y sus patrones del movimiento ocular de la persona con limitación motriz. Donde el tiempo estimado de calibración e instalación es mínimo de 40 minutos.
- Es recomendado la implementación de un equipo de procesamiento centralizado para disminuir considerablemente el tiempo de latencia promedio del prototipo, evitando el uso de un servidor de SAMBA asignando directorios de ubicación de archivos local, dependiendo de la red inalámbrica únicamente para el control de los actuadores a manipular por medio del prototipo.
- El uso de un módulo de adquisición de imagen compacto proporcionará la disminución del peso en la cabeza de la persona con limitación motriz, al igual que la sustitución del módulo acelerómetro MPU6050 por el sensor muscular Myoware sustituyendo la elevación del brazo por la lectura de tensión muscular del sensor ubicándolo en la mejilla, siempre y cuando Myoware no se active cuando la persona con limitación motriz pronuncie los comandos de voz.
- El uso de un módulo de adquisición de imagen compatible con Raspberry debe poseer un test de pre-visualización en tiempo real mejorando el tiempo de pre-calibración estimado para la adquisición de imagen del ojo.
- El tiempo promedio de funcionamiento del prototipo puede mejorarse al implementar un módulo de adquisición de imagen con un tiempo de obturación menor a un segundo para la captura de imagen.
- Al entrenar los comandos de voz se debe pronunciar y modular claramente las palabras para el funcionamiento correcto del sistema de control IR de la televisión, si no se pronuncia correctamente las palabras existirá una degradación significativa en la ejecución de los comandos de voz
- Se debe tener en cuenta la marca comercial del televisor, ya que el código hexadecimal programado para el control remoto IR también varía, además de que el sistema inalámbrico infrarrojo está diseñado para televisores tipo LED mas no para SMART-TV

y la frecuencia de operación del transmisor IR es diferente.

- El sistema Infrarrojo IR comandado por voz depende de la ubicación del transmisor IR, ya que si no existe un alcance adecuado ni línea de vista directa con el emisor del televisor no ejecutará las ordenes correspondientes al apagado/encendido, VOL +/- y CH+/- del televisor

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

| | |
|----------------|--|
| AP | Access Point (Punto de Acceso) |
| ACK | Acknowledgement (Acuse de recibo o Asentimiento) |
| BSS | Basic Service Set (Conjunto de Servicios Básicos) |
| CLI | Interface Command Line (Interfaz de línea de comandos) |
| CSMA/CA | Carrier sense multiple access with collision avoidance (Acceso múltiple por detección de portadora y prevención de colisiones) |
| CTS | Clear to Send (Borrar para enviar) |
| CSMA | Carrier sense multiple access (Acceso Múltiple con Escucha de Señal Portadora) |
| DSSS | Direct Sequence Spread Spectrum (Espectro Ensanchado por Secuencia Directa) |
| FHSS | Frequency Hopping Spread Spectrum (Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia) |
| FSC | Frame Check Sequence (Secuencia de verificación de trama) |
| GUI | Graphical User Interface (Interfaz Gráfica de Usuario) |
| GPIO | General Purpose Input/Output (Puerto Entrada/Salida de Propósito General) |
| IBSS | Independent Basic Service Set (Conjunto de Servicios Básicos Independientes) |
| IDE | Integrated Drive Electronics (Electrónicas de Dispositivos Integradas) |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos de Estados Unidos) |
| ISM | Industrial, Scientific and Medical (Bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica) |
| ISO | International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Normalización) |
| JPG | Joint Photographic Group (Grupo Conjunto de Fotógrafos) Este formato almacena 16.7 millones de colores. |

| | |
|----------------|---|
| LabVIEW | LabVIEW es un software de ingeniería diseñado para aplicaciones que requieren pruebas, medidas y control con acceso rápido a información de datos y hardware. |
| LAN | Local Area Network (Red de Área Local) |
| LUA | Lenguaje de Programación |
| MAC | Media Access Control (Control de Acceso al Medio) |
| MATLAB | Es un entorno con un lenguaje de alto nivel (aunque no demasiado complejo) en el cual se puede resolver problemas técnicos de toda clase en el campo de la ingeniería, matemática, biología, etc. |
| NEC | Protocolo de comunicación infrarroja japonés |
| PDA | Personal Digital Assistant (Asistente Personal Digital) |
| RC5 | Protocolo de comunicación infrarroja propietario de Philips |
| RGB | Red, Green, Blue (Son los colores primarios en el sistema aditivo) |
| RTS | Request To Send (Solicitud para enviar) |
| SIRC | Protocolo de comunicación infrarroja propietario de Sony |
| SSID | Service Set Identifier (Identificador de Conjunto de Servicio) |
| USB | Universal Serial Bus (Bus Serie Universal) |
| WIFI | Tecnología de comunicación inalámbrica, también conocida con el nombre del estándar IEEE 802.11 |
| WLAN | Wireless Local Area Network (Redes de Área Local Inalámbrica) |
| WPAN | Wireless Personal Area Network (Red de Área Personal Inalámbrica) |

BIBLIOGRAFÍA

1. **ARDUINO.** *ARDUINO UNO REV3.* [En línea]. 2017. [Consulta: 10 octubre 2017]. Disponible en: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
2. **ÅSTROM, J. K.** Control PID Avanzado. 1ª ed. Madrid-España: Prentice Hall, 2009, pp. 1-100.
3. **AUDIO-TECHNICA.** *Tipos de Interferencia.* [En línea]. 2015. [Consulta: 28 octubre 2017]. Disponible en: <http://www.audio-technica.com/cms/site/26971e97bf9429d3/index.html>
4. **BEA, D. M.** *Infolesion medular.* [En línea]. 2017. [Consulta: 10 octubre 2017]. Disponible en: <http://infolesionmedular.com/lesion-medular-primeros-conocimientos/lesion-medular/>
5. **CIRUJANOS, C. A.** ATLS Soporte Vital Avanzado en Trauma. 9ª ed. Chicago: s.n, 2012, pp. 1-25
6. **CISCO.** *Access Points.* [En línea]. 2017. [Consulta: 08 enero 2018]. Disponible en: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/access-points/index.html>
7. **CISCO-SUPPORT.** *Ejemplo de la configuración básica del controlador y del Lightweight Access Point del Wireless LAN.* [En línea]. 2009. [Consulta: 10 octubre 2017]. Disponible en: https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/wireless/4400-series-wireless-lan-controllers/69719-wlc-lwap-config.html
8. **COBOS MALDONADO, Marllory Corina, & ORTIZ JIMENEZ, Mayra Eestefanía.** *IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS Y ACCESO A HISTORIAS CLÍNICAS BASADO EN TARJETAS DE DESARROLLO. (Trabajo de Titulación).* Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA, 2017. pp. 20-23. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6869/1/98T00148.pdf>
9. **COCERA, A. R. J.** Desarrollo de Sistemas Secuenciales. 1ª ed. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A. , 2000, pp 1-13.
10. **COUCH, L.** Digital & Analog communication Systems. 8ª ed. Mexico:PEARSON, 2013, pp. 7-21.
11. **HERNÁNDEZ, R.** Introducción a los Sistemas de Control. 1ª ed. México: Pearson Educación, 2010, pp 10-20

12. **LEARCISCO.** *Implementing a WLAN.* [En línea]. 2010. [Consulta: 10 noviembre 2017]. Disponible en: <http://www.learnisco.net/courses/icnd-1/wireless-lans/implementing-a-wlan.html>
13. **PADILLA UVIDIA, Erica Paulina, & LOAYZA MERIZALDE, Jhon Henry.** *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN ANDROID PARA EL CONTROL INALÁMBRICO DE SEGURIDAD, ILUMINACIÓN Y AUDIO MEDIANTE UNA CENTRAL BASADA EN ARDUINO PARA IPREX. (Trabajo de Titulación).* Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA, 2016. pp. 10-50. Disponible en: <http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/6412/1/98T00117.pdf>
14. **LLAMAS, L.** *CÓMO USAR UN ACELERÓMETRO EN NUESTROS PROYECTOS DE ARDUINO.* [En línea]. 2016. [Consulta: 3 de septiembre 2017]. Disponible en: <https://www.luisllamas.es/como-usar-un-acelerometro-arduino/>
15. **MARAVENTO STUDIO.** *Interferencias Wifi y No-Wifi.* [En línea]. 2014. [Consulta: 3 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.maravento.com/2014/04/interferencias-wifi-y-no-wifi.html>
16. **MAMANI, Marylin; VILLALOBOS, Marco; HERRERA, Raúl.** “Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola”. *SciELO* [En línea], 2017, pp.599-618. [Consulta: 10 septiembre 2017]. ISSN 0718-3305. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000400599>
17. **MELO, H.** *Limitación Motriz.* [En línea]. 2015. [Consulta: 17 de septiembre 2017]. Disponible en: <http://es.calameo.com/books/0033318331fc7bb29e2d8>
18. **MSc. Dra. ORTIZ, Josefina; Dr. GONZÁLEZ, Jorge Luís; Dra. OLIVA, Yuveldris; Dra. MORENO, Lianys; Dra. PRADO, Degenis.** “Epidemiología de la lesión medular traumática”. *BVSCUBA* [En línea], 2017. [Consulta: 20 diciembre 2017]. ISSN 2078-7162. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/mfr/vol_4_2_12/mfr02212.htm
19. **NATIONAL INSTRUMENTS.** *Módulo Vision Development.* [En línea]. 2010. [Consulta: 15 diciembre 2017]. Disponible en: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/209860>
20. **NATIONAL INSTRUMENTS.** *¿Qué es LabVIEW?.* [En línea]. 2017. [Consulta: 10 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>
21. **NAYLAMP MECHATRONICS.** *Tutorial MPU6050, Acelerómetro y Giroscopio.* [En línea]. 2016. [Consulta: 12 septiembre 2017]. Disponible en: http://www.naylampmechatronics.com/blog/45_Tutorial-MPU6050-Acelerómetro-y-Giroscopio.html

22. **SEVILLA, Enrique; & ARIGANELLO, Ernesto.** REDES CISCO. CCNP a Fondo. 1ª ed. Mexico: Alfaomega, 2010, pp. 420-502.
23. **STALLIGS, W.** COMUNICACIONES Y REDES DE COMPUTADORES. 8ª ed. Mexico: Pearson Educación. 2016, pp. 5-20.
24. **TOMASI, W.** Sistema de Comunicaciones Electrónicas. 4ª ed. Mexico: Pearson Educación. 2013, pp. 10-30.
25. **TYLER MCLEAN.** *The Life of Raspberry Pi*. [En línea]. 2013. [Consulta: 20 diciembre 2017]. Disponible en: <https://sites.google.com/a/odu.edu/tmcle307t/multimodal-technology-overview/affordances>
26. **UNIVERSO, E.** *Ecuador tiene 12,8% de discapacitados, según OEA*. [En línea]. 2010. [Consulta: 10 enero 2018]. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/2009/01/22/1/1361/2D2EE8BA0D38471EB181ECC5BAF6FDA8.html>

ANEXOS



VISTA INTERIOR DEL PROTOTIPO



ETAPA COMPLETA DEL PROTOTIPO



PRUEBAS DEL PROTOTIPO